

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОЧИКИСТОН
ИНСТИТУТИ МАСЪАЛАҲОИ ОБ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ**

ВБД: 626/627(575.3)

Ба ҳуқуқи дастнавис



ТОИРЗОДА Сухроб Тоир

**АРЗЁБИИ ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКИЮ МЕХАНИКИИ МАССИВҲОИ
АТРОФИ НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКИИ ИСТИФОДАШАВАНДАИ
БАЛАНДФИШОР**

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD)-доктор аз руйи ихтисоси 6D074400-Соҳтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ)

Душанбе – 2026

Диссертатсия дар лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон омода карда шудааст.

Рохбари илмӣ:

Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич

номзади илмҳои техникӣ, дотсент, ходими пешбари илмии озмоишгоҳи “Энергетика, захира- ва энергиясарфанамоӣ”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ:

Саидзода Чамшед Ҳамро

доктори илмҳои техникӣ, дотсент, и.в. профессори кафедраи «Масолахҳо, технология ва ташкили сохтмон»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Зувайдов Маҳмадулло Маҳмасолиевич

номзади илмҳои техникӣ, мудири кафедраи «Сохтмон»-и Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

Муассисаи пешбар:

Донишкадаи энергетикӣи Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия санаи 14 майи 2026, соати 11:00 дар ҷаласаи шурои диссертатсионии 6D.KOA-059 назди Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон бо суроғи зерин баргузор мегардад: 734025, ш. Душанбе, кӯчаи Бофанда, 5/2, E-mail: info@imoge.tj

Бо матни диссертатсия дар китобхона ва сомонаи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон www.imoge.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «___» _____ соли 2026 ирсол карда шудааст.

Котиби илмӣ

**шурои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникӣ**



Шаймуратов Ф.И.

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Ташаккули сохтмони гидротехникӣ, ки бо тараққиёти умумии қувваҳои истехсолкунанда рабт доранд, дар назди маркшейдерон, лоихакашон, бинокорон ва хадамоти истифодабарии иншооти гидротехникӣ вазифаҳои торафт мураккабу масъулиятнок мегузорад.

То марҳилаи муайяни тараққиёти иншооти гидротехникӣ диққати асосии лоихакашон ва бинокорон ба омӯхтани маводе, ки аз онҳо объектҳои муҳандисӣ бунёд карда мешаванд, равона карда мешуд. Ин амал то он лаҳзае раҳандозӣ мешуд, ки ба муҳити ҷойгиркунии онҳо аҳамияти дуввумдараҷа дода шавад.

Дар як вақт, сарбориҳои муосири техногенӣ ба массаҳои ҷинсҳои кӯҳӣ ба дараҷае расидаанд, ки онҳо аксар вақт равандҳо ва падидаҳои шаклдигаркуниро дар ҷинсҳо ба вуҷуд меоранд, ки барои иншоот ва муҳити зист хатарноканд. Бе пешгӯии ин оқибатҳо ва пешгирӣ намудани онҳо тараққиёти минбаъдаи гидротехникаи калон имконнопазир аст.

Бо назардошти ин, дар солҳои охир тавачҷуҳи гидротехникҳо ба таҳкурсии харсангии иншооти гидротехникӣ, ки дар онҳо асосан объектҳои бузург ва мураккабтарин сохта мешаванд, хеле афзуд.

Дар фарқият бо солҳои қаблӣ массивҳои ҷинсҳои кӯҳӣ дар қитъаҳои сохтмонӣ аз нуқтаи назари таъсири мутақобилаи онҳо бо иншоот дар марҳилаҳои гуногуни сохтмон ва истифодаи иншооти мушаххас, дар асоси консепсияҳои умумии бехатарии иншооти тарҳрезӣшуда ҳам барои аҳоли ва ҳам барои муҳити зист баррасӣ карда мешаванд.

Массиви шахӣ – унсурҳои мураккабтари ин система мебошад, зеро дар давоми таърихи дуру дарози ташаккул ва инкишофи худ борҳо ба таъсири қувваҳои гуногуни табиӣ дучор гардидаанд. Дар ин муддат сохт, сохтор ва хосиятҳои онро ба таври комплексӣ тағйир дода, чун қоида, дар миқёси фаъолияти муҳандисии инсон гуногун будани хусусиятҳои физикӣ – механикии массивро ба вуҷуд оварданд.

Шубҳае нест, ки танҳо бо роҳи такмил додани дониши худ дар бораи хусусиятҳои муҳити табиӣ ҳамчун қисми таркибии системаи мураккаби муҳандисӣ объект – массиви шахӣ, мо метавонем зиддиятҳои мавҷудаи байни эътимоднокии объекти сохташаванда ва самаранокии онро оқилона бартараф кунем.

Ин фишурда равшан аст, зеро танҳо дар сурати ба таври максималӣ истифода бурдани иқтидори потенциалии «борбардори»-и массив, бо назардошти таъсири байниҳамии он бо иншоот ва таъсири мутақобилаи онҳо ба хосият ва ҳолатҳои ҳамдигар метавон аз захираҳои аз меъёр зиёди бехатарии иншоот канора гирифта, усулҳои оптималии кори онҳоро коркард кард.

Такмил додани усулҳои мавҷудаи омӯзиши ҷинсҳои кӯҳӣ ва пеш аз ҳама омӯхтани хосиятҳои физикию механикии ҷинсҳо дар шароити ҳобиши табиӣ онҳо вазифаи таъхирнопазир ва муҳим мебошад.

Дарачаи коркарди илмии проблемаи мавриди омӯзиш. Ҳангоми омӯхтани хосиятҳои физикию механикии массиви чинсҳои шаҳии атрофи нақбҳои гидротехникӣ дар таҳқиқоти муосир ба усулҳои геофизикии муҳандисӣ диққати махсус дода мешавад, ки он аз ҷиҳати имконоти иқтисодии худ, бешубҳа, яке аз усулҳои асосии миқдории омӯзиши массивҳои чинсҳои шаҳӣ (аслӣ) мебошад.

Дар корҳои А.И. Савич [3], Б.Д. Куюнджич [7], А. Варга [1], Е.Г. Газиёва [2], Н.Н. Горяинов [4], В. Коптева [6], В.Н. Никитина [8], В. Парфеонова [10], Ю.А. Фишман [10], З.Г. Яценко [11], Л.В. Шаумян [15], инчунин дигар таҳқиқотчиён таҷрибаи калони худро дар бобати истифодаи бурдани усулҳои геофизикии муҳандисӣ дар омӯхтани хусусиятҳои массивҳои чинсҳои кӯҳӣ ҳамчун воситаи ҷойгиркунии иншооти бузурги гидротехникӣ ҷамъбасти намуданд.

Масоили омӯзиши хосиятҳои физикию механикии массиви чинсҳои аслии атрофи нақбҳои гидротехникӣ инчунин дар асарҳои олимони ва таҳқиқотчиёни тоҷик дар омӯзиши усулҳои геофизикӣ ва геотехникӣ – С.Қ. Давлатшоев [5], Н.М. Ҳасