

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ПАЛУАНОВ ДАНИЯР ТАНИРБЕРГЕНОВИЧ

**ЮМШОҚ ГРУНТЛАРДА ПАСТ БОСИМЛИ ГИДРОТЕХНИКА
ИНШООТЛАРИ ЗАМИНЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСЛУБЛАРИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.09.06-Гидротехника ва мелиорация қурилиши

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ – 2021

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Палуанов Данияр Танирбергенович

Юмшоқ грунтларда паст босимли гидротехника иншоотлари
заминларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш..... 3

Палуанов Данияр Танирбергенович

Совершенствование методов расчета оснований низконапорных
гидротехнических сооружений на слабых грунтах..... 29

Paluanov Daniyar Tanirbergenovich

Improvement of methods of calculation bases low-pressure hydrotechnical
constructions on soft ground..... 55

Эълон қилинган ишлар руйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 59

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ПАЛУАНОВ ДАНИЯР ТАНИРБЕРГЕНОВИЧ

**ЮМШОҚ ГРУНТЛАРДА ПАСТ БОСИМЛИ ГИДРОТЕХНИКА
ИНШООТЛАРИ ЗАМИНЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСЛУБЛАРИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.09.06-Гидротехника ва мелиорация қурилиши

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ – 2021

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2020.2.DSc/T147 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.ismiti.uz) ва «Ziynet» ахборот-таълим тармоғида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Махмудов Илхомжон Эриазарович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Хўжакулов Рустам
техника фанлари доктори, профессор

Эргашев Рустам Рахимович
техника фанлари доктори, профессор

Маликов Зафар Маматкулович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 рақамли илмий кенгашнинг 2021 йил «16» 16 соат 4⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100187, Тошкент, Қорасув-4 мавзеси, 11 уй. Тел.: (99) 434-43-28, ismiti@minwater.uz).

Диссертация билан Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (3 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100187, Тошкент, Қорасув-4 мавзеси, 11 уй. Тел.: (99) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz.

Диссертация автореферати 2021 йил «19» 10 куни тарқатилди.
(2021 йил «19» 10 даги 3 рақамли реестр баенномаси).



М.Р. Икрамова

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

У.А. Садиев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, PhD, катта илмий ходим

О.Я. Гловацкий

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда паст босимли гидротехника иншоотлари (ГТИ)ни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш учун самарали ва тежамкор технологияларни қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгаллайди. «Дунё миқёсида 750 минг паст босимли ГТИ мавжудлигини ҳисобга олсак»¹, паст босимли ГТИни юмшоқ грунтларда лойиҳалаштириш ва қуриш, фойдаланиш даврида хавфсизлиги ва турғунлигини таъминлашда такомиллаштирилган янги услубларни амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан муҳандислик-геологик шароити оғир бўлган ҳудудларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуришнинг самарали услубларини ишлаб чиқиш, фойдаланиш даврида уларнинг турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш, замин грунтларини мустаҳкамлаш бўйича самарали ва тежамкор технологиялардан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда паст босимли ГТИ бузилишлари, ишдан чиқиши ва ҳалокатли ходисаларини ўрганиш, сабабларини аниқлаш ва бартараф этиш, лойиҳалаштириш ва қуриш, фойдаланиш даврида хавфсизлигини таъминлаш, заминнинг мустаҳкамлигини оширишнинг янги илмий-техникавий ечимларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуриш бўйича амалдаги меъёрий-ҳужжатларни такомиллаштириш, янги ҳисоблаш услубларини, мураккаб муҳандислик-геологик шароитларда қуриладиган иншоотларни лойиҳалаштиришнинг замонавий талабларига жавоб берувчи самарали ва тежамкор технологик усулларини ишлаб чиқиш ва амалиётга тадбиқ этиш, фойдаланиш даврида заминнинг мустаҳкамлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда юмшоқ грунтларда қуриладиган паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш, фойдаланиш даврида хизмат кўрсатиш муддатини узайтириш, бузилиш ва ишдан чиқишдан бўладиган зарарларни камайтириш, шунингдек хавфсизлик мезонлари ва заминнинг турғунлигини ошириш бўйича технологик усулларни ишлаб чиқиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... миллий иқтисодиётни рақобатбардошлигини ошириш учун энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, мелиорация ва ирригация объектлари тармоқларини ривожлантириш, ишлаб чиқаришга ресурс тежамкор технологияларни кенг жорий этиш»² бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, сув ресурслари тақчиллиги даврида юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИдан фойдаланиш даврини узайтириш ва хавфсизлигини таъминлаш, шунингдек кучланганлик-деформация ҳолатларини ҳисобга олиш асосида иншоотлар

¹ <https://www.icold-cigb.org>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон Фармони

заминини лойihalаштириш ва куришнинг самарали ва тежамкор услубларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикасининг 1999 йил 20 августда қабул қилинган “Гидротехника иншоотлари хавфсизлиги тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон Фармони, 2020 йил 10 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-6024-сон Фармони, 2017 йил 18 январдаги “2017-2021 йилларда Оролбўйи минтақасини ривожлантириш Давлат дастури тўғрисида”ги ПҚ-2731-сон Қарори, 2017 йил 27 ноябрдаги “2018-2019 йилларда ирригацияни ривожлантириш ва суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш Давлат дастури тўғрисида”ги ПҚ-3405-сон Қарори, Вазирлар Маҳкамасининг 2015 йил 29 августдаги “2015-2018 йилларда Оролбўйи минтақасини тиклаш ва ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш, Орол ҳалокатининг оқибатларини енгиллаштириш борасидаги чоралар-тадбирлар Комплекс дастури тўғрисида”ги 255-сон Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқот фан ва технологиялар ривожланишининг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси” устувор йўналишига мос келади.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотларнинг шарҳи³. Ҳозирги вақтда дунёнинг етакчи илмий марказлари ва университетлари ГТИ ва уларнинг заминларини лойihalаштириш, куриш, фойдаланиш даврида турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш масалалари устида ишламоқдалар, жумладан Хитой Фанлар академияси Тупроқшунослик институти, Хохан университети қошидаги гидрология, сув ресурслари ва гидротехника давлат лабораторияси, Пекин сув ресурслари ва гидроэнергетикани режалаштириш ва лойihalаштириш институти (Хитой), Айн-Шамс университети Муҳандислик факультети (Египет), School of Engineering of Melbourne (Австралия), Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics, Columbia University, Department of Civil Environmental and Architectural Engineering, University of Colorado (АҚШ), Institute of Water and Environmental Engineering, Valencia (Испания), Induk Institute of Technology (Жанубий Корея), Буюк Пётр номидаги Санкт-Петербург политехника университети, Санкт-Петербург давлат архитектура-қурилиш университети, Москва давлат қурилиш университети, Б.Е.Веденеев номидаги Умумроссия гидротехника илмий-тадқиқот институти, А.Н.Костяков

³ Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи
<https://www.scopus.com/>; <https://www.springer.com/>; <https://www.scienceproblems.ru/>;
<https://scholar.google.com/>; <https://www.sciencedirect.com> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

номидаги мелиорация, сув хўжалиги ва қурилиш институти, Москва давлат атроф-муҳит муҳандислиги институти, Нижегород давлат архитектура-қурилиш университети, Самара давлат архитектура-қурилиш университети, Н.М.Герсеванов номидаги заминлар ва ер ости иншоотлари илмий-тадқиқот институти (Россия), Тожикистон Фанлар академияси сув муаммолари, гидроэнергетика ва экология институти, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти, Тошкент архитектура-қурилиш институти, Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

ГТИни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш, турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлашга доир жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор, жумладан қуйидаги натижалар олинган: тўғонларни лойиҳалашда хавф, ишончлилик ва барқарорликнинг муҳим инфратузилмаси ишлаб чиқилган (Department of Civil Environmental and Architectural Engineering, University of Colorado), тўғон ва сув омборлари маълумотлари, гидрологик ахборот тизими, дала назорати, zilzilаларни кузатиш, мониторинг тизими, хавфсизликни баҳолаш тизимидан иборат тўғонлар хавфсизлигини самарали бошқариш тизими ишлаб чиқилган (Induk Institute of Technology), тўғонларнинг хавфсизлигини бошқаришда хавфлилик қарорини қабул қилишда эпистемик ноаниқлик модели ишлаб чиқилган (Institute of Water and Environmental Engineering, Valencia), хавфларни таҳлил қилиш назариясига асосланган шамол тўлқинлари, сув омбори сувининг ҳажми камайиши ва тошқин сувларини чиқаришни ҳисобга оладиган тошқин ва шамол тўлқинларининг биргаликдаги таъсири остида хавфни бартараф этиш модели ишлаб чиқилган (Хитой Фанлар академияси Тупроқшунослик институти), бетонли тўғонлар заминининг кучланганлик-деформация ҳолати ўрганилган (Пекин сув ресурслари ва гидроэнергетикани режалаштириш ва лойиҳалаштириш умумий институти), бир жинсли грунтли тўғонлар орқали ўтаётган фильтрацияни ҳисоблаш модели ишлаб чиқилган (Египет), муҳандислик, гидротехника ва атроф-муҳитни ҳимоя қилиш иншоотларини лойиҳалаш, қуриш ҳамда ишончли ва хавфсиз ишлашини таъминлашнинг ҳисобий ва илмий асослари, ГТИ қурилиши, ГТИ ҳолати ва хавфсизлигини кузатиш учун тармоқ тизими, ҳалокатли ҳодисаларнинг олдини олиш ва бартараф этиш чоралари ишлаб чиқилган (Б.Е.Веденеев номидаги Умумроссия гидротехника илмий-тадқиқот институти, Нижегород давлат архитектура-қурилиш университети, Самара давлат архитектура-қурилиш университети), бино ва иншоотларни қуриш, реконструкция қилиш ва улардан фойдаланишнинг замонавий ёндошувлари ишлаб чиқилган (Буюк Пётр номидаги Санкт-Петербург политехника университети, Санкт-Петербург давлат архитектура-қурилиш университети), бино ва иншоотлар заминлари грунтларининг ҳолатини текшириш, лойиҳаланадиган ва мавжуд ГТИнинг йирик масштабдаги моделда тадқиқотлар ўтказиш, ГТИнинг қурилиши, фойдаланиш ва ҳалокатли ҳодиса ҳолатлари тадқиқ қилинган, грунтли тўғонлар танаси ва заминдаги фильтрацияни ҳисоблаш услублари

ишлаб чиқилган (Москва давлат қурилиш университети, Москва давлат атроф-муҳит муҳандислиги институти), гидромелиорация мақсадлари учун ГТИнинг хавфсизлиги декларациялари лойиҳалари, ГТИни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш, реконструкция қилиш, автоматлаштиришнинг илмий таъминоти ишлаб чиқилган (А.Н.Костяков номидаги мелиорация, сув хўжалиги ва қурилиш институти), заминлар ва ер ости иншоотларининг конструкциясини танлаш, мустаҳкамлаш, турғунлигини ошириш бўйича тадбирлар ишлаб чиқилган (Н.М.Герсеванов номидаги заминлар ва ер ости иншоотлари илмий-тадқиқот институти).

Дунёда ГТИни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш, турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш, иншоотнинг замин билан биргаликда ишлаши, кучланганлик-деформация ҳолатини ҳисобга олиш учун ишлаб чиқилган тадбирларни такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: ГТИ ва уларнинг заминларини лойиҳалаштириш ва қуришдаги муаммолар, техник хизмат кўрсатиш ва эксплуатацияси, ГТИни бошқариш билан боғлиқ муаммолар, ГТИни лойиҳалаштиришнинг экологик жиҳатлари, ГТИдан фойдаланишда хавфсизлик даражасини баҳолаш, ГТИ танаси ва заминдаги фильтрацион деформация жараёнлари, ГТИ замини грунтларини сунъий мустаҳкамлаш орқали турғунлигини ошириш, ГТИ заминларини лойиҳалашда самарали ва ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Паст босимли ГТИ ва уларнинг заминларини лойиҳалаштириш ва қуриш, фойдаланиш даврида турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш муаммолари билан хорижда ва мамлакатимизда бир қатор олимлар, жумладан Antonio dos Anjos Luis, Pedro Cabral, Christopher J. Sandt, Martin W. Doyle, Colm M. Casserly, Jonathan N. Turner, Jesung Jeon, Jongwook Lee, Jie Yang, Xudong Qu, MEI Guodong, Mohammad Amin Hariri-Ardebili, Mo Chongxun, Liu Fanggui, Piroz Zamankhan, Shao-wei Wang, Ying-li Xu, Siacara A.T., Napa-Garcia G.F., В.В.Малаханов, М.И.Бальзанников, В.А.Волосухин, В.И.Волков, В.Я.Жарницкий, Г.М.Каганов, Ф.В.Матвеенков, А.А.Михасек, Х.А.Аскарлов, Н.Т.Кавешников, Е.В.Андреев, В.М.Ларьков, Е.Д.Михайлов, И.А.Серисова, В.Л.Снежко, З.А.Курбанова, В.Н.Щедрин, Г.Л.Гладков, Ю.М.Косиченко, А.В.Глотко, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Е.Курбанбаев, И.К.Аимбетов ва бошқа олимлар илмий-тадқиқот ишлари олиб боришган.

Эксплуатация қилинаётган паст босимли грунтли ГТИнинг техник ҳолатини таҳлил қилиш, уларда таъмирлаш-тиклаш ишларини олиб бориш, эксплуатацион ишончилигини ошириш орқали хавфсизликни таъминлаш чора-тадбирларини ишлаб чиқиш Shao-wei Wang, Ying-li Xu, MEI Guodong, A.T.Siacara, G.F.Napa-Garcia, М.И.Балзанников, В.А.Волосухин, В.Я.Жарницкий, Ф.В.Матвеенков, А.А.Михасек, М.В.Родионов ишларида акс эттирилган. Лойиҳавий ҳужжатлар мавжуд бўлмаганида паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш учун меъёрий-техник базани такомиллаштириш, техник ҳолати ва хавфсизлик даражасини баҳолаш услубларини ишлаб чиқиш масалалари Jesung Jeon, Jongwook Lee,

Г.М.Каганов, В.И.Волков, В.Н.Щедрин, Г.Л.Гладков ишларида тақдим этилган. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар ҳамда натура кузатувлари асосида дарё паст босимли гидроузеллар мажмуасини лойиҳалашни ҳисоблаш ва улардан фойдаланишнинг янги услубларини ишлаб чиқиш Antonio dos Anjos Luis, Pedro Cabral, Н.Т.Кавешников, Е.В.Андреев ишларида келтирилган. Қояли бўлмаган заминларда паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш ва қуриш, фойдаланиш даврида ишончилиги ва хавфсизлигига таъсир этувчи омиллар, грунтларда оқувчанлик хоссаларининг пайдо бўлиши ва унинг иншоотларга таъсири масалалари М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Е.Курбанбаев, И.К.Аимбетов ишларида келтирилган.

Бугунги кунда кўп йиллик катта ҳажмдаги тадқиқотлар ўтказилганига қарамадан республикамизнинг мураккаб муҳандислик-геологик шароитларида паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуриш, кучланганлик-деформация ҳолатини ва мураккаб кўп қатламли грунтларда фильтрация деформациясини тадқиқ қилиш, турғунлигини ошириш бўйича самарали ва тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш, хавфсизлигини таъминлаш услубларини такомиллаштириш етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтининг А-7-219 “Гидротехника иншоотларидан фойдаланиш хавфсизлигини таъминлаш бўйича чора-тадбирлари ва баҳолашнинг илмий-услубий асосларини ишлаб чиқиш” (2006-2008), ФА-А-7-Т057 “Ўзбекистон Республикаси ҳудудида сув таъминланганлигини ошириш учун сув омборларининг жамлаш қобилятини баҳолаш услубларини ишлаб чиқиш” (2009-2011), ҚХАЁ-7-001 “Динамик таъсир этувчиларни ҳисобга олган ҳолда паст босимли тўғонлар асосининг хавфсизлигини баҳолаш мезонлари” (2014-2015), ҚХАЁ-7-001-2016 “Кучсиз грунтларда қуриладиган паст босимли тўғонлар асосининг турғунлигини ошириш бўйича технологик чора-тадбирларни ишлаб чиқиш” (2016-2017), ҚХ-А-ҚХ-2018-281 “Эксплуатация қилиб келинаётган гидротехника иншоотлари хавфсизлик категорияларини баҳолаш нормаларини ишлаб чиқиш” (2018-2020) мавзулари лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади мураккаб муҳандислик-геологик шароитларда лойиҳаланадиган ва қуриладиган паст босимли ГТИ заминларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

статик юкламалар таъсирида оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлигини баҳолаш;

статик юкламалар таъсирида оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида паст босимли ГТИ заминларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш;

иншоот оғирлиги ва сувнинг гидростатик босими таъсирида мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли ГТИ заминларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш;

кўп фазали суюқликлар ҳаракатини ҳисоблаш усулларида фойдаланиб, мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли ГТИ заминларидаги фильтрация оқимини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш;

мураккаб кўп қатламли грунтларда иншоотлар заминларидаги фильтрацияга қарши мустаҳкамлигини аниқлаш бўйича эксперимент тадқиқотларини ўтказиш;

юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалашда самарали ва тежамкор технологияларни қўллаш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида юмшоқ грунтларда республика ҳудудидаги лойиҳаланадиган ва Орол бўйи дельта бошқармасига қаршли фойдаланилаётган паст босимли ГТИ олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида юмшоқ грунтларнинг хусусиятлари ва уларнинг лойиҳалаштириш ва қуриш шароитига таъсири, юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ фойдаланиш даврида турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш бўйича тадбирлар ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида юмшоқ грунтли заминлар деформациясини ҳисоблашни назарий услублари, экспериментал тадқиқотларининг умумий қабул қилинган усуллари, математик моделлаштириш ва уларни сонли ечиш усулларида фойдаланилди, лойиҳалаш ва қуриш амалиётида қўлланиладиган усуллар қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

заминда оқувчанлик хусусиятига эга грунтларни ҳаракатга келтирувчи кучлар миқдори ва статик юкламалар таъсирида паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлигини баҳолаш мезонлари ишлаб чиқилган;

заминда оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида “тўғон-бир жинсли бўлмаган замин” тизимининг гидравлик модели ишлаб чиқилган;

иншоот оғирлиги ва гидростатик босим таъсирида паст босимли ГТИ заминлари хавфсизлигини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

кўп фазали суюқликлар ҳаракати модели асосида паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлигини баҳолаш усуллар такомиллаштирилган;

мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли ГТИ заминларидаги фильтрация оқими тезлиги ва босими тақсимланиши қонунияти асосида фильтрация мустаҳкамлигини баҳолаш ҳисоблари такомиллаштирилган;

иншоот оғирлиги ва гидростатик босим таъсирида паст босимли ГТИ заминининг турғунлигини ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган;

юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалашнинг самарали ва тежамкор технологияларни қўллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

иншоот заминдаги оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар ҳаракатини аниқлашга асосланган гидравлик модель ва паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаш ва қуришда хавфсизликни таъминлаш мезони ишлаб чиқилган;

заминда оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида кучланганлик-деформация ҳолати натижаси асосида паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуришни ҳисоблашнинг услублари такомиллаштирилган;

мураккаб қатламли грунтларни иншоот заминига мустаҳкамлаш ва зичлаш ишлари учун заминнинг юк кўтарувчанлик хусусиятини ошириш мақсадида лойиҳада талаб қилинган паст босимли ГТИ заминларини мустаҳкамлаш ва фильтрацияга қарши мустаҳкамлигини таъминлаш услублари такомиллаштирилган;

муҳандислик-геологик шароити оғир бўлган ҳудудларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуришда самарали ва тежамкор технологияларни қўллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ечимларни ишлаб чиқишда умум қабул қилинган физик қонуниятлар ва синовдан ўтган математик усулларга асосланганлиги, олинган назарий натижаларни амалда ўтказилган тадқиқотлар натижалари билан солиштирилганлиги ҳамда бошқа олимлар томонидан олинган натижалар билан таққослаб текширилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти статик юкламаларда “тўғон-бир жинсли бўлмаган замин” тизими моделини ишлаб чиқиш асосида юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуриш ҳисобларини такомиллаштириш, фойдаланиш даврида замин турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш, кўп фазали суюқликлар ҳаракатини ҳисоблаш усулидан фойдаланган ҳолда иншоот заминининг фильтрация мустаҳкамлигини аниқлаш, моделни ечиш алгоритми ва ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалаштириш ва қуриш бўйича услубий ёндошувлар замин грунтларининг мустаҳкамлигини оширишда самарали ва тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш имконини беради. Тадқиқот натижалари муҳандислик-геологик шароити оғир бўлган ҳудудларда паст босимли ГТИ заминларини лойиҳалашни ишлаб чиқишда қўлланиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш ва қуриш, фойдаланиш даврида хавфсизлигини таъминлаш бўйича олинган натижалар асосида:

муҳандислик-геологик шароитлари оғир бўлган ҳудудларда паст босимли ГТИ ва уларнинг заминларини лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш бўйича паст босимли ГТИ заминлари хавфсизлигини баҳолашнинг гидравлик усуллари “Давсувхўжаликназорат” давлат инспекциясига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги

вазирлигининг 2021 йил 24 августдаги 03/27-2446-сонли маълумотномаси). Натижада, юмшоқ грунтларда лойихаланадиган паст босимли иншоотлар заминларига таъсир этадиган кучлар миқдорини аниқлаш имконини берган;

грунтларнинг мураккаб геологик тузилишида иншоотнинг турғунлиги ва заминнинг мустаҳкамлигини таъминловчи иншоотнинг замин билан туташishi бўйича тадбирлар, юклама ва таъсирларнинг биргаликдаги барча ҳисобларини инобатга олган ҳолда статик юкламаларда паст босимли ГТИ заминларининг кучланганлик-деформация ҳолатлари натижалари “Давсувхўжаликназорат” давлат инспекциясига ҳамда юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ заминларини лойихалаш ва қуришда самарали ва тежамкор технологик тадбирларни ишлаб чиқиш ва амалиётга тадбиқ этиш орқали замин грунтининг турғунлигини оширишнинг технологик усуллари кўллаш вариантлари “Амударё” ҳавзавий сув хўжалиги бирлашмаси қуйи дарё бошқармасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 24 августдаги 03/27-2446-сонли маълумотномаси). Натижада, тақдим этилган ҳисоблар лойихаланаётган паст босимли ГТИнинг ишончилиги ва самарадорлигини оширишга имкон берган;

иншоотлар замини грунтларининг қатлам-қатлам бўлиши, линзаларнинг мавжуд бўлиши, чуқурлик бўйича ва планда грунтнинг деформацияланувчанлик характеристикасини ўзгариши ҳисобига иншоотнинг нотекис юкланишини аниқлашни ҳисобга олган ҳолда мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли ГТИ заминларининг мустаҳкамлигини ошириш ҳисоблари Орол бўйи дельта бошқармасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 24 августдаги 03/27-2446-сонли маълумотномаси). Натижада, бир жинсли бўлмаган заминлар учун паст босимли ГТИ заминларининг иқтисодий жиҳатдан самарали ва ишончли муҳандислик ечимларни топиш, салбий оқибатларни бартараф қилиш тадбирларни ишлаб чиқиш имконини берган;

мураккаб қатламли грунтларни иншоот заминига мустаҳкамлаш ва зичлаш ишлари заминнинг юк кўтарувчанлик хусусиятини ошириш мақсадида лойихада талаб қилинган сув ўтказувчанлиги ва фильтрация мустаҳкамлигини таъминлашда паст босимли ГТИ заминларининг фильтрацияга қарши мустаҳкамлиги ҳисоблари Орол бўйи дельта бошқармасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 24 августдаги 03/27-2446-сонли маълумотномаси). Натижада, паст босимли иншоотларнинг заминлари грунтларини мустаҳкамлаш, иншоот остида фильтрацияни камайтириш ва фильтрациянинг хавфли асоратларини бартараф қилишнинг ишончли ва иқтисодий жиҳатдан самарали технологик усуллари кўллаш, сарф-харажатларни 10% гача камайтириш имконини яратган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 18 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 54 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 14 та мақола, жумладан 8 таси республика ва 5 таси хорижий журналларда нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигининг илмий ишга тегишли 1 та муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, олтита боб, умумий хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 197 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида Ўзбекистонда диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, ишнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари шакллантирилган, бажарилган тадқиқотларнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари очиқ берилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий зарурияти ва аҳамиятлари баён этилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, ишнинг апробацияси, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Паст босимли гидротехника иншоотларини лойиҳалаш, қуриш ва фойдаланиш муаммоларининг ўрганилганлиги таҳлили”** деб номланган биринчи бобида паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш, қуриш ва фойдаланиш даврида хавфсизлигини таъминлашга бағишланган ишлар таҳлили, юмшоқ грунтларнинг паст босимли ГТИ қурилишига таъсири масалалари келтирилган.

Эксплуатация қилинаётган паст босимли грунтли ГТИнинг хавфсизлигини таъминлаш ва турғунлигини ошириш бўйича Shao-wei Wang, Ying-li Xu, MEI Guodong, A.T.Siacara, G.F.Napa-Garcia, М.И.Балзанников, В.А.Волосухин, В.Я.Жарницкий, Ф.В.Матвеевков, А.А.Михасек, М.В.Родионов ва бошқа кўплаб олимларнинг илмий-тадқиқот ишлари таҳлили келтирилган. Паст босимли грунтли ГТИнинг техник ҳолатини текшириш ва таҳлил қилиш, таъмирлаш-тиклаш ишларини ўз вақтида ўтказиш ва олиб бориш, кўйи қияликни мустаҳкамлаш тадбирлари, эксплуатацион ишонччиликни оширишни таъминлайдиган илмий-асосланган ечимлар ва чора-тадбирлари ишлаб чиқилган.

Паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш, қуриш ва улардан фойдаланиш бўйича меъёрий-ҳужжатлар ва ҳисоблаш услубларининг етишмаслиги туфайли амалдаги меъёрий-техник базани такомиллаштириш, иншоотларнинг техник ҳолати ва хавфсизлик даражасини баҳолаш услубларини ишлаб чиқиш масалалари Jesung Jeon, Jongwook Lee, Г.М.Каганов, В.И.Волков, В.Н.Щедрин, Г.Л.Гладков каби кўплаб олимларнинг илмий-тадқиқот ишларида ёритилган.

Antonio dos Anjos Luis, Pedro Cabral, Н.Т.Кавешников, Е.В.Андреев, И.А.Серисоваларнинг олиб борган илмий-тадқиқот ишларида назарий ва экспериментал тадқиқотлар ҳамда натура кузатувлари асосида паст босимли ГТИни лойихалаштириш ҳисоблари ва улардан фойдаланиш бўйича янги услубларни ва тавсияларни ишлаб чиқишга бағишланган. Гидротехника ва мелиорация соҳаларида қурилиш нархини ва материаллар ҳажмини сезиларли даражада камайтириш имконини берувчи сув ўтказувчи иншоотларнинг енгиллаштирилган конструкцияларини ишлаб чиқиш ва қўллаш В.М.Ларков, Ю.М.Косиченко ва К.В.Мороговларнинг ишларида акс эттирилган.

Республика қояли бўлмаган заминларда паст босимли ГТИни лойихалаштириш, қуриш ва фойдаланиш даврида ишончилигини ошириш, хавфсизлигига таъсир этувчи омиллар, грунтларда оқувчанлик хоссаларининг пайдо бўлиши ва унинг иншоотларга таъсири масалалари М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Е.Курбанбаев, И.К.Аимбетов каби олимлар тадқиқот ишларини олиб борган.

Марказий Осиё шароитида, жумладан республикамиз ҳудудида энг мураккаб муаммолардан бири юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИни барпо этиш, уларнинг эксплуатация жараёнида мустаҳкамлиги ва барқарорлигини таъминлашдир. Бундай грунтларда қурилиш лойихаловчи ва қурувчилар учун катта қийинчиликларни туғдиради, чунки бундай грунтлар сув билан тўйинишда паст мустаҳкамланиш ва юқори сиқилувчанлик билан тавсифланади. Шу сабабли, иншоот пойдевори қурилишида етакчи олимлар ва мутахассислар олдида иншоот заминини тайёрлаш ва пойдеворини қурилишини сифатли бажаришда моддий ва меҳнат ресурсларини тежаш муаммоси қўйилмоқда. Илгари ҳудуднинг бундай жойларида ГТИни қуриш учун геологик мутахассислар томонидан яроқсиз деб ҳисобланган бўлсада, аҳоли сонининг кўпайиши ва уларни барқарор сув ресурслари билан таъминлаш билан боғлиқ ҳолда янги ГТИни қуришга тўғри келмоқда.

Бугунги кунда юмшоқ грунтларга қарши қурашиш масалаларининг муҳим аҳамиятига қарамай, паст босимли ГТИнинг заминларини тайёрлаш ва пойдеворларини қуриш масалаларини ҳал қиладиган батафсил ишлаб чиқилган ҳамда тан олинган ҳисоблаш усуллари мавжуд эмас. Мураккаб муҳандислик-геологик шароитда паст босимли ГТИ заминларини лойихалаштириш ва қуриш, хавфсизлигини таъминлаш ва турғунлигини ошириш бўйича самарали тадбирларни қўллаш масалалари етарли ўрганилмаган. Олиб борилган таҳлиллар асосида диссертация ишининг мақсад ва вазибалари белгиланган.

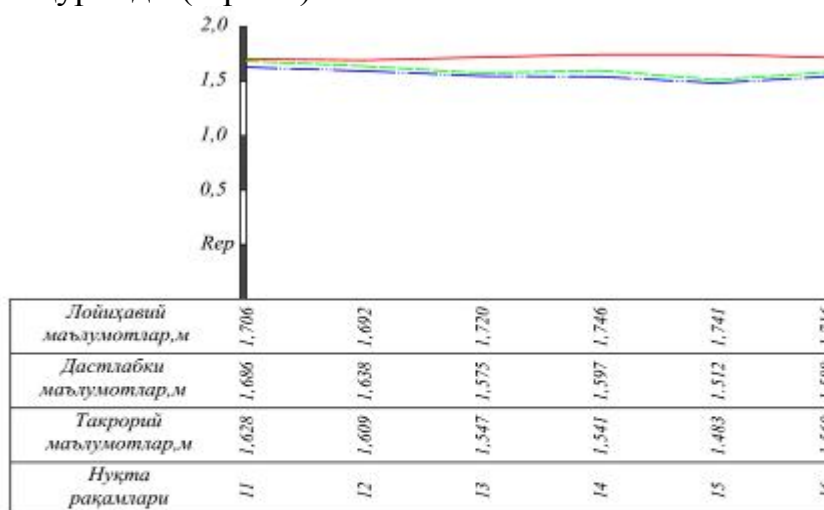
Диссертациянинг **“Паст босимли гидротехника иншоотлари заминининг деформациясини аниқлашнинг натура тадқиқотлари”** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектида ўтказилган иншоот заминининг деформациясини аниқлашнинг натура тадқиқотлари натижалари келтирилган.

Эксплуатация қилинаётган паст босимли бетонли ГТИ хавфсизлигини кузатиб бориш имкониятини берадиган иншоот заминининг деформациясини

аниқлашнинг натура тадқиқотлари Маринкин каналининг бош сув олиш иншоотида ўтказилди. Иншоот чўкишини аниқлашда геометрик нивелирлаш усулидан фойдаланилди ва чўкишни кузатишини аниқлаш учун гидроузелнинг чап қирғоқда 10 та ва ўнг қирғоқда 9 та чўкиш маркалари қўйилди. Чўкиш маркаларининг баландлиги пойдевор реперларига нисбатан аниқланади. Геодезик ўлчовларни ўтказишда топографик тасвирлар, муҳандислик-геодезик изланишларни асослашда нивелирлаш учун мўлжалланган 2Н-10Л нивелиридан фойдаланилди. Ишларни амалга оширишдан олдин тадқиқ қилиш ва асбоб-ускуналарни текшириш меъёрий хужжатларга мувофиқ бажарилди.

Маринкин каналининг бош сув олиш иншооти 1994 йили ишга туширилган бўлиб, биринчи геодезик ишлари олиб борилган. 2014-2015 йилларда иншоотнинг техник ҳолатини текшириш, иншоот заминининг деформациясини аниқлаш мақсадида тадқиқот ишлари олиб борилди.

Олинган нивелирлаш ишлари натижалари бўйича тадқиқот объектида биринчи ишга тушган йили лойиҳавий ва дастлабки ҳамда такрорий геодезик ўлчов ишлари натижалари бўйича бетонли иншоот танаси чўкишининг бўйлама профили қурилди (1-расм).



ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР

- Лойиҳавий маълумотлар
- Дастлабки маълумотлар
- Такрорий маълумотлар

1-расм. Бетонли иншоот танаси чўкишининг бўйлама профили

Олинган геодезик ўлчовлар натижалари бўйича қўрилаётган эксплуатация қилинаётган бетонли иншоот танасининг чўкиши ўртача 0,21 метрни ташкил этган.

Диссертациянинг **“Грунтли масса мавжудлигида паст босимли гидротехника иншоотлари заминининг хавфсизлигини баҳолаш”** деб номланган учинчи бобида паст босимли ГТИ заминдаги грунтли массанинг ҳаракати миқдорини аниқлаш ва сонли экспериментларни ўтказиш орқали иншоот замини хавфсизлигини таъминлаш мезонлари келтирилган.

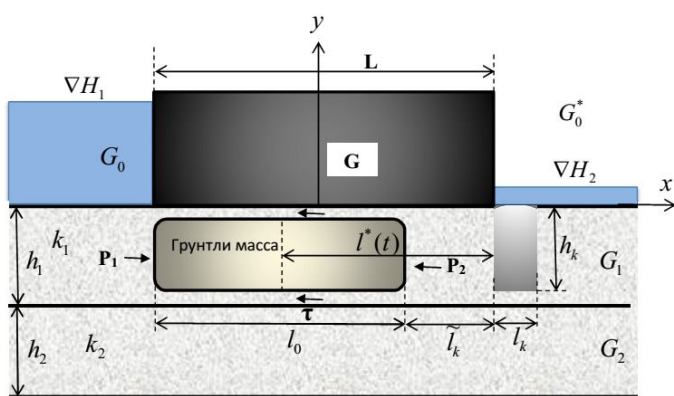
Иншоот оғирлиги ва сувнинг гидростатик босими таъсирида штамп масаласидан фойдаланган ҳолда (2-расм) паст босимли бетонли ГТИ заминидаги ҳажми $W_{II} = l_0 h b$ ва узунлиги $l(t) = l_0 + l'(t)$ бўлган грунтли массанинг ҳаракат тенгламаси куйидагича ёзилади:

$$\frac{1}{2} \rho_{\Gamma} l(t) b h \frac{d^2 l(t)}{dt^2} = b h \rho_{\epsilon} (H_1 - H_2) g - f_{mp} p_{yy} b L - (L - l(t)) \rho_{\Gamma} b h g - \rho_{\Gamma} l_k h_k g b - \tau_{xy} b L \quad (1)$$

бу ерда: $\rho_{\epsilon}, \rho_{\Gamma}$ - мос равишда сув ва грунтли массанинг зичликлари.

Сувга тўйинган грунт тўлиқ сиқилмайди деб қабул қилинганлиги учун, (1) тенгламанинг чап қисмига $l(t) \approx l_0$ қўйилади ва (1) тенглама куйидагича ёзилади:

$$\frac{l(t)}{2} \frac{d^2 l(t)}{dt^2} = g \left[l(t) + \frac{\rho_{\epsilon}}{\rho_{\Gamma}} (H_1 - H_2) - f_{mp} \frac{p_{yy} L}{\rho_{\Gamma} g h} - (L - l_k) - \frac{\tau_{xy} L}{\rho_{\Gamma} g h} \right] \quad (2)$$



2-расм. Иншоот заминидаги грунтли массанинг ҳаракатини аниқлаш модели

Масаланинг ечимини енгиллаштириш учун ўлчамсиз катталикларни куйидаги кўринишда киритилади: τ , $l(t)$, $l(t) = l_0 \hat{l}(t)$,

$$t = \sqrt{\frac{l_0}{g}} \hat{\tau}, \quad L = l_0 \hat{L}, \quad l_k = l_0 \hat{l}_k, \quad h = l_0 \hat{h},$$

$$H_1 = l_0 \hat{H}_1, \quad H_2 = l_0 \hat{H}_2, \quad y = l_0 \hat{y},$$

$$p(y) = \rho_{\Gamma} V_0^2 \hat{p}, \quad \rho_{\Gamma} = \frac{m}{l_0^3} \hat{\rho}_{\Gamma}, \quad \rho_{\epsilon} = \frac{m}{l_0^3} \hat{\rho}_{\epsilon},$$

$$g = \frac{l_0}{t^2} \hat{g}, \quad \tau_{xy} = \frac{F}{l_0^2} \hat{\tau}_{xy}.$$

Унда (2) тенгламани куйидагича ёзилади:

$$\frac{\hat{l}}{2} \frac{d^2 \hat{l}}{d\hat{\tau}^2} = \hat{l} + \frac{\hat{\rho}_{\epsilon}}{\hat{\rho}_{\Gamma}} (\hat{H}_1 - \hat{H}_2) - f_{mp} \frac{1}{Sh^2} \frac{\hat{p}\hat{L}}{\hat{g}\hat{h}} - \hat{L} - \hat{l}_k - Ne \frac{\hat{\tau}_{xy}\hat{L}}{\hat{\rho}_{\Gamma}\hat{g}\hat{h}} \quad (3)$$

(3) тенгламани соддалаштириш учун уни куйидаги кўринишда ёзилади:

$$\frac{d^2 \hat{l}}{d\hat{\tau}^2} = 2 + \frac{2}{\hat{l}} \frac{\hat{\rho}_{\epsilon}}{\hat{\rho}_{\Gamma}} (\hat{H}_1 - \hat{H}_2) - f_{mp} \frac{1}{Sh^2} \frac{2}{\hat{l}} \frac{\hat{p}\hat{L}}{\hat{g}\hat{h}} - \frac{2\hat{L}}{\hat{l}} - \frac{2\hat{l}_k}{\hat{l}} - Ne \frac{2}{\hat{l}} \frac{\hat{\tau}_{xy}\hat{L}}{\hat{\rho}_{\Gamma}\hat{g}\hat{h}} \quad (4)$$

(4) тенгламанинг ҳадларини куйидаги кўринишда белгиланади:

$$D_1 = \frac{2}{\hat{l}_0} \frac{\hat{\rho}_{\epsilon}}{\hat{\rho}_{\Gamma}} (\hat{H}_1 - \hat{H}_2) - f_{mp} \frac{1}{Sh^2} \frac{2}{\hat{l}_0} \frac{\hat{p}\hat{L}}{\hat{g}\hat{h}} \quad \text{ва} \quad D_2 = \frac{2}{\hat{l}} (\hat{L} + \hat{l}_k) \quad (5)$$

бу ерда: D_1 - грунтли массани ҳаракатга келтирувчи кучлар миқдори;

D_2 - грунтли масса ҳаракатига таъсир этувчи реакция кучлари миқдори.

(4) тенгламанинг охириги ҳадини куйидаги кўринишда белгиланади:

$$a_0 = 2 \left[1 - Ne \frac{1}{\hat{l}} \frac{\hat{\tau}_{xy}\hat{L}}{\hat{\rho}_{\Gamma}\hat{g}\hat{h}} \right] \quad (6)$$

Олинган ушбу тенглама заминда оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлик мезонини ифодалайди. Мазкур хавфсизлик мезонининг физик моҳияти шундан иборатки, иншоот заминида оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар

мавжудлигида иншоот заминига кўйиладиган юкламани, яъни иншоот оғирлигини доимий сақлаган ҳолда сувнинг гидростатик босими миқдорини ўзгартириш ёки сувнинг гидростатик босими миқдорини доимий сақлаган ҳолда иншоот оғирлигини ўзгартиришга имкон беради.

(4) тенгламанинг барча ҳадлари белгиланганидан сўнг, у қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{d^2 \hat{l}}{d\hat{\tau}} = D_1 - D_2 + a_0 \quad (7)$$

(7) тенгламани ечиш учун қуйидаги кўринишда функция киритилади:

$$\hat{l}(\hat{\tau}) = \frac{1}{\lambda^2} l^{\lambda \tau} \quad (8)$$

(8) тенгламани (7) тенгламага кўйиб, қуйидаги характеристика тенгламага эга бўлдик:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \ln(D_1 - D_2 + a_0) \quad (9)$$

(9) ва (8) тенгламаларни биргаликда ечиб, (7) тенглама ечимига эга бўлдик:

$$\hat{l}(\hat{\tau}) = \frac{\tau^2}{\ln(D_1 - D_2 + a_0)} \quad (10)$$

яъни, деформацияланувчи грунтли массани ҳаракат траекториясини (ёки кўчишини) ифодаловчи тенгламасига эга бўлдик.

Турли кучлар таъсирида иншоот заминининг кўндаланг ва бўйлама бўйича деформацияланиши жараёнини ифодаловчи Юнг модулини инобатга олган ҳолда, иншоот оғирлиги таъсирида деформацияланадиган грунтли массани силжишини эътиборга олиш учун силжиш модули (\bar{G}) дан фойдаландик:

$$\bar{G} = \frac{E}{2(1 + \sigma)} \quad (11)$$

бу ерда: σ – Пуассон коэффиценти, $\sigma = \left| \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right|$; мос равишда ε_1 - нисбий

бўйлама ва ε_2 - нисбий кўндаланг деформациялар.

(10) ва (11) ифодалар асосида деформацияланадиган грунтли массанинг баландлиги ўзгаришини ифодаловчи тенгламага эга бўлдик:

$$\Delta h_k = \frac{1}{2} \frac{\Delta d \cdot l \cdot F \cdot h_k}{S \cdot \bar{G} \cdot (\Delta d \cdot \frac{\hat{\tau}^2}{\ln(D_1 - D_2 + a_0)} + \Delta l \cdot l)} \quad (12)$$

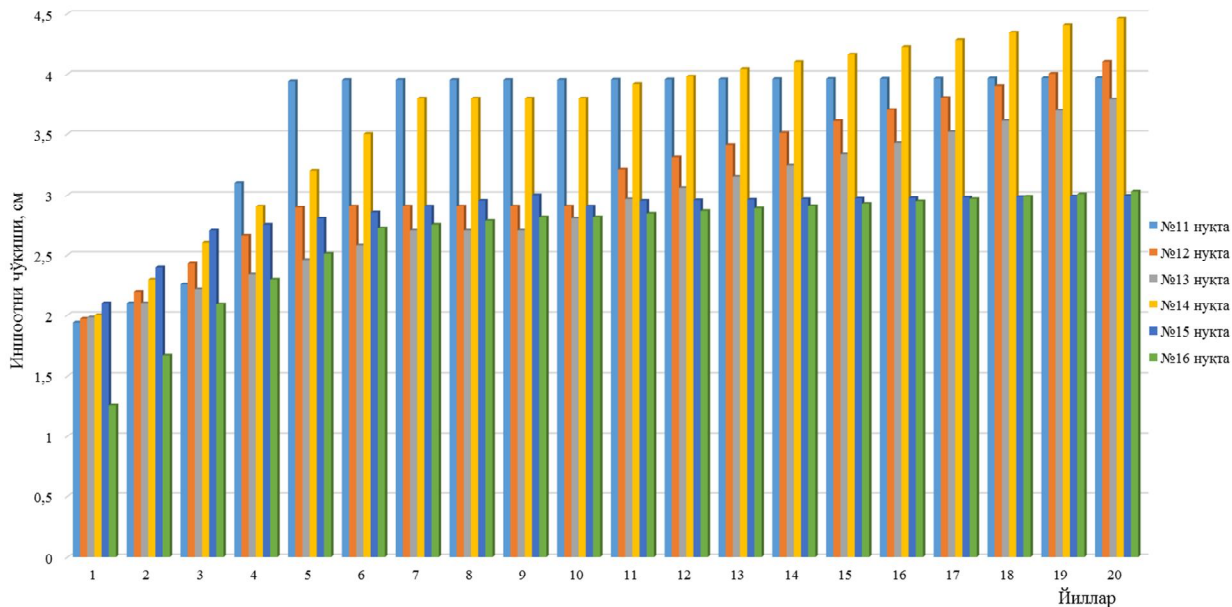
Натура тадқиқотлари натижалари ва тадқиқот объектининг геометрик параметрлари асосида (12) тенгламанинг сонли ечимлари 3-расмда ва натура тадқиқотлари натижаларини таққослаш графиги 4-расмда келтирилган. Статистик ишлов бериш усуллари ёрдамида натижалар таққосланганида хатолик ўртача 3,5 фоизни ташкил этади.

(7) тенгламанинг ўнг тарафидаги ҳадлар стохастик жараёнларни ифодаланишини назарда тутиб, иншоот заминидаги грунтли массага таъсир

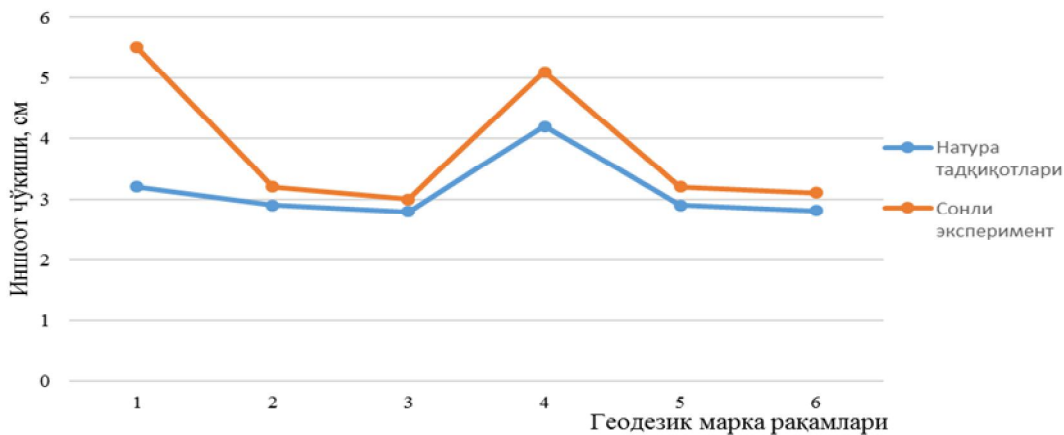
этувчи кучлар ва унинг динамик ҳолати эҳтимоллик параметрлар орқали қуйидаги кўринишда ёзиб оламиз:

$$L\hat{l} = D_1 - D_2 + a_0 \quad (13)$$

бу ерда: $L = \frac{d^2}{d\tau^2}$ - оператор.



3-расм. Грунтли масса мавжудлигида нормал кучлар таъсирида иншоотнинг чўкиши



4-расм. Сонли ечимлари ҳамда натура тадқиқотлари натижаларини таққослаш графиги

Энди L операторнинг тескари оператор L^{-1} мавжуд деб фарз қилайлик. Унинг учун (13) тенгламадан қуйидаги тенгламага эга бўлдик:

$$\hat{l} = L^{-1}(D_1 - D_2 + a_0) \quad (14)$$

бу ерда: $L^{-1}(D_1 - D_2 + a_0) = \int G(\tau, \xi)(D_1 - D_2 + a_0)d\tau$.

Бу ерда: $G(\tau, \xi)$ - Грин функцияси. Натижада топилди:

$$\hat{l} = \int G(\tau, \xi)(D_1 - D_2 + a_0)d\tau \quad (15)$$

(15) тенгламанинг сонли экспериментини амалга ошириш учун стохастик параметрли омиллар таъсиридан динамик системани ядросини (Грин стохастик функциясини) топиб олиш лозим.

Бунинг учун $\hat{l}(0) = \hat{l}(a_0) = 0$ бошланғич шартларда $G(\tau, \xi)$ функцияси:

$$\frac{d^2 G}{d\tau^2} = E(\tau, \xi) \quad (16)$$

ва $G(0, \xi) = G(a_0, \xi) = 0$ бошланғич шартларни қаноатлантиради деб фараз қилсак. Ушбу ифодаларни Грин функцияси учун қуйидаги шартларга эга бўлдик:

$$G(\tau, \xi) = \begin{cases} \frac{\tau(\xi - a_0)}{a_0}, & D_1 > D_2 \\ \frac{\xi(\tau - a_0)}{a_0}, & D_1 < D_2 \\ a_0, & D_1 = D_2 \end{cases} \quad (17)$$

Демак, $D_1 > D_2$ шарт қаноатланса

$$\hat{l} = \int \frac{\tau(\xi - a_0)}{a_0} [D_1 - D_2 + a_0] d\tau \quad (18)$$

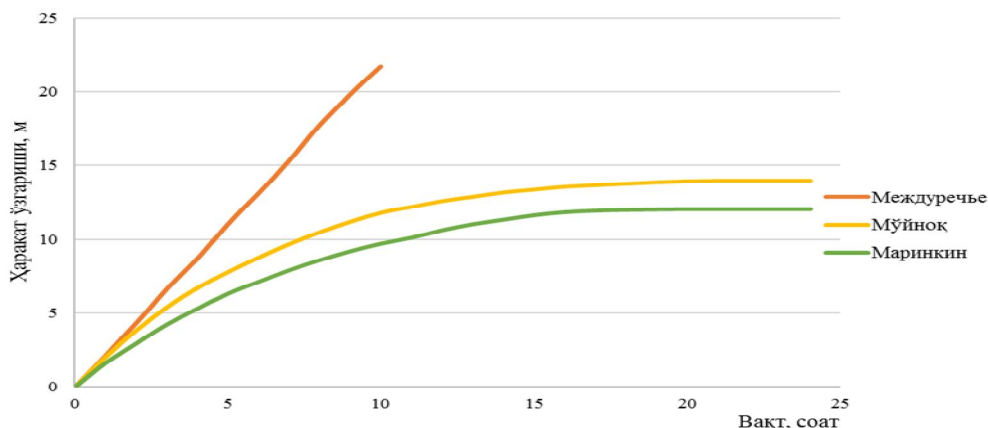
$D_1 < D_2$ шарт қаноатланса

$$\hat{l} = \int \frac{\xi(\tau - a_0)}{a_0} [D_1 - D_2 + a_0] d\tau \quad (19)$$

$D_1 = D_2$ шарт қаноатланса

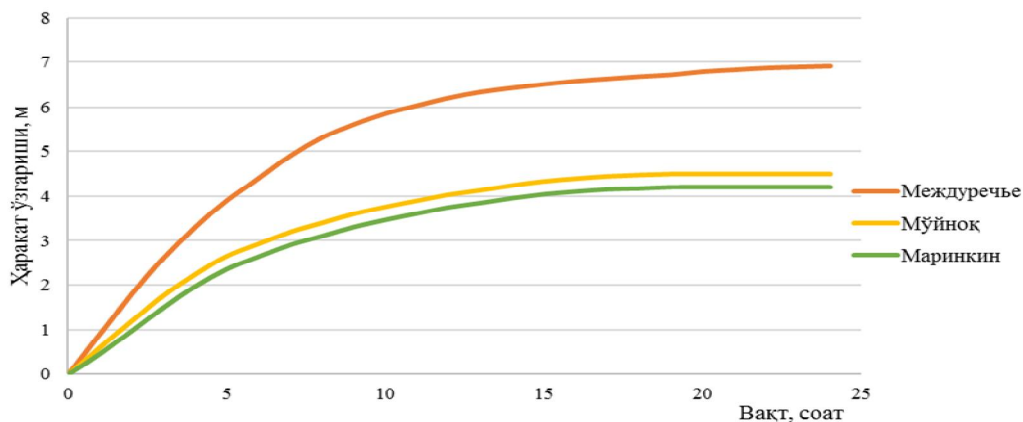
$$\hat{l} = \int a_0 [D_1 - D_2 + a_0] d\tau \quad (20)$$

(18) тенгламанинг сонли ечими натижаси 5-расмда келтирилган. Графикдан кўришиб турибдики, тадқиқот объекти заминдаги грунтли массанинг ҳаракати 10 соатда қўйи бьефга етиб бориб, иншоот заминда грунтнинг бўртиб чиқиши ҳолатини тасвирлайди. Бу кейинчалик иншоотнинг бузилишига олиб келиши мумкин. Кейинги ҳолатларда иншоотлар заминдаги грунтли масса мос равишда 11 соатда 12 метргача ҳаракатланиб, грунтли масса ҳаракати тўхтагани тасвирланган. Бу ҳолатлар мазкур иншоотлар заминларининг хавфсизлигини таъминланганлигини кўрсатади.



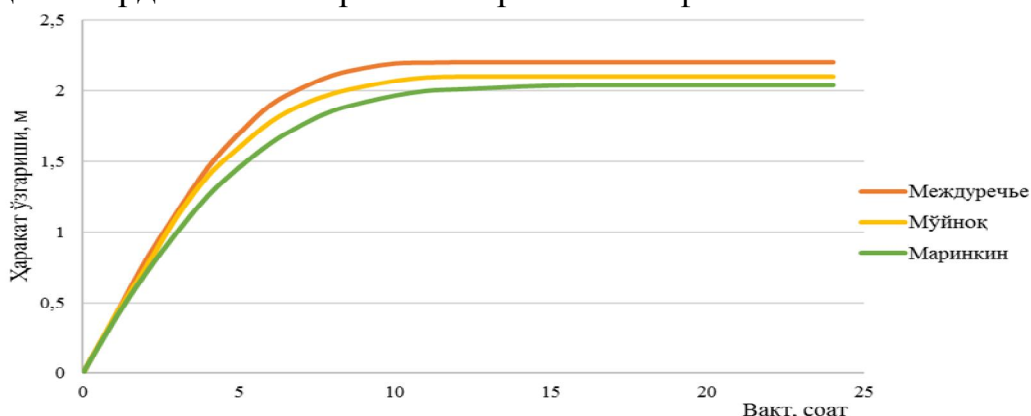
5-расм. $D_1 > D_2$ ҳолатда грунтли массанинг вақтга боғлиқлик ҳаракати

(19) тенгламанинг сонли ечими натижаси 6-расмда келтирилган. Тадқиқот объектлари заминларидаги грунтли масса 11 соатда мос равишда 6,5 метр ва 4 метргача ҳаракатланиб, кейинчалик грунтли масса ҳаракати тўхтагани тасвирланган. Ушбу ҳолатларда иншоотлар заминларининг хавфсизлиги таъминланган.



6-расм. $D_1 < D_2$ ҳолатда грунтли массанинг вақтга боғлиқлик ҳаракати

(20) тенгламанинг сонли ечими натижаси 7-расмда келтирилган. Тадқиқот объектлари заминидаги грунтли масса 6-7 соатда 2 метргача ҳаракатланиб, кейинчалик грунтли масса ҳаракати тўхтагани тасвирланган. Ушбу ҳолатларда иншоотлар заминларининг хавфсизлиги таъминланган.

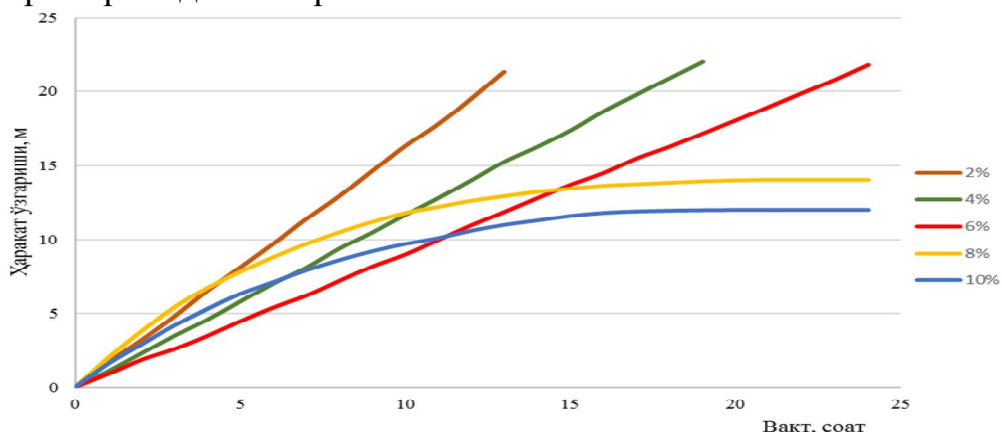


7-расм. $D_1 = D_2$ ҳолатда грунтли массанинг вақтга боғлиқлик ҳаракати

Қурилиш меъёрлари ва қоидаларига мувофиқ, қурилиш талабларига жавоб берадиган грунтларда иншоотлар заминларини лойиҳалаштиришда қурилиш жараёнида бўшашган грунтларни олиб ташлаш ёки алмаштириш орқали заминнинг мустаҳкамлигини ошириш кўзда тутилган. Бундай технологик тадбирлар ер ишлари ҳажмининг ва иншоот нархининг оширишига олиб келади.

Шунинг учун кейинги йилларда гидротехника қурилиши амалиётида қўлланишга кенг жорий қилинаётган хавфсизлик мезонининг шартига асосан иншоотнинг лойиҳавий параметрларини сақлаган ҳолда маҳаллий материаллардан фойдаланиб иншоотнинг оғирлигини енгиллаштириш тадбиридир. Мазкур тадбирдан фойдаланган ҳолда иншоот заминидаги грунтли массага тушадиган иншоотнинг таъсирини камайитириш орқали 5-

расм натижаси бўйича сонли эксперимент тадқиқотлари ўтказилди ва натижалари 8-расмда келтирилган.



8-расм. Бетонли иншоот оғирлигини камайтириш графиги

Олинган натижалар шуни кўрсатмоқдаки, иншоот оғирлигини 8% дан 10% гача камайтирилганида, иншоот заминидagi грунтли массанинг ҳаракати тўхтамоқда, бу эса ўз паст босимли ГТИ заминининг ишончилиги ва мустаҳкамлигини оширишга имкон берди.

Диссертациянинг “Мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли гидротехника иншоотлари заминининг фильтрация оқимини тадқиқ қилиш” деб номланган тўртинчи бобида паст босимли ГТИ заминидagi грунтлар қатламида фильтрация оқимининг тезлик тақсимланиши ва босим таъсирини аниқлаш натижалари келтирилган.

Кўп фазали суюқликлар ҳаракатини ҳисоблаш усулларидадан фойдаланган ҳолда паст босимли ГТИ замини грунт юзасининг устида эркин сиртлари S_0 ва S_1^* эга, G_0^* ва G_1^* соҳаларда чуқурликлари мос равишда H_0 ва H_1 бўлган юқори ва қуйи бьефлари жойлашган. S_0 ва S_1^* эркин сиртларида атмосфера босими доимий таъсир этмоқда. Грунтли қатламнинг G_1 , G_2 ва G_3 соҳалари мос равишда k_1 , k_2 ва k_3 фильтрация коэффициентларига эга (9-расм).

Иншоот остидаги фильтрация оқимнинг соҳалари қуйидагича қабул қилинган:

- фильтрация коэффициенти k_1 бўлган: $G_1 - \{x \in (-\infty; \infty); y \in (-h_1; 0)\}$.
- фильтрация коэффициенти k_2 бўлган: $G_2 - \{x \in (-\infty; \infty); -(h_1 + h_2) < y < -h_1\}$.
- фильтрация коэффициенти k_3 бўлган: $G_3 - \{x \in (-\infty; \infty); -(h_1 + h_2 + h_3) < y < -(h_1 + h_2)\}$.

Иншоотнинг босими туфайли грунт қатламларидаги заррачалар кўчишлари билан тасвирланган деформация юзага келади. Чуқурлик қанча катта бўлса, грунт заррачаларининг кўчиши шунча кам бўлади. G_1 соҳа қатлами заррачалари кўчиши G_2 ва G_3 соҳалар қатламларидаги заррачалари кўчишига қараганда анча катта бўлади деб тахмин қиламиз. G_1 соҳада грунт заррачалари билан фильтрация оқими биргаликда ҳаракатланади. G_2 ва G_3

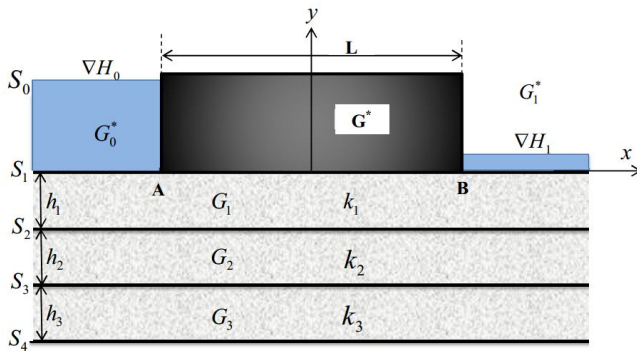
соҳаларида эса деярли фақат филтрация оқими бўлади, унинг миқдори G_1 соҳадаги филтрация оқими миқдоридан анча паст бўлади.

Х.Рахматуллин моделидан фойдаланиб, G_m ($m = \overline{1,2,3}$) соҳасидаги филтрация оқимининг стационар ҳаракати тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\rho_n^{(m)} \left[u_n^{(m)} \frac{\partial u_n^{(m)}}{\partial x} + g_n^{(m)} \frac{\partial g_n^{(m)}}{\partial y} \right] = -f_n^{(m)} \frac{\partial p_n}{\partial x} + f_n^{(m)} \mu_n^{(m)} \frac{\partial^2 u_n^{(m)}}{\partial y^2} + \rho_n^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_n^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_n^{(m)}}{\partial y} \right) \quad (21)$$

Узлуксизлик тенгламаси:

$$\frac{\partial(\rho_n^{(m)}, u_n^{(m)})}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_n^{(m)}, g_n^{(m)})}{\partial y} = 0 \quad (22)$$



9-расм. ГТИ заминдаги филтрация мустаҳкамлигини ҳисоблаш модели

бу ерда: $\bar{g}_n^{(m)}, u_n^{(m)}$ - m -чи қатламдаги n -чи фаза (сув ва грунт)нинг горизонтал ва вертикал йўналишидаги тезлик вектори ва унинг компонентлари, $n, m = \overline{1,3}$;

$f_n^{(m)}, \rho_n^{(m)}, \rho_{ni}^{(m)}$ - оқимнинг m -чи қатламдаги n -чи фазанинг концентрацияси, келтирилган ва ҳақиқий зичликлари;

$p^{(m)}$ - оқимнинг m -чи қатламдаги босими;

$\mu_n^{(m)} = \rho_n^{(m)} v_n^{(m)}$ - m -чи қатламдаги n -чи фазанинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари;

$v_n^{(m)}$ - m -чи қатламдаги n -чи фазанинг кинематик қовушқоқлик коэффициентлари;

$k^{(m)}$ - G_1, G_2 ва G_3 соҳалардаги сувнинг филтрация коэффициентлари.

n -чи фазадаги муҳитни концентрацияси учун қуйидаги тенгламаларга эга бўлдиқ:

$$f_n^{(m)} = k^{(m)} f_{ni}^{(m)} \text{ ва } f_{1i}^{(m)} + f_{2i}^{(m)} + f_{3i}^{(m)} = 1, i = \overline{1, \dots, n} \quad (23)$$

Шунингдек, сувнинг тезлик вектори ва зичликлари ифодаларини киритиш мумкин:

$$\rho_\phi^{(m)} = \rho_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} + \rho_3^{(m)}, \quad \bar{g}_\phi^{(m)} = \frac{1}{\rho_\phi^{(m)}} [\rho_1^{(m)} \bar{g}_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} \bar{g}_2^{(m)} + \rho_3^{(m)} \bar{g}_3^{(m)}] \quad (24)$$

($\rho_{ni}^{(m)} = const$) ҳақиқий зичликлари ва филтрация коэффициентларининг ($k^{(m)}$) доимийлигида (22) узлуксизлик тенгламаси ва (23) тенгламадан фазалардаги тезлик учун қуйидаги ифодага эга бўлиши мумкин:

$$f_1^{(m)} u_1^{(m)} + f_2^{(m)} u_2^{(m)} + f_3^{(m)} u_3^{(m)} = A_0^{(m)} \quad (25)$$

Ҳар бир фазанинг тенгламаси тизимини қўшиб, G_1, G_2 ва G_3 соҳалардаги тенгламани олиш мумкин, яъни узлуксизлик тенгламасини ҳисобга олган ҳолда (21) ҳаракат тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial}{\partial x} [\rho_n^{(m)} (u_n^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_n^{(m)} u_n^{(m)} g_n^{(m)}] = -2f_n^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2f_n^{(m)} \mu_n^{(m)} \frac{\partial^2 u_n^{(m)}}{\partial y^2} + 2\rho_n^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_n^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_n^{(m)}}{\partial y} \right) \quad (26)$$

ёки ҳар бир фазаси учун қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1^{(m)} (u_1^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1^{(m)} u_1^{(m)} g_1^{(m)}] &= -2f_1^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2f_1^{(m)} \mu_1^{(m)} \frac{\partial^2 u_1^{(m)}}{\partial y^2} + 2\rho_1^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_1^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_1^{(m)}}{\partial y} \right); \\ \frac{\partial}{\partial x} [\rho_2^{(m)} (u_2^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_2^{(m)} u_2^{(m)} g_2^{(m)}] &= -2f_2^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2f_2^{(m)} \mu_2^{(m)} \frac{\partial^2 u_2^{(m)}}{\partial y^2} + 2\rho_2^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_2^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_2^{(m)}}{\partial y} \right); \\ \frac{\partial}{\partial x} [\rho_3^{(m)} (u_3^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_3^{(m)} u_3^{(m)} g_3^{(m)}] &= -2f_3^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2f_3^{(m)} \mu_3^{(m)} \frac{\partial^2 u_3^{(m)}}{\partial y^2} + 2\rho_3^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_3^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_3^{(m)}}{\partial y} \right). \end{aligned}$$

Тенгламаларни қўшиб, қуйидаги тенгламага эга бўлдик:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1^{(m)} (u_1^{(m)})^2 + \rho_2^{(m)} (u_2^{(m)})^2 + \rho_3^{(m)} (u_3^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1^{(m)} u_1^{(m)} g_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} u_2^{(m)} g_2^{(m)} + \rho_3^{(m)} u_3^{(m)} g_3^{(m)}] = \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1^{(m)} \mu_1^{(m)} \frac{\partial^2 u_1^{(m)}}{\partial y^2} + f_2^{(m)} \mu_2^{(m)} \frac{\partial^2 u_2^{(m)}}{\partial y^2} + f_3^{(m)} \mu_3^{(m)} \frac{\partial^2 u_3^{(m)}}{\partial y^2} \right] \quad (27) \end{aligned}$$

(27) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиб олинади:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1^{(m)} f_1^{(m)} u_1^{(m)} g_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} f_2^{(m)} u_2^{(m)} g_2^{(m)} + \rho_3^{(m)} f_3^{(m)} u_3^{(m)} g_3^{(m)}] + \\ + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1^{(m)} g_1^{(m)2} + \rho_2^{(m)} g_2^{(m)2} + \rho_3^{(m)} g_3^{(m)2}] = \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1^{(m)} \mu_1^{(m)} \frac{\partial^2 g_1^{(m)}}{\partial y^2} + f_2^{(m)} \mu_2^{(m)} \frac{\partial^2 g_2^{(m)}}{\partial y^2} + f_3^{(m)} \mu_3^{(m)} \frac{\partial^2 g_3^{(m)}}{\partial y^2} \right] \quad (28) \end{aligned}$$

Шундай қилиб, иншоот заминидagi грунтларда филтрация оқими характеристикаси (тезлик ва босим)ни ҳисоблаш тенгламасига эга бўлдик.

(28) тенгламадаги юқори индекс (m) масаланинг аниқ қатламида кўриб чиқиладиганлиги учун тушириб қолдирилади ва охириги тенгламалар қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1 u_1^2 + \rho_2 u_2^2 + \rho_3 u_3^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1 u_1 g_1 + \rho_2 u_2 g_2 + \rho_3 u_3 g_3] = \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1 \mu_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} + f_2 \mu_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} + f_3 \mu_3 \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2} \right] \quad (29) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1 u_1 g_1 + \rho_2 u_2 g_2 + \rho_3 u_3 g_3] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1 g_1^2 + \rho_2 g_2^2 + \rho_3 g_3^2] = \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1 \mu_1 \frac{\partial^2 g_1}{\partial y^2} + f_2 \mu_2 \frac{\partial^2 g_2}{\partial y^2} + f_3 \mu_3 \frac{\partial^2 g_3}{\partial y^2} \right] \quad (30) \end{aligned}$$

(25) тенгламадан $A_0 = 0$ деб фараз қилиб, грунт ва сув концентрациялари учун қуйидаги ифодаларни $g = -\frac{f}{1-f} u$ ва $g = -\frac{f}{1-f} g$ тенгликларга эга бўлдик ҳамда (29) ва (30) тенгламалари ҳадларини соддалаштириш мақсадида, қуйидагича белгилашлар киритилди:

$$\rho_1 u_1^2 + \rho_2 u_2^2 + \rho_3 u_3^2 = \rho_{1i} u_2^2 \lambda; \quad \rho_1 u_1 \vartheta_1 + \rho_2 u_2 \vartheta_2 + \rho_3 u_3 \vartheta_3 = \rho_{1i} u_2 \vartheta_2 \lambda \quad (i=1...3);$$

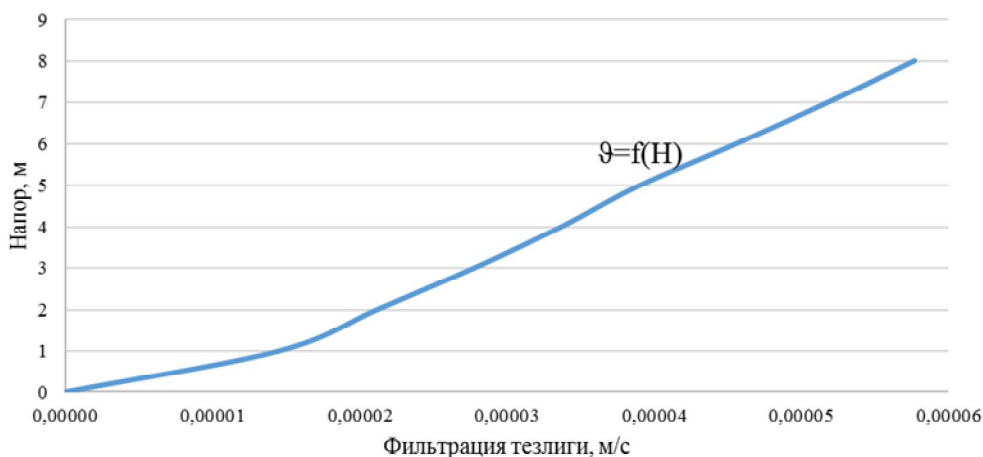
$$\rho_1 \vartheta_1^2 + \rho_2 \vartheta_2^2 + \rho_3 \vartheta_3^2 = \rho_{1i} \vartheta_2^2 \lambda; \quad \lambda = \frac{\rho - (\rho - 1) f_2}{1 - f_2}; \quad \rho = \frac{\rho_{2i} \cdot \rho_{3i}}{\rho_{1i}}.$$

(29) ва (30) тенгламаларга белгилашлар ва алгебраик ўзгаришлар киритилган ҳолда заминда грунтли масса мавжуд бўлган паст босимли ГТИ хавфсизлик мезонини ифодаловчи (6) шартдан фойдаланиб, қуйидаги тезликнинг вертикал ва горизонтал тақсимланиши тенгласини олиш мумкин:

$$u_\phi = \frac{k_{u1} \left[1 - Ne \frac{1}{\hat{l}} \frac{\hat{t}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho} \hat{g} \hat{h}} \right] \cdot f_1(\hat{\rho} - 1)}{f_1 + \hat{\rho} f_2 + \hat{\rho} f_3}$$

$$\vartheta_\phi = \frac{k_{\vartheta 1} \left[1 - Ne \frac{1}{\hat{l}} \frac{\hat{t}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho} \hat{g} \hat{h}} \right] \cdot f_1(\hat{\rho} - 1)}{f_1 + \hat{\rho} f_2 + \hat{\rho} f_3} \quad (31)$$

(31) тенгламага асосланган иншоот заминдаги грунтлар қатламида филтрация оқими тезликларининг напорга боғлиқлик графиги 10-расмда келтирилган.



10-расм. Иншоот заминдаги грунт қатламларининг филтрация тезлиги

Филтрация оқими босимининг таъсирини берилган шартлар асосида қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\left. \begin{array}{l} -\infty < x < -L; \quad -h_1 - h_2 < y < 0 \\ -L < x < L; \quad -h_1 - h_2 < y < 0 \\ L < x < \infty; \quad -h_1 - h_2 < y < 0 \end{array} \right\}; \quad p = \begin{cases} \rho_0 g H_0 - \rho^{(m)} g y + p_0 \\ p_{11} - \rho^{(m)} g y \\ P_0 + \rho_b g y \end{cases}$$

бу ерда: $P_{11}|_{y=0} = P_0 + H_0 \rho g$, $P_{11}|_{x=L} = P_0 + H_1 \rho g$.

Унда, филтрация оқими босимининг фарқи қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\rho g (H_0 - H_1)}{L} + \tilde{p}_{11}|_{x=0} - \tilde{p}_{11}|_{x=L} \quad (32)$$

бу ерда: $\tilde{p}_{12}, \tilde{p}_{11}$ - сувга тўйинган грунтнинг кучланиш ҳолатлари бўлиб, штамп тўғрисидаги масалалардан олинади.

(32) тенгламани интеграллаб, қуйидаги тенглама олинди:

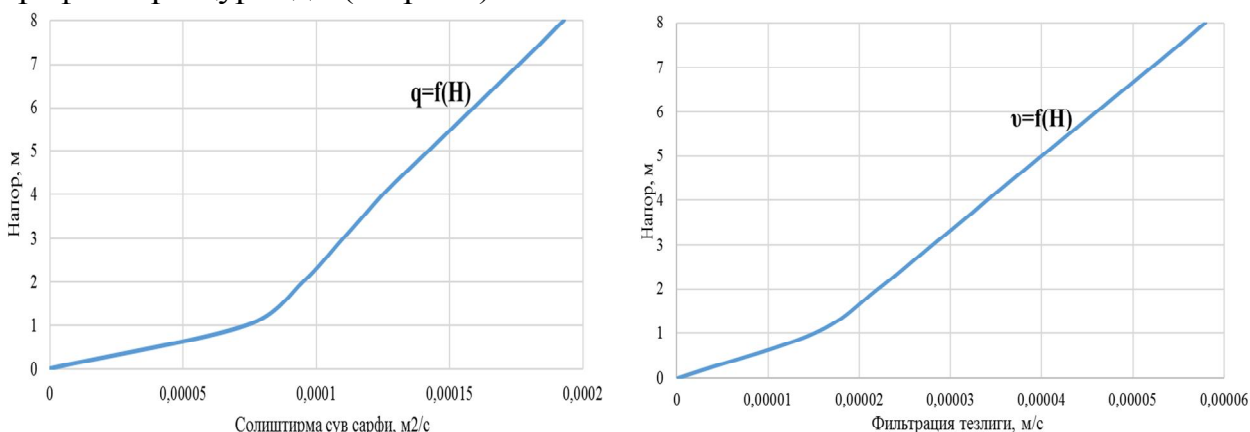
$$p = \rho g (H_0 - H_1) \frac{\hat{x}}{L} + \tilde{p}_{11} \Big|_{x=0} \quad (33)$$

Шундай қилиб, (31) ва (33) тенгламалар асосида паст босимли ГТИ заминидаги грунтлар қатламларида фильтрация оқими тезликлари тақсимланиши ва босими таъсири тенгламалари аниқланган. Мазкур тенгламалар билан паст босимли ГТИ замини моделлаштиришда фильтрация оқими параметрларининг таъсирини башорат қилиш имконияти яратилади.

Диссертациянинг “**Мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли гидротехника иншооти заминидаги фильтрация оқими характеристикасини аниқлаш бўйича эксперимент тадқиқотлари**” деб номланган бешинчи бобида паст босимли ГТИ заминидаги фильтрация оқими характеристикаси аниқлаш ва мустақамлигини текшириш натижалари келтирилган.

Мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли ГТИ заминидаги фильтрация оқимини тадқиқ қилиш бўйича эксперимент тадқиқотлари уч босқичда амалга оширилди. Биринчи босқичда иншоот заминида кумнинг муҳимлигини инобатга олиб, унинг гранулометриқ таркиби махсус лаборатория базасида ГОСТ талабалари бўйича аниқланди. Иккинчи босқичда кумнинг фильтрация коэффиценти Дарси қурилмаси ёрдамида умумқабул қилинган формулалар кетма-кетлигида аниқланди ва унинг миқдори $k_{\phi} = 0,71 \cdot 10^2$ м/сут ни ташкил этди.

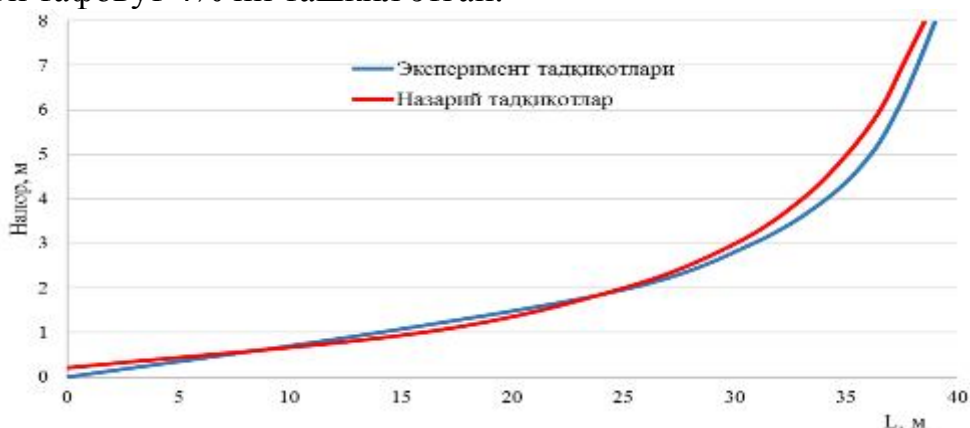
Учинчи босқичда замонавий ЭГДЎ усули ёрдамида иншоот заминида гидродинамик тўр қуриш орқали фильтрация оқимининг характеристикаси аниқланди, унга кўра икки қатлам учун натижалар умумлаштирилиб напор градиенти – 0,06, оқим тезлиги – 0,000058 м/с, солиштирма сув сарфи – 0,000193 м²/с ни ташкил этган. Олинган натижалар бўйича фильтрация оқимининг ўртача тезлиги ва солиштирма сув сарфининг напорга боғлиқлик графиклари қурилди (11-расм).



11-расм. Солиштирма сув сарфи ва фильтрация тезлигининг напорга боғлиқлик графиклари

Эксперимент тадқиқотларида олинган натижалар асосида иншоотнинг ясси ер ости контури мисолида заминдаги грунтлар қатламида фильтрация

оқимининг босими таъсири графиги қурилди ва (33) тенглама билан аниқланган натижалар билан солиштирилди (12-расм). Назарий ва эксперимент тадқиқотларида олинган натижалар яқин бўлиб, натижалар орасидаги тафовут 4% ни ташкил этган.



12-расм. $H = f(L)$ графиги

Эксперимент тадқиқотлар билан иншоотнинг қуйи бьефидаги грунт сувлари чиқишининг максимал градиент қийматлари боғланмаган грунтлар учун бир жинслимаслик коэффициентига боғлиқ ҳолда рухсат этилган градиент мезони асосида фильтрация мустаҳкамликка текширилди.

Натижада, паст босимли ГТИ заминида грунтнинг бўртиб чиқиши ходисаси вужудга келмаслиги исботланган ($J_{рух.эт}=0,1 > J=0,06$).

Диссертациянинг “**Юмшоқ грунтларда паст босимли гидротехника иншоотларини лойиҳалаш бўйича тавсиялар**” деб номланган олтинчи бобида паст босимли ГТИ заминларининг мустаҳкамлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижалари асосида қуйидаги тавсиялар ишлаб чиқилди:

а) Паст босимли бетонли ГТИ заминида оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлиги бўйича:

Бетонли иншоот заминида оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида ишлаб чиқилган хавфсизлик мезонларига асосан иншоотнинг лойиҳавий параметрларини сақлаган ҳолда иншоотнинг оғирлигини енгиллаштириш тадбирларидан фойдаланиш орқали заминдаги грунтли массага тушадиган иншоотнинг таъсирини камайтириш мумкин. Бу эса иншоот заминидаги грунтлар турғунлигини оширишга ва хавфсизлигини оширишга яхши самара беради.

Таклиф этилаётган усул иншоотнинг қурилишига кетадиган сарф-харажатларни ва замин грунтга тушадиган юкларни камайтиришга имкон беради. Заминда грунтли масса мавжудлигида паст босимли бетонли ГТИ турғунлигини таъминлашнинг математик модели ва иншоот оғирлигини енгиллаштириш орқали турғунликка текшириш ҳисоблари амалга оширилди.

б) Паст босимли бетонли ГТИ замини грунтларини яхшилаш бўйича:

Иншоотлар заминидаги мураккаб кўп қатламли грунтларнинг мустаҳкамлигини ошириш учун инъекция йўлидан фойдаланиш таклиф этилган. Полимер материаллардан фойдаланган ҳолда инъекция йўли билан

пунурнинг олдиға филътрацияға қарши пардалар қуриш орқали заминдаги грунтларнинг хусусиятларини бузмаган ҳолда мустаҳкамлигини таъминлаш яхши самара бериши мумкин. Иншоотлар заминини лойиҳалаштириш ва қуришда, фойдаланиш даврида хавфсизлигини таъминлашда таклиф этилаётган усулни ишлатишда техник соддалиги, қўлайлиги, атроф-муҳитга таъсири жуда кам, мураккаб жиҳозларни талаб қилмаслиги каби афзалликлари мавжуд. Умуман олганда, полимер материаллардан фойдаланган ҳолда филътрацияға қарши технологиялар юмшоқ грунтларда паст босимли ГТИ заминини лойиҳалаштириш ва қуришда қўлланишнинг истиқболли усулларида бири ҳисобланади.

Таклиф этилган усуллар асосида паст босимли ГТИни лойиҳалаштириш ва қуриш технологиялари (тайёргарлик тадбирлари, транспорт ва технологик жараёнлар, қурилиш-монтаж ишлари ва эксплуатация тадбирлари), паст босимли ГТИдан техник фойдаланиш қоидалари келтирилган. Иншоот оғирлигини енгиллаштириш усули орқали минимал харажатларни таъминлайдиган техник-иқтисодий ҳисоблар Маринкин каналининг бош сув олиш иншооти мисолида кўриб чиқилиб, кутиладиган йиллик иқтисодий самара 22% гача тежаш имконини берди.

ХУЛОСА

“Юмшоқ грунтларда паст босимли гидротехника иншоотлари заминларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш” мавзусидаги докторлик (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Эксплуатация қилинаётган Маринкин каналининг бош сув олиш бетонли иншооти заминининг хавфсизлигини кузатиб бориш имкониятини берадиган натура кузатувлари ўтказилди. Иншоотда биринчи ишга тушган йили лойиҳавий, кейин заминнинг чўкишини аниқлаш учун дастлабки ва такрорий геодезик ўлчов ишлари амалга оширилган. Геодезик ўлчовлар натижалари асосида кўрилаётган бетонли иншоот танасининг чўкиши бўйлама профили қурилган.

2. Заминда оқувчанлик хусусиятига эга грунтларни ҳаракатга келтирувчи кучлар миқдори аниқланди ва иншоотнинг оғирлиги ва сувнинг гидростатик босими таъсирида паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлигини баҳолаш мезонлари ишлаб чиқилган.

3. Заминда оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида статик юкламалар таъсирида бўладиган иншоот заминининг хавфсизлигини таъминловчи “тўғон-бир жинсли бўлмаган замин” тизимининг гидравлик модели ишлаб чиқилган. Бу эса юмшоқ грунтларда лойиҳаланадиган паст босимли ГТИ заминларига таъсир этадиган кучлар миқдорини аниқлаш имконини беради.

4. Паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлигини таъминлаш шартлари асосида иншоотнинг физик параметрларини сақлаган ҳолда бетонли иншоот оғирлигини енгиллаштириш орқали заминдаги грунтли массага тушадиган таъсирини ва грунтли массанинг ҳажмини камайтиришнинг техник ечимлари

олинган. Бу эса паст босимли ГТИ заминларини лойихалаштиришда иқтисодий жиҳатдан самарали ва ишончли муҳандислик ечимларни топиш, салбий оқибатларни бартараф қилиш табдирларини ишлаб чиқиш имконини беради.

5. Оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида иншоот оғирлиги ва гидростатик босим таъсирида паст босимли ГТИ заминининг турғунлигини ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган.

6. Кўп фазали суюқликлар ҳаракати модели асосида паст босимли ГТИ заминининг хавфсизлигини баҳолаш усуллари такомиллаштирилган. Такомиллаштирилган усул мураккаб кўп қатламли грунтларда фильтрация оқими натижасида фильтрация оқими тезлиги ва босими параметрларининг иншоот заминига таъсирини башорат қилиш имкониятини яратади.

7. Мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли ГТИ заминидagi фильтрация оқими тезлиги ва босими тақсимланиши қонунияти асосида фильтрация мустаҳкамлигини баҳолаш ҳисоблари такомиллаштирилган;

8. Гидродинамик сеткани қуриш орқали лойихаланадиган паст босимли ГТИ заминидagi фильтрация оқимининг характеристикаси (напор градиенти– 0,06, оқим тезлиги – 0,000058 м/с, солиштирма сув сарфи – 0,000193 м²/с) аниқланган ҳамда напор миқдорлари учун ўртача тезлиги ва солиштирма сув сарфи графиклари қурилган.

9. Паст босимли бетонли ГТИ заминидa оқувчанлик хусусиятига эга грунтлар мавжудлигида ишлаб чиқилган хавфсизлик мезонларига асосан иншоотнинг лойихавий параметрларини сақлаган ҳолда иншоотнинг оғирлигини енгиллаштириш усули тавсияси ишлаб чиқилган. Бу эса иншоотлар заминларининг мустаҳкамлигини таъминлаш, иншоотнинг қурилишига кетадиган сарф-харажатларни 10% гача камайтириш имконини яратади.

10. Мураккаб кўп қатламли грунтларда паст босимли бетонли ГТИ заминини яхшилашни инъекция йўли билан мустаҳкамлаш тавсияси ишлаб чиқилган. Усул иншоот заминидagi грунтлар турғунлигини оширишга ва хавфсизлигини таъминлашга, иншоот остидagi фильтрацияни камайтириш ва фильтрациянинг хавфли асоратларини бартараф қилишнинг ишончли ва иқтисодий жиҳатдан самарали технологик тадбирларни қўллаш имконини яратади.

11. Ишлаб чиқилган усуллар асосида паст босимли ГТИни лойихалаштириш ва қуришнинг минимал харажатларни таъминлайдиган техник-иқтисодий ҳисоблар амалга оширилган ва кутиладиган йиллик иқтисодий самара 22% гача тежаш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИРРИГАЦИИ И ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И
ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ**

ПАЛУАНОВ ДАНИЯР ТАНИРБЕРГЕНОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОСНОВАНИЙ
НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА
СЛАБЫХ ГРУНТАХ**

05.09.06-Гидротехническое и мелиоративное строительство

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

ТАШКЕНТ – 2021

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2020.2.DSc/T147.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета по адресу (www.ismiti.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный консультант: Махмудов Илхомжон Эрнатарович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Хужакулов Рустам
доктор технических наук, профессор
Эргашев Рустам Рахимович
доктор технических наук, профессор
Маликов Зафар Маматкулович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Ташкентский архитектурно-строительный институт

Защита диссертации состоится «16» 11 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.41/30.04.2021.T.131.01 при Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем. (Адрес: 100187, Ташкент, массив Карасу-4, П. Тел.: (99) 434-43-28, ismiti@minwater.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (регистрационный номер № 5). Адрес: 100187, Ташкент, массив Карасу-4, П. Тел.: (99) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz.

Автореферат диссертации разослан «19» 10 2021 года.
(реестр протокола рассылки № 3 от «19» 10 2021 года).



[Signature]
М.Р. Икрамова
председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

[Signature]
У.А. Садиев
заместитель научного совета по присуждению
ученых степеней, PhD, старший научный сотрудник

[Signature]
О.Я. Гловацкий
председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Применение эффективных и экономичных технологий при проектировании, строительстве и эксплуатации низконапорных гидротехнических сооружений (ГТС) является одним из ведущих в мире. «Учитывая наличие 750 тыс. низконапорных ГТС по всему миру»¹, проектирование и строительство, обеспечение безопасности и устойчивости при эксплуатации низконапорных ГТС на слабых грунтах требует внедрения новых усовершенствованных методов. В связи с этим важна разработка эффективных методов проектирования и строительства оснований низконапорных ГТС на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями, повышение их устойчивости и обеспечение безопасности при эксплуатации, использование эффективных и экономичных технологий по укреплению грунтов основания.

В мире проводятся исследования по изучению разрушений, аварий и отказов низконапорных ГТС, выявлению и предотвращению их причин, проектированию и строительству, обеспечению безопасности при эксплуатации, разработке новых научно-технических решений для повышения прочности оснований. В связи с этим, особое внимание уделяется совершенствованию действующих нормативно-правовых документов по проектированию и строительству оснований низконапорных ГТС, разработке новых методов расчета, внедрению эффективных и экономичных технологических приемов, отвечающих современным требованиям к проектированию сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, повышению прочности и обеспечению безопасности оснований при эксплуатации.

В республике осуществляются широкомасштабные по объему меры по проектированию низконапорных ГТС, строящихся на слабых грунтах, продлению срока службы их при эксплуатации, снижению ущерба от поломок и отказов, а также разработке критериев безопасности и технологических приемов по повышению устойчивости оснований. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годах поставлены задачи по «... сокращению энергоемкости и ресурсоемкости, развитию мелиоративных и ирригационных объектов для повышения конкурентоспособности национальной экономики, широкому внедрению в производство энергосберегающих технологий»². При реализации данных задач особое значение имеет проведение научно-исследовательских работ, направленных на продление и обеспечение безопасности низконапорных ГТС на слабых грунтах при эксплуатации в период дефицита водных ресурсов, а также разработка эффективных и

¹ <https://www.icold-cigb.org>

² Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

экономических методов проектирования и строительства оснований сооружений на основе учета напряженно-деформированного состояния.

Исследования, выполненные в рамках настоящей диссертации, в определенной степени служат выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан «О безопасности гидротехнических сооружений» от 20 августа 1999 года, в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 10 июля 2020 года УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы», «О Государственной программе по развитию региона Приаралья на 2017-2021 годы», от 27 ноября 2017 года ПП-3405 «О Государственной программе развития ирригации и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2018-2019 годы», в Постановлении Кабинета Министров от 29 августа 2015 года №255 «О Комплексной программе мер по смягчению последствий Аральской катастрофы, восстановлению и социально-экономическому развитию региона Приаралья на 2015-2018 годы», также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Обзор зарубежных исследований по теме диссертации³. В настоящее время ведущие научные центры и университеты мира работают над проектированием, строительством, повышением устойчивости и обеспечением безопасности при эксплуатации низконапорных ГТС и их оснований, в том числе Институт почвоведения Академии наук Китая, Государственная лаборатория гидрологии, водных ресурсов и гидротехники при университете Хохана, Институт проектирования и планирования гидроэнергетики и водных ресурсов Пекина (Китай), Инженерный факультет Айн-Шамского университета (Египет), School of Engineering of Melbourne (Австралия), Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics, Columbia University, Department of Civil Environmental and Architectural Engineering, University of Colorado (США), Institute of Water and Environmental Engineering, Valencia (Испания), Induk Institute of Technology (Южная Корея), Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Московский государственный строительный университет, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е.Веденеева, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова, Московский

³ Обзор по теме диссертации выполнен на основе зарубежных <https://www.scopus.com/>; <https://www.springer.com/>; <https://www.scienceproblems.ru/>; <https://scholar.google.com/>; <https://www.sciencedirect.com> и других источников.

государственный институт природообустройства, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений им. Н.М.Герсеванова (Россия), Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Таджикистана, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкентский архитектурно-строительный институт, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (Узбекистан).

В рамках реализуемых в мире научных исследований в области проектирования, строительства и эксплуатации, повышения устойчивости и обеспечения безопасности ГТС достигнуты в определенной степени положительные результаты, в том числе: разработана важная инфраструктура надежности, риска и устойчивости плотин при проектировании (Department of Civil Environmental and Architectural Engineering, University of Colorado), разработана эффективная система управления безопасностью плотин, состоящая из данных о плотинах и водохранилищах, гидрологической информационной системы, полевого наблюдения, мониторинга землетрясений, системы мониторинга, системы оценки безопасности (Induk Institute of Technology), разработана модель эпистемической неопределенности в управлении рисками безопасности плотины (Institute of Water and Environmental Engineering, Valencia), на основе теории анализа рисков разработана модель снижения рисков при совместном воздействии ветровых волн, которая учитывает наводнения, ветровые волны, уменьшение объема воды в водохранилище и сток паводков (Институт почвоведения Академии наук Китая), изучено напряженно-деформированное состояние оснований бетонной плотины (Институт проектирования и планирования гидроэнергетики и водных ресурсов Пекина), разработана модель расчета фильтрации через однородные грунтовые плотины (Египет), разработаны расчеты и научные основы проектирования, строительства, также надежной и безопасной эксплуатации инженерных, гидротехнических и природоохранных сооружений, строительства ГТС, сетевая система для мониторинга и наблюдения безопасности ГТС, меры по предупреждению и ликвидации аварий (Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е.Веденеева, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Самарский государственный архитектурно-строительный университет), разработаны современные подходы к строительству, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет), разработаны методы обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, проведены исследования на модели крупного масштаба проектируемых и существующих ГТС, исследованы строительство, эксплуатация и аварии различных ГТС в крупных масштабах, разработаны методы расчета фильтрации в теле и основании грунтовых

плотин (Московский государственный строительный университет, Московский государственный институт природообустройства), разработаны научные основы проектов деклараций безопасности ГТС проектирования, строительства и эксплуатации, реконструкции и автоматизации ГТС в целях гидромелиорации (Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова), разработаны меры по выбору, повышению прочности и устойчивости оснований и конструкции подземных сооружений (Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений им. Н.М.Герсеванова).

В мире ведутся ряд исследований в области проектирования, строительства и эксплуатации ГТС, повышения устойчивости и обеспечения безопасности, совместной работы сооружений с основанием, совершенствования разработанных мер для учета напряженно-деформированного состояния. В том числе проводятся исследования по следующим приоритетным направлениям: проблемы проектирования и строительства ГТС и их оснований, техническое обслуживание и эксплуатация, проблемы, связанные с управлением ГТС, экологические аспекты проектирования ГТС, оценка риска безопасности при эксплуатации ГТС, процессы фильтрационных деформаций в теле и основании ГТС, повышение устойчивости путем искусственного закрепления грунтов основания ГТС, разработка эффективных и ресурсосберегающих технологий при проектировании оснований ГТС.

Степень изученности проблемы. Вопросам проектирования и строительства низконапорных ГТС, повышения устойчивости и обеспечения безопасности при их эксплуатации занимались ряд ученых, как в нашей стране, так и зарубежом среди которых: Antonio dos Anjos Luis, Pedro Cabral, Christopher J. Sandt, Martin W. Doyle, Colm M. Casserly, Jonathan N. Turner, Jesung Jeon, Jongwook Lee, Jie Yang, Xudong Qu, MEI Guodong, Mohammad Amin Hariri-Ardebili, Mo Chongxun, Liu Fanggui, Piroz Zamankhan, Shao-wei Wang, Ying-li Xu, Siacara A.T., Napa-Garcia G.F., В.В.Малаханов, М.И.Бальзанников, В.А.Волосухин, В.Я.Жарницкий, Г.М.Каганов, В.И.Волков, Ф.В.Матвеенков, А.А.Михасек, Х.А.Аскараров, Н.Т.Кавешников, Е.В.Андреев, В.М.Ларьков, Е.Д.Михайлов, И.А.Серисова, В.Л.Снежко, З.А.Курбанова, В.Н.Щедрин, Г.Л.Гладков, Ю.М.Косиченко, А.В.Глотко, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Е.Курбанбаев, И.К.Аимбетов и другие исследователи.

Анализ технического состояния эксплуатируемых низконапорных грунтовых ГТС, их ремонтно-восстановительные работы, разработка мер безопасности путем повышения эксплуатационной надежности отражены в работах Shao-wei Wang, Ying-li Xu, MEI Guodong, A.T.Siacara, G.F.Napa-Garcia, М.И.Балзанникова, В.А.Волосухина, В.Я.Жарницкого, Ф.В.Матвеевкова, А.А.Михасека, М.В.Родионова. Вопросы совершенствования нормативно-технической базы при проектировании, строительстве и эксплуатации низконапорных ГТС при отсутствии проектной документации, разработка методов оценки технического

состояния и уровня безопасности представлены в работах Jesung Jeon, Jongwook Lee, Г.М.Каганова, В.И.Волкова, В.Н.Щедрина, Г.Л.Гладкова. Разработка новых методов расчета проектирования и эксплуатации речных низконапорных комплексных гидроузлов на основе теоретических и экспериментальных исследований, а также натуральных наблюдений представлена в работах Antonio dos Anjos Luis, Pedro Cabral, Н.Т.Кавешникова, Е.В.Андреева. Факторы, влияющие на проектирование и строительство низконапорных ГТС на нескальных грунтах, на надежность и безопасность при эксплуатации, образование плавунных свойств в грунтах и ее влияние на сооружение, представлены в работах М.Р.Бакиева, Э.Ж.Махмудова, Е.Курбанбаева, И.К.Аимбетова.

Несмотря на многолетние масштабные исследования, проведенные на сегодняшний день в сложных инженерно-геологических условиях республики, проектирование и строительство оснований, исследование напряженно-деформированного состояния и фильтрационных деформаций в сложных многослойных грунтах, разработка эффективных и экономичных технологий для повышения устойчивости, совершенствование методов обеспечения безопасности низконапорных ГТС недостаточно изучены.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем по темам: А-7-219 “Разработка научно-методической основы оценки и мер по обеспечению безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений” (2006-2008), ФА-А-7-Т057 “Разработка методов оценки аккумулирующей способности водохранилищ для повышения водообеспеченности территории Республики Узбекистан” (2009-2011), ҚХАЁ-7-001 “Критерии для оценки безопасности оснований низконапорных плотин с учетом влияния динамических воздействий” (2014-2015), ҚХАЁ-7-001-2016 “Разработка технологических мер по повышению устойчивости оснований низконапорных плотин на слабых грунтах” (2016-2017), ҚХ-А-ҚХ-2018-281 “Разработка норм по оценке категорий риска (опасности) эксплуатируемых гидротехнических сооружений” (2018-2020).

Целью исследований является совершенствование методов расчета оснований низконапорных ГТС, проектируемых и возводимых в сложных инженерно-геологических условиях.

Задачи исследований:

оценка безопасности оснований низконапорных ГТС при наличии грунтов с текучей способностью при статических нагрузках;

совершенствование методов расчета оснований низконапорных ГТС при наличии грунтов с текучей способностью при статических нагрузках;

совершенствование методов расчета оснований низконапорных ГТС на сложных многослойных грунтах под действием веса сооружения и гидростатического давления воды;

совершенствование методов расчета фильтрационного потока в основании низконапорных ГТС на сложных многослойных грунтах с использованием методов расчета движения многофазных жидкостей;

проведение экспериментальных исследований по установлению фильтрационной прочности в основаниях сооружений на сложных многослойных грунтах;

разработка рекомендаций по применению эффективных и экономичных технологий при проектировании оснований низконапорных ГТС на слабых грунтах.

Объектом исследований являются проектируемые на территории республики и эксплуатируемые низконапорные ГТС при Приаральском дельтовом управлении на слабых грунтах.

Предметом исследований являются свойства слабых грунтов и их влияние на условия проектирования и строительства, мероприятия по повышению устойчивости и обеспечению безопасности при эксплуатации низконапорных ГТС на слабых грунтах.

Методы исследований. В процессе исследований использованы теоретические методы расчета деформаций оснований слабых грунтов, общепринятые методы экспериментальных исследований, математическое моделирование и его численные решения, применены методы в проектировании и строительной практике.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

разработаны критерии оценки безопасности оснований низконапорных ГТС при статических нагрузках и величина сил, движущегося грунтов с текучей способностью в основании;

разработана гидравлическая модель системы «плотина-неоднородное основание» при наличии грунтов с текучей способностью в основании;

разработаны методы расчета по обеспечению безопасности оснований низконапорных ГТС под действием веса сооружения и гидростатического давления воды;

усовершенствованы методы оценки безопасности основания низконапорных ГТС на основе модели движения многофазных жидкостей;

усовершенствованы расчеты оценки фильтрационной прочности на основе закономерности распределения скоростей и давления фильтрационного потока в основаниях низконапорных ГТС на сложных многослойных грунтах;

разработана программа расчета устойчивости оснований низконапорных ГТС под действием веса сооружения и гидростатического давления воды;

разработаны рекомендации по применению эффективных и экономичных технологий проектирования основания низконапорных ГТС на слабых грунтах.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработаны гидравлическая модель, основанная на определении движения грунтов с текучей способностью в основании сооружений и

критерии безопасности при проектировании и строительстве основания низконапорных ГТС;

усовершенствованы методы расчета проектирования и строительства оснований низконапорных ГТС на основе результатов напряженно-деформированного состояния при наличии грунтов с текучей способностью в основании;

усовершенствованы методы обеспечения прочности и фильтрационной устойчивости оснований низконапорных ГТС, требуемые проектом с целью повышения несущей способности основания для уплотнения и закрепления сложных многослойных грунтов в основаниях сооружений;

разработаны рекомендации по применению эффективных и экономичных технологий при проектировании и строительстве оснований низконапорных ГТС на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований объясняется тем, что разработка теоретических решений основана на общепринятых физических законах и апробированных математических методах, теоретические результаты сравнены с результатами практических исследований и с данными, полученными другими учеными.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в совершенствовании методов проектирования и строительства оснований низконапорных ГТС на слабых грунтах на основе разработки модели системы «плотина-неоднородное основание» при статических нагрузках, повышении устойчивости и обеспечении безопасности основания при эксплуатации, установлении фильтрационной прочности оснований сооружения с использованием методов расчета движения многофазных жидкостей, совершенствовании методов расчета и алгоритма решения модели.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что методические подходы к проектированию и строительству оснований низконапорных ГТС на слабых грунтах позволяют разрабатывать эффективные и экономичные технологии повышения прочности грунтов оснований. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании оснований низконапорных ГТС на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями.

Внедрение результатов исследований. На основе результатов исследований по проектированию и строительству, обеспечению безопасности при эксплуатации низконапорных ГТС на слабых грунтах:

гидравлические методы оценки безопасности оснований низконапорных ГТС по проектированию, строительству и их эксплуатацию на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями внедрены в Государственную инспекцию «Госводхознадзор» (справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан № 03/27-2446 от 24.08.2021 года). В результате появилась возможность определить величину

сил, действующих на основе низконапорных сооружений, запроектированных на слабых грунтах;

результаты напряженно-деформированного состояния оснований низконапорных ГТС при статических нагрузках, учитывающих все расчеты по сопряжению сооружения с основанием, обеспечивающие устойчивость сооружения и прочность основания в сложной геологической структуре грунтов внедрены в Государственную инспекцию «Госводхознадзор», технологические приемы повышения устойчивости грунтов основания путем разработки и реализации в практику эффективных и экономичных технологических мер при проектировании и строительстве оснований низконапорных ГТС на слабых грунтах внедрены в Нижнедарьинском управлении БВО «Амударья» (справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан № 03/27-2446 от 24.08.2021 года). В результате представленные расчеты позволили повысить надежность и эффективность проектируемых низконапорных ГТС.

расчеты повышения прочности оснований низконапорных ГТС на сложных многослойных грунтах с использованием неравномерной нагрузки сооружения из-за наличия слоистости, образования линз, изменения характеристик деформируемости грунта по глубине и в плане грунтов основания сооружений внедрены в Приаральском дельтовом управлении (справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан № 03/27-2446 от 24.08.2021 года). В результате появилась возможность разработки мер по определению экономически эффективных и надежных инженерных решений оснований низконапорных ГТС и устранению негативных последствий для неоднородных грунтов;

расчеты фильтрационной прочности оснований низконапорных ГТС для обеспечения требуемой проектом водопроницаемости и фильтрационной прочности с целью повышения несущей способности оснований для укрепления сложных многослойных грунтов в основаниях сооружений внедрены в Приаральском дельтовом управлении (справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан № 03/27-2446 от 24.08.2021 года). В результате появилась возможность укрепления грунтов оснований низконапорных ГТС, снизить фильтрацию под сооружением и использовать надежные и экономически эффективные технологические меры для устранения опасных осложнений фильтрации, снизить затраты на 10%.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований обсуждены на 18 международных и 8 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 54 научных работ, из них 1 монография, 14 научных статей, в том числе 8 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Получено 1 авторское свидетельство на научную работу Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 197 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений в практику результатов исследования, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Анализ изученности проблемы проектирования, строительства и эксплуатации низконапорных гидротехнических сооружений»** приведены анализ работ по проектированию, строительству и обеспечению безопасности при эксплуатации низконапорных ГТС, влиянию слабых грунтов на строительство низконапорных ГТС.

Представлен анализ научно-исследовательских работ по обеспечению безопасности и повышению устойчивости эксплуатируемых низконапорных грунтовых ГТС Shao-wei Wang, Ying-li Xu, MEI Guodong, A.T.Siacara, G.F.Nara-Garcia, М.И.Бальзанникова, В.А.Волосухина, В.Я.Жарницкого, Ф.В.Матвеевкова, А.А.Михасека, М.В.Родионова и многих других ученых. Разработаны научно-обоснованные решения и мероприятия по обследованию и анализу технического состояния низконапорных грунтовых ГТС, своевременному проведению ремонтно-восстановительных работ, укреплению нижних откосов, повышению эксплуатационной надежности.

Из-за недостатка нормативных документов и методик расчета по проектированию, строительству и эксплуатации низконапорных ГТС вопросы совершенствования действующей нормативно-технической базы, разработки методов оценки технического состояния и безопасности сооружений освещены в научно-исследовательских работах многих ученых, таких как Jesung Jeon, Jongwook Lee, Г.М.Каганов, В.И.Волков, В.Н.Щедрин, Г.Л.Гладков.

Научно-исследовательские работы Antonio dos Anjos Luis, Pedro Cabral, Н.Т.Кавешникова, Е.В.Андреева, И.А.Серисова посвящены разработке новых методов и рекомендаций по расчетам проектирования низконапорных ГТС и их эксплуатации на основе теоретических и экспериментальных исследований, а также натуральных наблюдений. Разработка и внедрение облегченных конструкций водопроводящих сооружений, существенно удешевляющих строительство и объем материалов в области гидротехники и

мелиорации отражено в работах В.М.Ларкова, Ю.М.Косиченко и К.В.Морогова.

Проектирование, строительство и повышение надежности при эксплуатации низконапорных ГТС на не скальных основаниях республики, факторы, влияющие на безопасность, образование пльвунных свойств в грунтах и ее влияние на строительство представлены в научно-исследовательских работах М.Р.Бакиева, Э.Ж.Махмудова, Е.Курбанбаева, И.К.Аимбетова.

Одной из наиболее сложных проблем в условиях Центральной Азии, в том числе на территории нашей республики является возведение низконапорных ГТС на слабых грунтах, обеспечение их прочности и устойчивости в процессе эксплуатации. Строительство в таких грунтах представляют значительные трудности для проектировщиков и строителей, поскольку такие грунты характеризуются низкой прочностью и большой сжимаемостью при водонасыщении. Поэтому в фундаментостроении перед ведущими учеными и специалистами возникает проблема экономии трудовых и материальных ресурсов при качественной подготовке оснований и устройства фундаментов сооружений. Ранее геологи считали непригодными для строительства ГТС в таких регионах, из-за роста населения и обеспечения их устойчивыми водными ресурсами необходимо строительство новых ГТС.

На сегодняшний день несмотря на важность проблемы борьбы со слабыми грунтами отсутствуют разработанные и признанные методы расчета по подготовке оснований и строительству фундаментов низконапорных ГТС. Вопросы проектирования и строительства основания низконапорных ГТС в сложных инженерно-геологических условиях, применения эффективных мер по обеспечению безопасности и повышению устойчивости недостаточно изучены. На основе проведенного анализа определены цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Натурные исследования по определению деформации оснований низконапорных гидротехнических сооружений»** приведены результаты натурных исследований по определению деформации оснований сооружения на исследовательском объекте.

Натурные исследования по определению деформации оснований сооружения, позволяющей наблюдать безопасность эксплуатируемых низконапорных ГТС проводились на головном водозаборе канала Маринкин. При определении осадки сооружения использовался метод геометрического нивелирования и для наблюдения за осадками были намечены 10 точек по левому берегу и 9 точек по правому берегу гидроузла. Высоты осадочных марок определялись относительно фундаментальных реперов. При проведении геодезических измерений был использован нивелир 2Н-10Л, предназначенный для нивелирования при обосновании топографических съемок, инженерно-геодезических изысканий. Перед производством работ

выполнены исследования и поверки инструментов согласно, нормативных документов.

В 1994 году введен в эксплуатацию головной водозабор канала Маринкин и проведены первые геодезические работы. В 2014-2015 годах проводились исследовательские работы по проверке технического состояния и определению деформации основания сооружений.

По полученным результатам нивелирования на исследовательском объекте в первый год эксплуатации проектных, первичных и повторных геодезических измерений построен продольный профиль осадки тела бетонного сооружения (рис. 1).

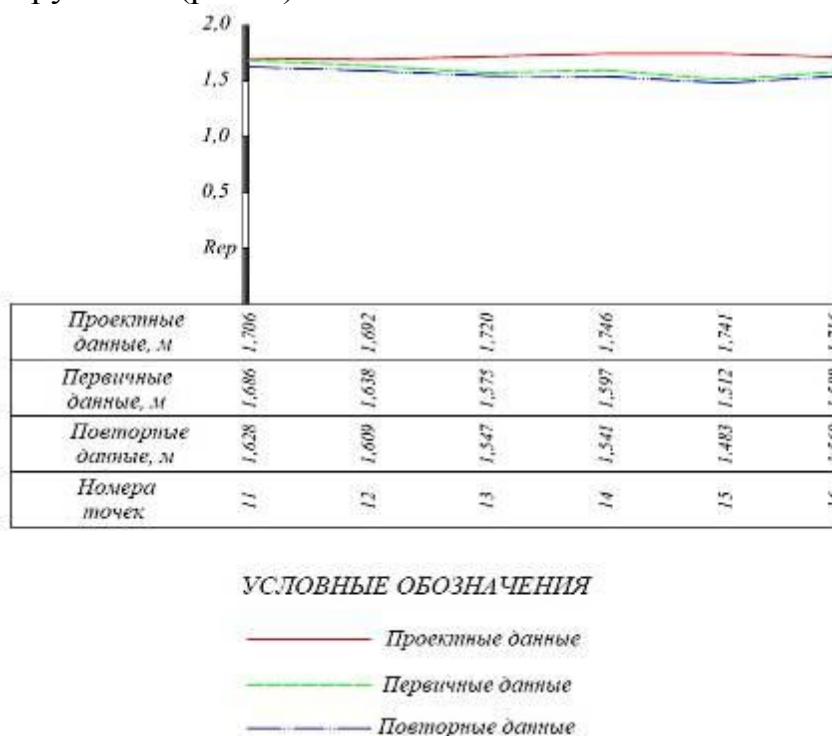


Рис. 1. Продольный профиль осадки тела бетонного сооружения

По полученным результатам геодезических измерений средняя осадка тела рассматриваемого эксплуатируемого бетонного сооружения составила 0,21 м.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Оценка безопасности оснований низконапорных гидротехнических сооружений при наличии грунтовой массы**» приведены критерии обеспечения безопасности основания сооружения путем определения величины движения грунтовой массы в основании низконапорных ГТС и проведения численных экспериментов.

Используя задачу штампа под действием веса сооружения и гидростатического давления воды (рис. 2), уравнение движения грунтовой массы объемом $W_{II} = l_0 hb$ и длиной $l(t) = l_0 + l'(t)$ в основании низконапорных бетонных ГТС записано в следующем виде:

$$\frac{1}{2} \rho_r l(t) b h \frac{d^2 l(t)}{dt^2} = b h \rho_s (H_1 - H_2) g - f_{mp} p_{yy} b L - (L - l(t)) \rho_r b h g - \rho_r l_k h_k g b - \tau_{xy} b L \quad (1)$$

где: ρ_6, ρ_Γ - соответственно плотности воды и грунтовой массы.

Предполагается, что водонасыщенный грунт полностью не сжимается и в левой части уравнения (1) положено $l(t) \approx l_0$ и уравнение (1) выглядит следующим образом:

$$\frac{l(t)}{2} \frac{d^2 l(t)}{dt^2} = g \left[l(t) + \frac{\rho_6}{\rho_\Gamma} (H_1 - H_2) - f_{mp} \frac{p_{xy} L}{\rho_\Gamma g h} - (L - l_k) - \frac{\tau_{xy} L}{\rho_\Gamma g h} \right] \quad (2)$$

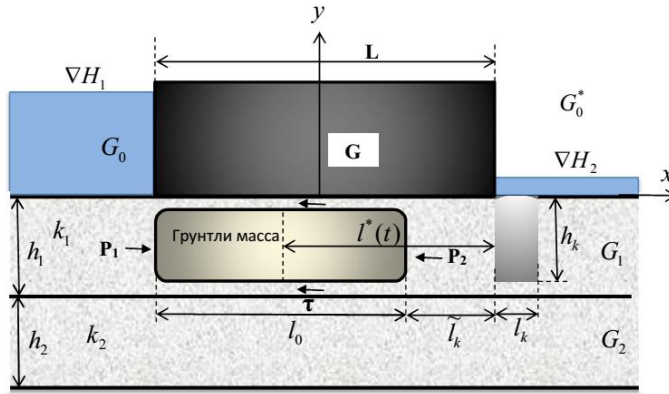


Рис. 2. Модель для определения движения грунтовой массы в основании сооружения

Для облегчения решения задачи введены безразмерные величины в следующем виде: $\tau, l(t),$

$$l(t) = l_0 \hat{l}(t), \quad t = \sqrt{\frac{l_0}{g}} \hat{\tau}, \quad L = l_0 \hat{L}, \quad l_k = l_0 \hat{l}_k,$$

$$h = l_0 \hat{h}, \quad H_1 = l_0 \hat{H}_1, \quad H_2 = l_0 \hat{H}_2, \quad y = l_0 \hat{y},$$

$$p(y) = \rho_\Gamma V_0^2 \hat{p}, \quad \rho_\Gamma = \frac{m}{l_0^3} \hat{\rho}_\Gamma, \quad \rho_6 = \frac{m}{l_0^3} \hat{\rho}_6,$$

$$g = \frac{l_0}{t^2} \hat{g}, \quad \tau_{xy} = \frac{F}{l_0^2} \hat{\tau}_{xy}.$$

Тогда уравнение (2) запишется следующим образом:

$$\frac{\hat{l}}{2} \frac{d^2 \hat{l}}{d\hat{\tau}^2} = \hat{l} + \frac{\hat{\rho}_6}{\hat{\rho}_\Gamma} (\hat{H}_1 - \hat{H}_2) - f_{mp} \frac{1}{Sh^2} \frac{\hat{p}\hat{L}}{\hat{g}\hat{h}} - \hat{L} - \hat{l}_k - Ne \frac{\hat{\tau}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho}_\Gamma \hat{g}\hat{h}} \quad (3)$$

Для облегчения уравнения (3) записано в следующем виде:

$$\frac{d^2 \hat{l}}{d\hat{\tau}^2} = 2 + \frac{2}{\hat{l}} \frac{\hat{\rho}_6}{\hat{\rho}_\Gamma} (\hat{H}_1 - \hat{H}_2) - f_{mp} \frac{1}{Sh^2} \frac{2}{\hat{l}} \frac{\hat{p}\hat{L}}{\hat{g}\hat{h}} - \frac{2\hat{L}}{\hat{l}} - \frac{2\hat{l}_k}{\hat{l}} - Ne \frac{2}{\hat{l}} \frac{\hat{\tau}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho}_\Gamma \hat{g}\hat{h}} \quad (4)$$

Члены уравнения (4) записаны в следующем виде:

$$D_1 = \frac{2}{\hat{l}_0} \frac{\hat{\rho}_6}{\hat{\rho}_\Gamma} (\hat{H}_1 - \hat{H}_2) - f_{mp} \frac{1}{Sh^2} \frac{2}{\hat{l}_0} \frac{\hat{p}\hat{L}}{\hat{g}\hat{h}} \quad \text{и} \quad D_2 = \frac{2}{\hat{l}} (\hat{L} + \hat{l}_k) \quad (5)$$

где: D_1 - величина сил, движущейся грунтовой массы; D_2 - величина сил реакции, действующих на движение грунтовой массы.

Последний член уравнения (4) обозначен в следующем виде:

$$a_0 = 2 \left[1 - Ne \frac{1}{\hat{l}} \frac{\hat{\tau}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho}_\Gamma \hat{g}\hat{h}} \right] \quad (6)$$

Полученное данное уравнение представляет собой критерий безопасности основания низконапорных ГТС при наличии грунтов с текучей способностью. Физическая сущность данного критерия безопасности заключается в том, что наличие грунтов с текучей способностью позволяет изменять нагрузку на основание сооружения, т.е. изменение величины гидростатического давления воды при сохранении веса сооружения или изменение величины веса сооружения при сохранении гидростатического давления воды.

После обозначения всех членов уравнение (4) имеет следующий вид:

$$\frac{d^2 \hat{l}}{d\hat{\tau}} = D_1 - D_2 + a_0 \quad (7)$$

Для решения уравнения (7) введена функция следующего вида:

$$\hat{l}(\hat{\tau}) = \frac{1}{\lambda^2} l^{\lambda \tau} \quad (8)$$

Поставляя уравнение (8) в уравнение (7) получено следующее характеристическое уравнение:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \ln(D_1 - D_2 + a_0) \quad (9)$$

Решая вместе уравнения (9) и (8), решение уравнения (7) имеет следующий вид:

$$\hat{l}(\hat{\tau}) = \frac{\tau^2}{\ln(D_1 - D_2 + a_0)} \quad (10)$$

т.е. получено уравнение, выражающее траекторию движения (или перемещения) деформируемой грунтовой массы.

Принимая во внимание модуль Юнга, который представляет собой процесс поперечной и продольной деформации основания сооружения при различных силах, использован модуль сдвига (\bar{G}), чтобы учесть смещение деформируемой грунтовой массы под действием веса сооружения:

$$\bar{G} = \frac{E}{2(1 + \sigma)} \quad (11)$$

где: σ – коэффициент Пуассона, $\sigma = \left| \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right|$; соответственно относительные продольные ε_1 и относительные поперечные ε_2 деформации.

На основе выражений (10) и (11) получено уравнение, представляющее изменение высоты деформируемой грунтовой массы:

$$\Delta h_k = \frac{1}{2} \frac{\Delta d \cdot l \cdot F \cdot h_k}{S \cdot \bar{G} \cdot \left(\Delta d \cdot \frac{\hat{\tau}^2}{\ln(D_1 - D_2 + a_0)} + \Delta l \cdot l \right)} \quad (12)$$

Численные решения уравнения (12) на основе результатов натуральных исследований и геометрических параметров исследуемого объекта показаны на рис. 3, график сравнения результатов натуральных исследований на рис. 4. При сравнении результатов с использованием методов статистической обработки погрешность в среднем составляла 3,5%.

Предполагая, что члены в правой части уравнения (7) представляют собой стохастические процессы, можно записать силы, действующие на грунтовую массу в основании сооружений и ее динамическое состояние с помощью вероятностных параметров в следующем виде:

$$L\hat{l} = D_1 - D_2 + a_0 \quad (13)$$

где: $L = \frac{d^2}{d\tau^2}$ - оператор.

Предположим, что существует обратный оператор L^{-1} к оператору L . Для этого из уравнения (13) получено следующее уравнение:

$$\hat{l} = L^{-1}(D_1 - D_2 + a_0) \quad (14)$$

где: $L^{-1}(D_1 - D_2 + a_0) = \int G(\tau, \xi)(D_1 - D_2 + a_0)d\tau$.

где: $G(\tau, \xi)$ - функция Грина. В результате получено:

$$\hat{l} = \int G(\tau, \xi)(D_1 - D_2 + a_0)d\tau \quad (15)$$

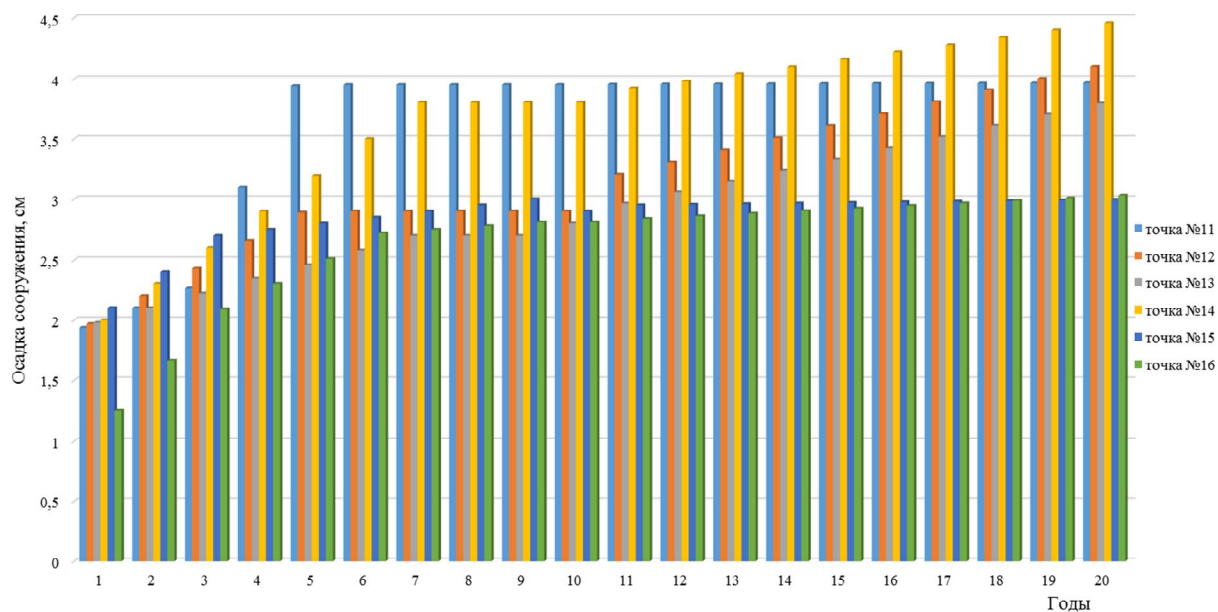


Рис 3. Осадка сооружения под действием нормальных сил при наличии грунтовой массы

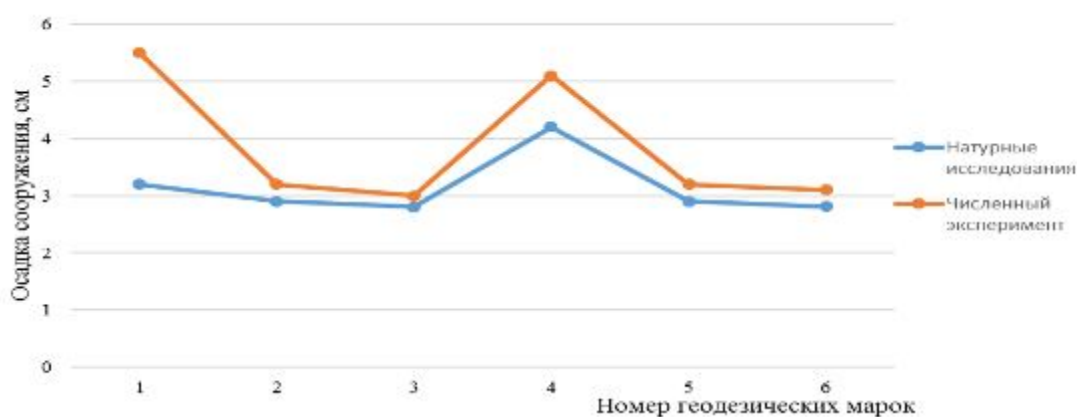


Рис. 4. График сравнения результатов численных решений и натуральных исследований

Для проведения численного эксперимента уравнения (15) необходимо найти ядро динамической системы (стохастическую функцию Грина) под действием стохастических параметрических факторов.

Для этого при начальных условиях $\hat{l}(0) = \hat{l}(a_0) = 0$ функция $G(\tau, \xi)$ имеет вид

$$\frac{d^2 G}{d\tau^2} = E(\tau, \xi) \quad (16)$$

и предположив, что $G(0, \xi) = G(a_0, \xi) = 0$ удовлетворяет начальным условиям, получены следующие условия для этих выражений для функции Грина:

$$G(\tau, \xi) = \begin{cases} \frac{\tau(\xi - a_0)}{a_0}, & D_1 > D_2 \\ \frac{\xi(\tau - a_0)}{a_0}, & D_1 < D_2 \\ a_0, & D_1 = D_2 \end{cases} \quad (17)$$

Следовательно, если выполняется условие $D_1 > D_2$

$$\hat{l} = \int \frac{\tau(\xi - a_0)}{a_0} [D_1 - D_2 + a_0] d\tau \quad (18)$$

если выполняется условие $D_1 < D_2$

$$\hat{l} = \int \frac{\xi(\tau - a_0)}{a_0} [D_1 - D_2 + a_0] d\tau \quad (19)$$

Если выполняется условие $D_1 = D_2$

$$\hat{l} = \int a_0 [D_1 - D_2 + a_0] d\tau \quad (20)$$

Результат численного решения уравнения (18) приведен на рис. 5. Как видно из графика, движение грунтовой массы в основании исследуемого объекта достигающего за 10 часов в нижний бьеф отражает состояние выпора грунта в основании сооружения, это в дальнейшем может привести к разрушению сооружения. В следующих случаях грунтовая масса в основании сооружений сдвигаясь, соответственно, до 12 метров за 11 часов показало прекращение движения грунтовой массы. Эти обстоятельства показывает, что обеспечивалась безопасность основания сооружений.

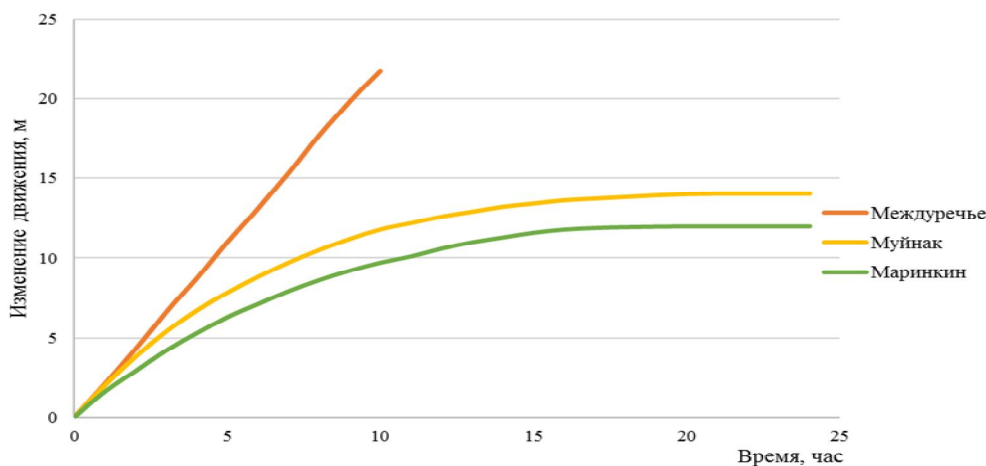


Рис. 5. Движение грунтовой массы зависит от времени при условии $D_1 > D_2$

Результат численного решения уравнения (19) показан на рис. 6. Было отмечено, что грунтовая масса в основании исследуемых объектов за 11 часов сдвинулась на 6,5 и 4 метра соответственно, после чего движение грунтовой массы прекратилось. В этих случаях обеспечивалась безопасность основания сооружений.

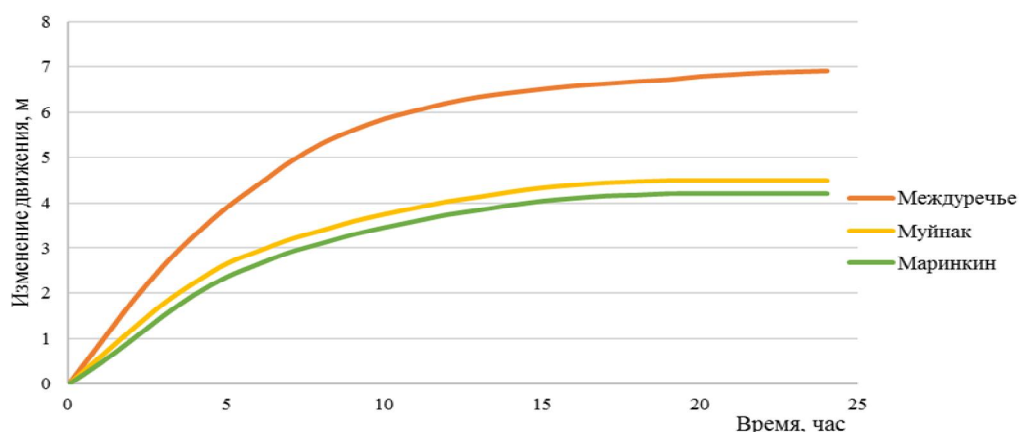


Рис. 6. Движение грунтовой массы зависит от времени при условии $D_1 < D_2$

Результат численного решения уравнения (20) показан на рис. 7. Было отмечено, что грунтовая масса в основании исследуемых объектов за 6-7 часов переместилась на 2 метра, после чего движение грунтовой массы прекратилось. В этих случаях обеспечивалась безопасность основания сооружений.

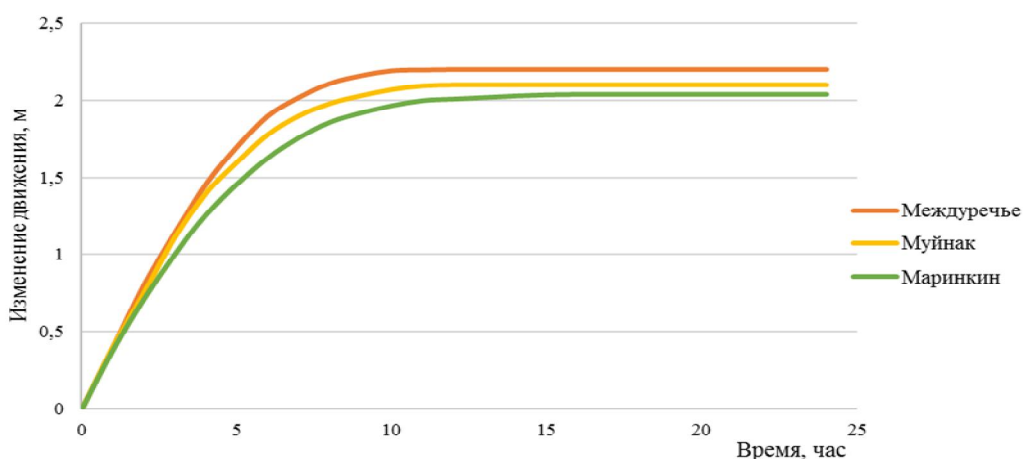


Рис. 7. Движение грунтовой массы зависит от времени при условии $D_1 = D_2$

Согласно строительным нормам и правилам, при проектировании оснований сооружений на грунтах, не отвечающих строительным требованиям, указано, что для повышения прочности основания необходимо его удаление или замена слабых грунтов в процессе строительства. Такие технологические меры приводят к увеличению объемов производства работ и стоимости сооружения.

Поэтому, меры по облегчению веса сооружения с использованием местных материалов при сохранении проектных параметров сооружения в соответствии с условиями критерия безопасности, в последние годы широко внедряются в практику гидротехнического строительства. Используя эти меры, приведены численные экспериментальные исследования по результатам рис. 5, за счет уменьшения воздействия сооружения на грунтовую массу в основании сооружения, результаты показаны на рис. 8.

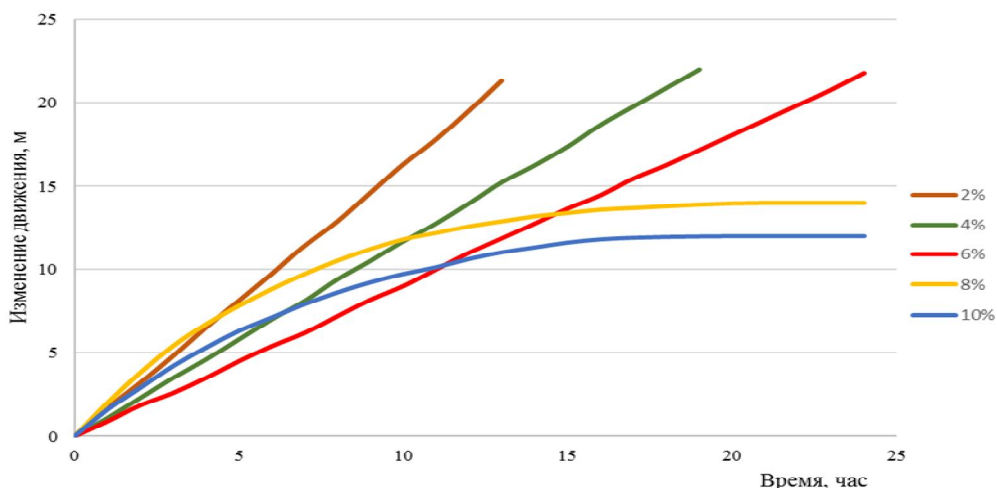


Рис. 8. График уменьшения веса бетонного сооружения

Результаты показывают, что при уменьшении веса сооружения с 8% до 10% движение грунтовой массы в основании сооружения прекращается, что позволило повысить надежность и прочность основания низконапорных ГТС.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Исследование фильтрационного потока по основанию низконапорных гидротехнических сооружений на сложных многослойных грунтах» приведены результаты распределения скоростей и действия давления фильтрационного потока в слое грунтов в основании низконапорных ГТС.

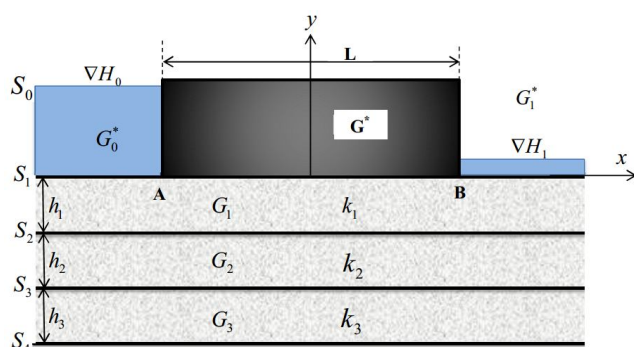


Рис. 9. Модель расчета фильтрационной прочности в основании ГТС

Используя методы расчета движения многофазных жидкостей на поверхности грунта оснований низконапорных ГТС в области G_0^* и G_1^* верхнего и нижнего бьефов и соответственно H_0 и H_1 со свободными поверхностями S_0 и S_1^* . Атмосферное давление постоянно действует вдоль этих поверхностей S_0 и S_1^* . Области G_1 , G_2 и G_3 грунтовые слои соответ-

ствуют коэффициентам фильтрации k_1 , k_2 и k_3 (рис. 9).

Области фильтрационного потока под сооружением принимаются следующими:

G_1 - $\{x \in (-\infty; \infty); y \in (-h_1; 0)$ при коэффициенте фильтрации k_1 .

G_2 - $\{x \in (-\infty; \infty); -(h_1 + h_2) < y < -h_1$ при коэффициенте фильтрации k_2 .

G_3 - $\{x \in (-\infty; \infty); -(h_1 + h_2 + h_3) < y < -(h_1 + h_2)$ при коэффициенте фильтрации k_3 .

Вследствие давления сооружения в слоях грунта происходит деформация, описываемая перемещениями частиц. Чем глубже, тем меньше будет перемещение частиц грунта. Предположено, что перемещение частиц слоя G_1 будут намного больше, чем перемещение частиц в слоях G_2 и G_3 . В

области G_1 будет совместное движение частиц грунта и фильтрационного потока. В областях G_2 и G_3 практически будет лишь фильтрационный поток дебит которой намного меньше, чем дебит воды в области G_1 .

Используя модель Х.Рахматуллина, уравнение стационарного движения воды в областях G_m ($m = \overline{1,2,3}$) будет написано в виде:

$$\rho_n^{(m)} \left[u_n^{(m)} \frac{\partial u_n^{(m)}}{\partial x} + g_n^{(m)} \frac{\partial g_n^{(m)}}{\partial y} \right] = -f_n^{(m)} \frac{\partial p_n}{\partial x} + f_n^{(m)} \mu_n^{(m)} \frac{\partial^2 u_n^{(m)}}{\partial y^2} + \rho_n^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_n^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_n^{(m)}}{\partial y} \right) \quad (21)$$

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial(\rho_n^{(m)}, u_n^{(m)})}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_n^{(m)}, g_n^{(m)})}{\partial y} = 0 \quad (22)$$

где: $\vec{g}_n^{(m)}, u_n^{(m)}$ - вектор скорости и ее компоненты по горизонтальному и вертикальному направлениям n -ой фазы (вода и грунт) в m - ном слое, $n, m = \overline{1,3}$;

$f_n^{(m)}, \rho_n^{(m)}, \rho_{ni}^{(m)}$ - концентрации, приведенные и истинные плотности n -ой фазы в m - ном слое потока;

$p^{(m)}$ - давление в m - ном слое потока;

$\mu_n^{(m)} = \rho_n^{(m)} \nu_n^{(m)}$ - динамический коэффициент вязкости n -ой фазы в m - ном слое;

$\nu_n^{(m)}$ - кинематический коэффициент вязкости n -ой фазы в m - ном слое;

$k^{(m)}$ - коэффициент фильтрации воды в областях G_1, G_2 и G_3 .

Для концентрации среды n -ой фазы имеем следующие уравнения:

$$f_n^{(m)} = k^{(m)} f_{ni}^{(m)} \text{ и } f_{1i}^{(m)} + f_{2i}^{(m)} + f_{3i}^{(m)} = 1, i = \overline{1, \dots, n} \quad (23)$$

Также можно ввести выражения плотностей и вектора скорости воды:

$$\rho_\phi^{(m)} = \rho_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} + \rho_3^{(m)}, \quad \vec{g}_\phi^{(m)} = \frac{1}{\rho_\phi^{(m)}} [\rho_1^{(m)} \vec{g}_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} \vec{g}_2^{(m)} + \rho_3^{(m)} \vec{g}_3^{(m)}] \quad (24)$$

Для истинных плотностей ($\rho_{ni}^{(m)} = const$) и постоянных коэффициентов фильтрации ($k^{(m)}$) приведено следующее выражение для скорости в фазах из уравнения неразрывности (22) и уравнения (23):

$$f_1^{(m)} u_1^{(m)} + f_2^{(m)} u_2^{(m)} + f_3^{(m)} u_3^{(m)} = A_0^{(m)} \quad (25)$$

Прибавляя систему уравнений каждой фазы, можно получить уравнение в областях G_1, G_2 и G_3 , т.е. с учетом уравнения неразрывности уравнение движения (21) можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_n^{(m)} (u_n^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_n^{(m)} u_n^{(m)} g_n^{(m)}] = & -2 f_n^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2 f_n^{(m)} \mu_n^{(m)} \frac{\partial^2 u_n^{(m)}}{\partial y^2} + \\ & + 2 \rho_n^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_n^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_n^{(m)}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (26)$$

или можно записать для каждой фазы в следующем виде:

$$\frac{\partial}{\partial x} [\rho_1^{(m)} (u_1^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1^{(m)} u_1^{(m)} g_1^{(m)}] = -2 f_1^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2 f_1^{(m)} \mu_1^{(m)} \frac{\partial^2 u_1^{(m)}}{\partial y^2} + 2 \rho_1^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_1^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_1^{(m)}}{\partial y} \right);$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_2^{(m)} (u_2^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_2^{(m)} u_2^{(m)} g_2^{(m)}] &= -2f_2^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2f_2^{(m)} \mu_2^{(m)} \frac{\partial^2 u_2^{(m)}}{\partial y^2} + 2\rho_2^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_2^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_2^{(m)}}{\partial y} \right); \\ \frac{\partial}{\partial x} [\rho_3^{(m)} (u_3^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_3^{(m)} u_3^{(m)} g_3^{(m)}] &= -2f_3^{(m)} \frac{\partial p}{\partial x} + 2f_3^{(m)} \mu_3^{(m)} \frac{\partial^2 u_3^{(m)}}{\partial y^2} + 2\rho_3^{(m)} k^{(m)} \left(\frac{\partial u_3^{(m)}}{\partial x} - \frac{\partial g_3^{(m)}}{\partial y} \right). \end{aligned}$$

Сложив уравнения, получили следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1^{(m)} (u_1^{(m)})^2 + \rho_2^{(m)} (u_2^{(m)})^2 + \rho_3^{(m)} (u_3^{(m)})^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1^{(m)} u_1^{(m)} g_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} u_2^{(m)} g_2^{(m)} + \rho_3^{(m)} u_3^{(m)} g_3^{(m)}] &= \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1^{(m)} \mu_1^{(m)} \frac{\partial^2 u_1^{(m)}}{\partial y^2} + f_2^{(m)} \mu_2^{(m)} \frac{\partial^2 u_2^{(m)}}{\partial y^2} + f_3^{(m)} \mu_3^{(m)} \frac{\partial^2 u_3^{(m)}}{\partial y^2} \right] \end{aligned} \quad (27)$$

Уравнение (27) записано в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1^{(m)} f_1^{(m)} u_1^{(m)} g_1^{(m)} + \rho_2^{(m)} f_2^{(m)} u_2^{(m)} g_2^{(m)} + \rho_3^{(m)} f_3^{(m)} u_3^{(m)} g_3^{(m)}] + \\ + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1^{(m)} g_1^{(m)2} + \rho_2^{(m)} g_2^{(m)2} + \rho_3^{(m)} g_3^{(m)2}] &= \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1^{(m)} \mu_1^{(m)} \frac{\partial^2 g_1^{(m)}}{\partial y^2} + f_2^{(m)} \mu_2^{(m)} \frac{\partial^2 g_2^{(m)}}{\partial y^2} + f_3^{(m)} \mu_3^{(m)} \frac{\partial^2 g_3^{(m)}}{\partial y^2} \right] \end{aligned} \quad (28)$$

Таким образом, получено уравнение для расчета характеристик фильтрационного потока (скорости и давления) в грунтах основания сооружений.

Индекс (m) в уравнении (28) опускается, поскольку он рассматривается на конкретном слое задачи, окончательные уравнения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1 u_1^2 + \rho_2 u_2^2 + \rho_3 u_3^2] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1 u_1 g_1 + \rho_2 u_2 g_2 + \rho_3 u_3 g_3] &= \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1 \mu_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} + f_2 \mu_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} + f_3 \mu_3 \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2} \right] \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} [\rho_1 u_1 g_1 + \rho_2 u_2 g_2 + \rho_3 u_3 g_3] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho_1 g_1^2 + \rho_2 g_2^2 + \rho_3 g_3^2] &= \\ = -2 \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \left[f_1 \mu_1 \frac{\partial^2 g_1}{\partial y^2} + f_2 \mu_2 \frac{\partial^2 g_2}{\partial y^2} + f_3 \mu_3 \frac{\partial^2 g_3}{\partial y^2} \right] \end{aligned} \quad (30)$$

Предполагая $A_0 = 0$ из уравнения (25), имеем следующие выражения $g = -\frac{f}{1-f} u$ и $g = -\frac{f}{1-f} g$ для концентраций грунта и воды, и, чтобы упростить члены уравнений (29) и (30), введем следующие обозначения:

$$\rho_1 u_1^2 + \rho_2 u_2^2 + \rho_3 u_3^2 = \rho_i u_i^2 \lambda; \quad \rho_1 u_1 g_1 + \rho_2 u_2 g_2 + \rho_3 u_3 g_3 = \rho_i u_i g_i \lambda \quad (i = 1...3);$$

$$\rho_1 g_1^2 + \rho_2 g_2^2 + \rho_3 g_3^2 = \rho_i g_i^2 \lambda; \quad \lambda = \frac{\rho - (\rho - 1)f_2}{1 - f_2}; \quad \rho = \frac{\rho_{2i} \cdot \rho_{3i}}{\rho_{1i}}.$$

Используя условие (6), которое представляет собой критерий безопасности низконапорных ГТС при наличии грунтовой массы в основании, с обозначениями и алгебраическими изменениями в уравнениях (29) и (30), получено следующее уравнение вертикального и горизонтального распределения скорости:

$$\left. \begin{aligned} u_{\phi} &= \frac{k_{u1} \left[1 - Ne \frac{1}{\hat{l}} \frac{\hat{\tau}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho} \hat{g} \hat{h}} \right] \cdot f_1(\hat{\rho} - 1)}{f_1 + \hat{\rho} f_2 + \hat{\rho} f_3} \\ \mathcal{Q}_{\phi} &= \frac{k_{g1} \left[1 - Ne \frac{1}{\hat{l}} \frac{\hat{\tau}_{xy} \hat{L}}{\hat{\rho} \hat{g} \hat{h}} \right] \cdot f_1(\hat{\rho} - 1)}{f_1 + \hat{\rho} f_2 + \hat{\rho} f_3} \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

На основании уравнения (31) на рис. 10 приведен график зависимости скоростей фильтрационного потока от напора в слое грунта в основании сооружений.

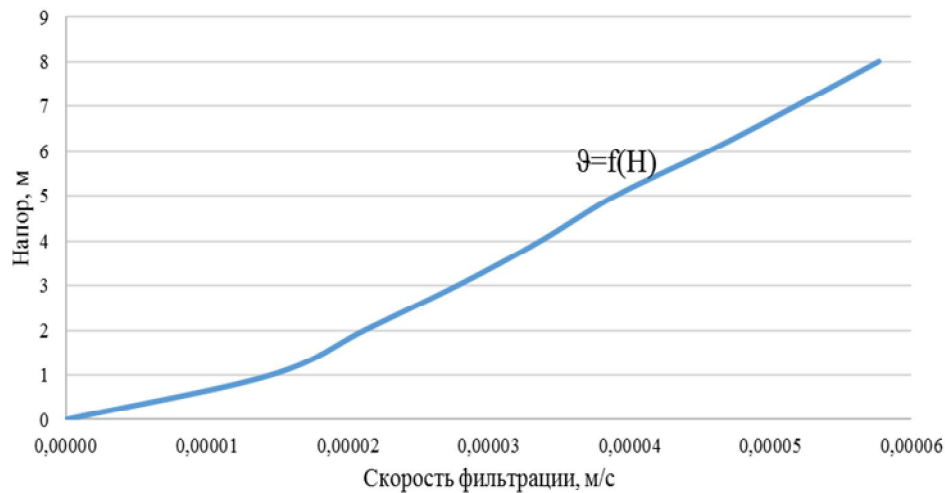


Рис. 10. Скорость фильтрации слоев грунта в основании сооружения

Действие давления фильтрационного потока определяется следующими условиями:

$$p = \begin{cases} \rho_0 g H_0 - \rho^{(m)} g y + p_0 & \text{при } -\infty < x < -L; \quad -h_1 - h_2 < y < 0 \\ p_{11} - \rho^{(m)} g y & \text{при } -L < x < L; \quad -h_1 - h_2 < y < 0 \\ p_0 + \rho_b g y & \text{при } \delta < x < \infty; \quad -h_1 - h_2 < y < 0 \end{cases},$$

где: $p_{11}|_{y=0} = p_0 + H_0 \rho g$, $p_{11}|_{x=L} = p_0 + H_1 \rho g$.

Тогда перепад давления фильтрационного потока определяется уравнением:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\rho g (H_0 - H_1)}{L} + \tilde{p}_{11}|_{x=0} - \tilde{p}_{11}|_{x=L} \quad (32)$$

где: $\tilde{p}_{12}, \tilde{p}_{11}$ - напряженные состояния водонасыщенного грунта, которые вытекают из задачи штампа.

Интегрируя уравнение (33), получим следующее уравнение:

$$p = \rho g (H_0 - H_1) \frac{\hat{x}}{L} + \tilde{p}_{11}|_{x=0} \quad (33)$$

Таким образом, на основе уравнений (31) и (33) установлены уравнения распределения скоростей и действия давления фильтрационного потока в слоях грунтов в основании низконапорных ГТС. Эти уравнения позволяют

прогнозировать влияние параметров фильтрационного потока при моделировании оснований низконапорных ГТС.

В пятой главе диссертации, озаглавленной «**Экспериментальные исследования по установлению характеристик фильтрационного потока в основании низконапорного гидротехнического сооружения на сложных многослойных грунтах**» приведены результаты определения характеристик фильтрационного потока в основании низконапорных ГТС и проверки его прочности.

Экспериментальные исследования фильтрационного потока в основании низконапорных ГТС на сложных многослойных грунтах проводились в три этапа. На первом этапе, учитывая важность песка в основании сооружения, его гранулометрический состав определялся на базе специальной лаборатории по требованиям ГОСТ. На втором этапе коэффициент фильтрации песка определялся с помощью установки Дарси в последовательности общепринятых формул, и его величина составляла $k_{\phi} = 0,71 \cdot 10^2$ м/сут.

На третьем этапе характеристики фильтрационного потока определялись путем построения гидродинамической сетки в основании сооружения с использованием современного метода ЭГДА, согласно которому суммировались результаты для двух слоев, градиент напора – 0,06, скорость потока – 0,000058 м/с, удельный расход воды – 0,000193 м²/с. На основе полученных результатов построены графики средней скорости фильтрационного потока и удельного расхода воды в зависимости от напора (рис. 11).

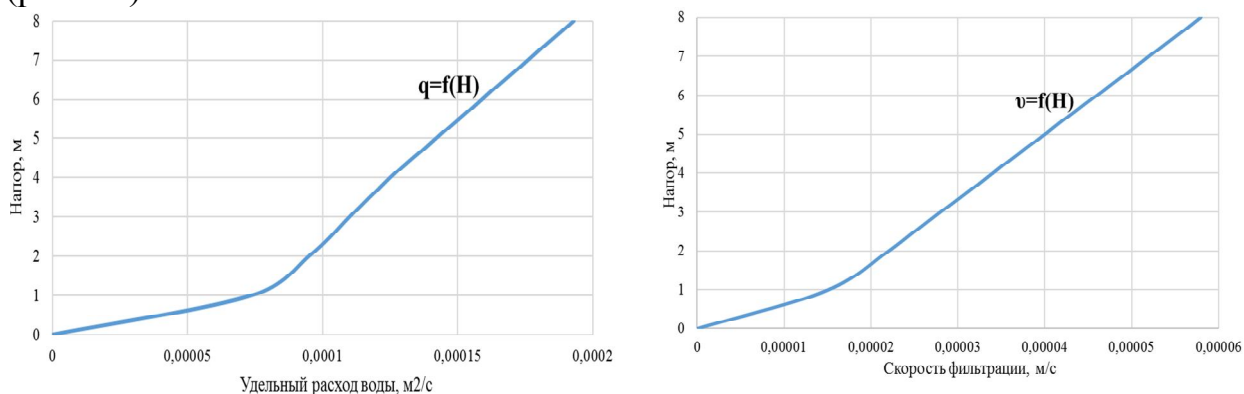


Рис. 11. Графики зависимости удельного расхода воды и скорости фильтрации от напора

По полученным результатам экспериментальных исследований построен график действия напора фильтрационного потока в слое грунтов основания на примере плоского подземного контура сооружения и сопоставлен с результатами, определенными по уравнению (33) (рис. 12). Результаты теоретических и экспериментальных исследований близки, разница между результатами составила 4%.

В результате доказано, что явление выпора грунта не происходит в основании низконапорных ГТС ($J_{\text{доп}}=0,1 > J=0,06$).

В шестой главе диссертации, озаглавленной «Рекомендации по проектированию низконапорных гидротехнических сооружений на слабых грунтах» разработаны рекомендации по повышению прочности и обеспечению безопасности оснований низконапорных ГТС.

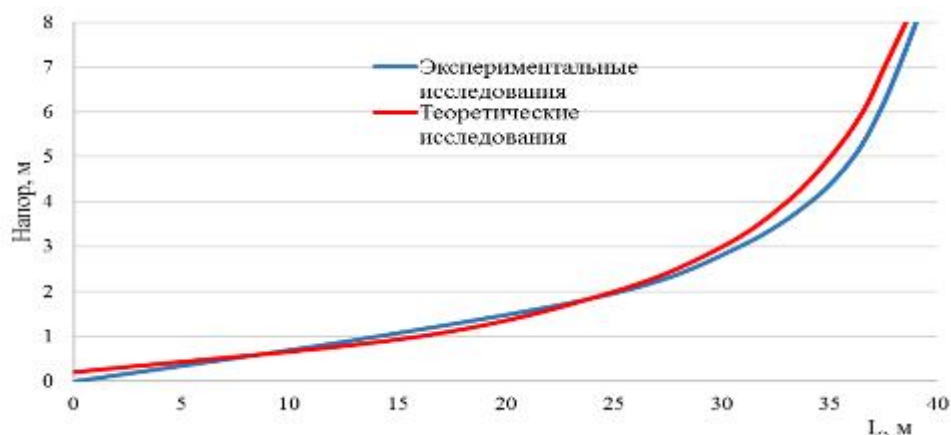


Рис. 12. График $H = f(L)$

По результатам исследований разработаны следующие рекомендации:

а) из-за наличия грунтов с текучей способностью в основании низконапорных бетонных ГТС:

При наличии грунтов с текучей способностью в основании бетонного сооружения влияние сооружения на грунтовую массу в основании можно уменьшить с помощью мер по облегчению веса сооружения при сохранении проектных параметров сооружения на основе критерий безопасности. Это даст хороший эффект по повышению устойчивости грунтов и обеспечению безопасности в основании сооружения.

Предлагаемый способ позволит снизить стоимость строительства сооружения и нагрузку на грунт основания. Осуществлены математическая модель обеспечения устойчивости низконапорных бетонных ГТС при наличии грунтовой массы в основании и расчеты проверки устойчивости за счет облегчения веса сооружения.

б) по улучшению грунтов основания низконапорных бетонных ГТС:

Предлагается использовать инъекции для повышения прочности сложных многослойных грунтов в основании сооружения. Устройство противофильтрационных завес перед понуром с использованием полимерных материалов может эффективно обеспечить прочность основания без разрушения свойств грунтов. Имеются преимущества при проектировании и строительстве основания сооружений, использование предлагаемого способа по обеспечению безопасности при эксплуатации, такие как техническая простота, удобство, очень низкое воздействие на окружающую среду, не требует сложного оборудования. В целом, противофильтрационные технологии с использованием полимерных материалов являются одним из наиболее перспективных методов применения при проектировании и строительстве оснований низконапорных ГТС на слабых грунтах.

На основе предложенных методов приведены технологии проектирования и строительства низконапорных ГТС (подготовительные мероприятия, транспортно-технологические процессы, строительномонтажные работы и эксплуатационные мероприятия), правила технической эксплуатации низконапорных ГТС). На примере головного водозабора канала Маринкин рассмотрены технико-экономические расчеты, обеспечивающие минимальные затраты за счет метода облегчения веса сооружения, что позволило сэкономить до 22% ожидаемой годовой экономической эффективности.

ВЫВОДЫ

На основе проведенных исследований по докторской диссертации (DSc) на тему **“Совершенствование методов расчета оснований низконапорных гидротехнических сооружений на слабых грунтах”** представлены следующие выводы:

1. Проведены натурные наблюдения за безопасностью основания эксплуатируемого бетонного головного водозабора канала Маринкин. Для определения осадок основания в сооружении осуществлены в первый год ввода эксплуатации в проектных, а затем в первичных и повторных геодезические измерения. По результатам геодезических измерений построен продольный профиль осадок тела рассматриваемого бетонного сооружения.

2. Разработаны критерии оценки безопасности оснований низконапорных ГТС под действием веса сооружения и гидростатического давления воды и определена величина сил, движущихся грунтов с текучей способностью в основании.

3. Разработана гидравлическая модель системы «плотина-неоднородное основание», обеспечивающая безопасность основания сооружения при статических нагрузках и наличии грунтов с текучей способностью в основании. Это позволила определить величину сил, действующих в основаниях низконапорных ГТС, запроектированных на слабых грунтах.

4. На основе условий обеспечения безопасности низконапорных ГТС, получены технические решения по снижению воздействия на грунтовую массу и объем грунтовой массы за счет облегчения веса бетонного сооружения при сохранении физических параметров сооружения. Это позволила найти экономичные и надежные инженерные решения при проектировании оснований низконапорных ГТС, разработать меры по устранению негативных последствий.

5. Разработана программа расчета устойчивости оснований низконапорных ГТС под действием веса сооружения и гидростатического давления воды при наличии грунтов с текучей способностью;

6. Усовершенствованы методы оценки безопасности оснований низконапорных ГТС на основе модели движения многофазных жидкостей. Усовершенствованный способ позволяет прогнозировать влияние параметров фильтрационного потока скорости и давления в основании в результате фильтрационного потока в сложных многослойных грунтах.

7. Усовершенствованы расчеты оценки фильтрационной прочности на основе закономерности распределения скорости и давления фильтрационного потока в основаниях низконапорных ГТС в сложных многослойных грунтах;

8. Определены характеристики фильтрационного потока в основании низконапорных ГТС, запроектированных с помощью гидродинамической сетки (градиент напора – 0,06, скорость потока – 0,000058 м/с, удельный расход воды - 0,000193 м²/с) и построены графики средней скорости и удельного расхода воды для величин напора.

9. На основе критериев безопасности, разработанных при наличии грунтов с текучей способностью в основании низконапорных бетонных ГТС разработана рекомендация по способу облегчения веса сооружения при сохранении проектных параметров сооружения. Это позволяет обеспечить прочность основания сооружений, снизить стоимость затрат на строительство сооружения до 10%.

10. Разработаны рекомендации по прочности путем инъекции оснований низконапорных бетонных ГТС в сложных многослойных грунтах, он позволяет повысить устойчивость грунтов и обеспечить безопасность оснований сооружений, снизить фильтрацию под сооружением и применить надежные и экономичные технологические меры для устранения опасных осложнений фильтрации.

11. На основе разработанных способов выполнено технико-экономическое обоснование, обеспечивающее минимальные затраты на проектирование и строительство низконапорных ГТС, ожидаемая годовая экономическая эффективность составляет до 22%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.41/30.04.2021.T.131.01 ON AWARDING
ACADEMIC DEGREES AT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF
IRRIGATION AND WATER PROBLEMS**

**SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF IRRIGATION AND WATER
PROBLEMS**

PALUANOV DANIYAR TANIRBERGENOVICH

**IMPROVEMENT OF METHODS OF CALCULATION BASES LOW-
PRESSURE HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS
ON SOFT GROUND**

05.09.06-Hydrotechnical and meliorative construction

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR DISSERTATION (DSc)
ON TECHNICAL SCIENCES**

TASHKENT – 2021

The theme of the doctoral dissertation (DSc) on technical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with number B2020.2.DSc/T147.

The doctoral dissertation was carried out at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems.

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website (www.ismiti.uz), Information and educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant:	Makhmudov Ilkhomjon Ernazarovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Khujakulov Rustam doctor of technical sciences, professor Ergashev Rustam Rakhimovich doctor of technical sciences, professor Malikov Zafar Mamatkulovich doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

The defense of the thesis will be held «16» 11 2021 at 14⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific council DSc.41/30.04.2021.T.131.01 at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems (Address: 100187, Tashkent, Karasu-4, 11. Tel.: (99) 434-43-28, ismiti@minwater.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Center of the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems (registration No. 3). Address: 100187, Tashkent, Karasu-4, 11. Tel.: (99) 434-43-28.

Abstract of dissertation was sent «19» 10 2021,
(register of the distribution protocol №3 from «19» 10 2021).



M.R. Ikramova
M.R. Ikramova
Chairman of the Scientific Council
forwarding of academic degrees,
doctor of technical sciences, professor

U.A. Sadiev
U.A. Sadiev
scientific secretary of the scientific council
forwarding of academic degrees,
PhD, senior scientific researcher

O.Ya. Glovatskiy
O.Ya. Glovatskiy
Chairman of the Scientific Seminar of the
Scientific Council forwarding of degrees,
doctor of technical sciences, professor

ABSTRACT (introduction)
of the Doctor of Science (DSc) Dissertation of Technical Science

The aim of the research work is to improve the methods for calculating the basis of low-pressure hydrotechnical constructions designed and constructed in complex engineering and geological conditions.

The object of the research is designed on the territory of the republic and operated by low-pressure hydrotechnical constructions under the Aral Sea delta management on soft grounds.

The scientific novelty of the research is as follows:

criteria for assessing the safety of the foundation of low-pressure hydrotechnical constructions under static loads and the magnitude of the forces of moving soils with fluid capacity at the base have been developed;

a hydraulic model of the “dam-heterogeneous foundation” system has been developed in the presence of soils with fluid capacity at the base;

calculation methods have been developed to ensure the safety of the foundation of low-pressure hydrotechnical constructions under the influence of the weight of the structure and the hydrostatic pressure of water;

improved methods for assessing the safety of the foundation of low-pressure hydrotechnical constructions based on the model of the movement of multiphase fluids;

improved calculations for assessing the filtration strength based on the regularity of the distribution of the velocity and pressure of the filtration flow at the base of low-pressure hydrotechnical constructions on complex multilayer soils;

a program for calculating the stability of the base of low-pressure hydrotechnical constructions under the influence of the weight of the structure and the hydrostatic pressure of water has been developed;

recommendations were developed on the use of effective and economical technologies for designing the basis of low-pressure hydrotechnical constructions on soft grounds.

Implementation of research results. Based on the results of research on design and construction, ensuring safety during the operation of low-pressure hydrotechnical constructions on soft grounds:

hydraulic methods for assessing the safety of foundations of low-pressure hydrotechnical constructions for design, construction and their operation in territories with difficult engineering and geological conditions were introduced into the State Inspectorate “Gosvodkhoznadzor” (reference of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan No. 03/27-2446 dated 24.08.2021). As a result, it was possible to determine the magnitude of the forces acting on the base of low-pressure constructions designed on soft grounds;

the results of the stress-strain state of the base of low-pressure hydrotechnical constructions under static and dynamic loads, taking into account all the calculations for the conjugation of the construction with the base, ensuring the stability of the construction and the strength of the base when designing constructions in the complex geological structure of grounds, were introduced into

the State Inspectorate “Gosvodkhoznadzor” and options for the application of technological methods to increase the stability of base grounds by developing and implementing effective and economical technological measures in the design and construction of low-pressure hydrotechnical constructions on soft grounds have been introduced in the Nizhnedara district administration of the BWO “Amudarya” (reference of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan No. 03/27-2446 dated 24.08.2021). As a result, the presented calculations made it possible to increase the reliability and efficiency of the designed low-pressure hydraulic constructions;

calculations to increase the strength of the base of low-pressure hydrotechnical constructions in complex multilayer grounds using the finite element method to determine the uneven load of the construction due to the presence of inclined stratification, lens formation, changes in the soil deformability characteristics in depth and in terms of the base of the constructions are implemented in the Aral Sea Delta Management (reference of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan No. 03/27-2446 dated 24.08.2021). As a result, it was possible to develop measures to determine cost-effective and reliable engineering solutions for basing low-pressure hydrotechnical constructions and eliminate the negative consequences for heterogeneous soils;

calculations of the filtration stability of the base of low-pressure hydrotechnical constructions to ensure the water permeability and filtration strength required by the project in order to increase the bearing capacity of the base for strengthening and fixing complex multilayer grounds at the base of the construction were introduced in the Aral Sea Delta Management (reference of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan No. 03/27-2446 dated 24.08.2021). As a result, they allowed to consolidate the base grounds of low-pressure hydrotechnical constructions, reduce filtration under the construction and use reliable and cost-effective technological measures to eliminate dangerous filtering complications, and reduce costs by 10;

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of introduction, six chapters, conclusion, list of references and applications. The dissertation is 197 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Палуанов Д.Т. Паст босимли гидротехника иншоотлари заминининг хавфсизлиги. Монография. Тошкент, 2020. 196 б.
2. Палуанов Д.Т. Экспериментальные исследования движения смеси в основании плотины // Вестник ТашГТУ. ТошДТУ, 2013. №3. С. 73-77. (05.00.00; № 16).
3. Палуанов Д.Т. Исследование деформационного состояния основания плотины // Вестник Каракалпакского отделения АН РУз. Нукус, 2013. № 3. С. 18-21. (05.00.00; № 19).
4. Палуанов Д.Т. Исследование перемещения грунтовой массы в основании низконапорных плотин // Вестник ТашГТУ. Ташкент, 2015. № 3. С. 257-261. (05.00.00; № 16).
5. Палуанов Д.Т. Исследование системы «низконапорная плотина-неоднородное основание» при сейсмических воздействиях // Вестник ТашГТУ. Ташкент, 2016. № 1. С. 8-14. (05.00.00; № 16).
6. Палуанов Д.Т. Исследования вопросов повышения устойчивости основания низконапорных плотин на слабых грунтах // ФарПИ илмий-техника журнали. Тошкент, 2017. № 2. Том 21. С. 51-57. (05.00.00; № 20).
7. Палуанов Д.Т. Исследование системы «плотина-основание» под действием статической нагрузки // Журнал архитектура, строительство, дизайн. Ташкент, 2017. № 1-2. С. 81-86. (05.00.00; № 4).
8. Палуанов Д.Т. Паст босимли гидротехника иншоотларини оғир бўлган муҳандислик-геология шароитида лойихалашда муҳандислик ечимларни танлаш // ФарПИ илмий-техника журнали. Тошкент, 2020. № 1. Том 24. Б. 32-36. (05.00.00; № 20).
9. Махмудов И.Э., Палуанов Д.Т. Паст босимли гидротехника иншоотлари заминларининг хавфсизлигини таъминлаш масалалари // “Агро Илм” журнали. Тошкент, 2020. № 2(65). Б. 77-79. (05.00.00; № 3).
10. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Исследование деформаций системы «сооружение-основание» при действии статических нагрузок // Научный журнал «Бюллетень науки и практики». Нижневартовск, 2018. Том 4. №4. С. 268-274. (Импакт-фактор журнала, ОАЈІ 2019=0.35).
11. Paluanov D.T., Ermanov R.A. Problems in exploiting hydrotechnical engineering structures: solutions and suggestions // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, 2019. Vol. 6, Issue 9. Pp. 10862-10864. (05.00.00; № 8).
12. Paluanov D.T., Kulanov J.B., Gadaev S.K., Saidov F.S. Research on the stress-strain state of the base of operating low-pressure hydraulic structures // International journal of engineering and advanced technology. India, 2019. Vol. 9, Issue 1. Pp. 5257-5260. (www.scopus.com).

13. Paluanov D.T. Research of filtration strength on the basis of low pressure hydrotechnical structures on complex multi-layered soils // ACADEMICA: An International Multidisciplinary Research Journal. India, 2020. Vol. 10. Issue 4. Pp. 439-443. (Journal Impact Factor, SJIF 2020=7.13).

14. Paluanov D.T., Ermanov R.A. Criteria for the use of elements of reliability in the exploitation of reservoirs // The American Journal of Engineering and Technology. USA, 2021. Volume 3. Issue 01. Pp. 5-9. (Journal Impact Factor, SJIF, Index Copernicus, CrossRef 2020=5.705).

II бўлим (II часть; II part)

15. Палуанов Д.Т. Гидравлический способ установления движения грунтовой смеси под гидротехническими сооружениями // Научный журнал «Материаловедение». Бишкек, 2013. С. 99-101.

16. Палуанов Д.Т. Анализ и сравнение результатов исследований движения грунтовой смеси в основании плотины // Сборник научных трудов. Выпуск 10. Рязань, 2013. С. 150-154.

17. Палуанов Д.Т. Факторы, влияющие на безопасность низконапорных плотин // Сборник научных трудов II-ой международной молодежной научной конференции «Будущие науки-2014». Курск, 2014. Т.3. С. 67-69.

18. Paluanov D.T. Environmental safety issues of the low-head dams in agriculture // Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур». Херсон, 2014. Рр. 125-128.

19. Палуанов Д.Т. Деформация основания низконапорных плотин при статических воздействиях // Сборник научных трудов. Выпуск 11. Рязань, 2014. С. 91-94.

20. Палуанов Д.Т. Исследование напряженно-деформированного состояния основания низконапорных плотин с учетом веса сооружений // Вестник Прикаспия. Астрахань, № 4 (7). 2014. С. 38-41.

21. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Установление напряженно-деформированного состояния основания сооружений в строительстве // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Инновации в строительстве глазами молодых специалистов». Курск, 2014. С. 244-249.

22. Палуанов Д.Т., Ишчанов Ж.К. Вопросы безопасности основания плотин при динамических воздействиях // Сборник научных докладов VII-ой Международной (11-й Всероссийской) конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации». Коломна, 2015. С. 82-84.

23. Палуанов Д.Т., Хидиров А.А., Кенжаев Б.О. Задача о деформации основания низконапорных плотин // Сборник научных докладов VII-ой Международной (11-й Всероссийской) конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации». Коломна, 2015. С. 85-87.

24. Палуанов Д.Т. Строительство низконапорных плотин на слабых грунтах // Сборник научных трудов 3-й Международной молодежной научной конференции «Будущие науки-2015». Курск, 2015. Т.2. С. 76-79.

25. Палуанов Д.Т., Абдураимов У.К. Расчет системы «плотина-неоднородное основание» при динамических воздействиях // “Суғориладиган ерларнинг мелиоратив холатини яхшилаш ва сув ресурсларидан самарали фойдаланиш муаммолари” мавзусида республика илмий-техник анжумани. Тошкент, 2015. С. 342-347.

26. Палуанов Д.Т., Эрманов Р.А. Особенности строительства низконапорных плотин // Сборник научных докладов VIII-ой Международной (12-ой Всероссийской) научной конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации». Коломна, 2016. С. 78-80.

27. Палуанов Д.Т., Кенжаев Б.О. Экспериментальные исследования процессов деформаций грунтовой массы в основании плотин // Вестник Прикаспия. Астрахань, № 1 (16). 2016. С. 36-39.

28. Палуанов Д.Т., Бобокулов У.Э. Процессы увлажнения в теле грунтовых плотин и основаниях // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». Выпуск № 1(61). Новочеркасск, 2016. С. 186-190.

29. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Значение строительства низконапорных сооружений на слабых грунтах // Сборник научных трудов 6-я Международная молодежная научная конференция «Молодежь и XXI век - 2016» Курск, 2016. Т.3. С. 274-277.

30. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Теория размерностей как метод расчета основания низконапорных сооружений // Сборник научных трудов 6-я Международная молодежная научная конференция «Молодежь и XXI век - 2016» Курск, 2016. Т.4. С. 60-63.

31. Палуанов Д.Т., Жураев С.Р. Динамическая задача о системе «низконапорная плотина-неоднородное основание» // Вестник Прикаспия. Астрахань, № 1 (16). 2016. С. 40-45.

32. Палуанов Д.Т. Разработка критериев безопасности основания низконапорных гидротехнических сооружений // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». Выпуск № 2(62). Новочеркасск, 2016. С. 135-140.

33. Палуанов Д.Т., Жураев С.Р. Вопросы безопасности основания низконапорных сооружений, строящиеся на слабых грунтах // Материалы II-Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства». Тараз, 2016. С.261-264.

34. Палуанов Д.Т. Выбор технологических способов по устройству фундаментов низконапорных плотин на слабых грунтах // Вестник Прикаспия. Астрахань, № 4 (15). 2016. С. 41-43.

35. Палуанов Д.Т. Напряженно-деформированное состояние основания низконапорных плотин на слоистых грунтах // Международный журнал «Экология и строительство». Россия, № 3. 2016. С. 4-7.

36. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Прогноз параметров движения грунтовой массы в основании низконапорных плотин // Сборник научных трудов «Технологии и технические средства в мелиорации» посвященный 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга». Коломна, 2016. С. 95-98.

37. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Теоретические предпосылки изучения напряженно-деформированного состояния основания низконапорных гидротехнических сооружений // Сборник научных трудов «Технологии и технические средства в мелиорации» посвященный 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга». Коломна, 2016. С. 99-101.

38. Палуанов Д.Т., Эрманов Р.А. Гидравлическая модель для расчета основания низконапорных сооружений // Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научной конференции «Будущее науки-2016». Курск, 2016. Т.4. С. 102-104.

39. Палуанов Д.Т. Установление допустимой нагрузки на основание низконапорных плотин на многослойных грунтах // Материалы международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, гидротехнические сооружения и окружающая среда», посвященной 11-летию «Комплекса гидротехнических сооружений Шоллар-Баку». Часть 1. Баку, Азербайджан, 2017. С. 179-182.

40. Палуанов Д.Т., Гадаев С.К. Проектирование основания низконапорных гидротехнических сооружений и их влияние на окружающую среду // II Международная научно-практическая Интернет-конференция «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». с. Солёное Займище, 2017. С. 245-247.

41. Палуанов Д.Т., Эрманов Р.А. Влияние слабых грунтов на процессы строительства низконапорных гидротехнических сооружений // Вестник Прикаспия. Астрахань, № 3 (18). 2017. С. 51-54.

42. Махмудов Э.Ж., Палуанов Д.Т. Организация мониторинга безопасности крупных и особо важных водохозяйственных объектов // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». Выпуск № 3(67). – Новочеркасск, 2017. – С. 134-139.

43. Палуанов Д.Т. Паст босимли гидротехника иншоотларини куриш масалалари // “Фан ва таълимни ривожлантиришда ёшларнинг ўрни” мавзусида республика илмий-назарий конференция материаллари тўплами. Тошкент, 2017. Б. 497-500.

44. Палуанов Д.Т., Нурматов Б.А. Исследование вопросы напряженно-деформированного состояния плотин // Сборник научных трудов 2-я Всероссийская научная конференция «Молодежь и наука: шаг к успеху». Курск, 2018. Т.3. С. 113-117.

45. Палуанов Д.Т. Моделирование фильтрационной устойчивости основания низконапорных гидротехнических сооружений на многослойных грунтах // Вестник Прикаспия. Астрахань, № 4 (23). 2018. С. 26-29.

46. Палуанов Д.Т. Кичик гидротехника иншоотларини лойиҳалаш ва куриш: афзаллик ва камчиликлар // “�збекистон Республикаси Фанлар академиясининг 75 йиллик юбилейига бағишланган” Республика миқёсидаги илмий ва илмий-техник конференция материаллари. Тошкент-Навоий, 2018. 1-қисм. Б. 51-52.

47. Палуанов Д.Т. Проблема проектирования и строительства низконапорных гидротехнических сооружений в сложных инженерно-геологических условиях // Научно-методический журнал «Проблемы современной науки и образования». Москва. № 3 (136). 2019. С. 14-17.

48. Палуанов Д.Т., Янгибаев М.Ю. Гидротехника иншоотларини эксплуатация қилишда юзага келаётган муаммолар // “Фан ва техника тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни” мавзусида республика илмий-техникавий анжумани маърузалар тўплами. Тошкент, 2019. Б. 181-183.

49. Paluanov D.T., Gadayev S.K., Meyliyev O.R. Problems of safety in exploitation hydraulic engineering structures // Международный научно-исследовательский журнал «Евразийский союз ученых». Москва, 2019. № 4 (61). 3 часть. Рр. 57-59.

50. Палуанов Д.Т., Махмудов А.А. Гидротехника иншоотларининг хавфсизлигини таъминлашнинг баъзи бир жиҳатлари // “XXI асрда илм-фан тараққиётининг ривожланиш истиқболлари ва уларда инновацияларнинг тутган ўрни” мавзусидаги республика имий 8-онлайн конференцияси материаллари. Тошкент, 2019. 2-Қисм. Б. 191-193.

51. Палуанов Д.Т., Маматкулов Д.А., Кўчаров Ф.Ж. Эксплуатация қилиб келинаётган паст босимли гидротехника иншоотларининг хавфсизлиги масалалари // “Техника ва технологик фанлар соҳаларининг инновацион масалалари” республика илмий-амалий анжуман материаллари. Термиз, 2019. Б. 80-82.

52. Палуанов Д.Т. Кўп қатламли грунтларда паст босимли гидротехника иншооти заминидаги фильтрация мустаҳкамлигини тадқиқ қилиш // “Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар” мавзусидаги республика 15-қўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари. 13-Қисм. Тошкент, 2020. Б. 28-30.

53. Палуанов Д.Т. Мураккаб қатламли грунтларда паст босимли гидротехника иншооти заминидаги фильтрация характеристикасини аниқлаш // “Ўзбекистонда сув ресурсларидан самарали фойдаланишнинг муаммолари ва ечимлари” мавзусидаги республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Қарши, 2021. Б. 129-133.

54. Палуанов Д.Т. Паст босимли гидротехника иншоотлари заминининг турғунлигини ҳисоблаш дастури // Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлигининг DGU 10040-сонли гувоҳномаси. Тошкент, 2020.

Автореферат “IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA” илмий журналі
таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме)
тилларидаги матнлари мослиги текширилди (4.10.2021 йил)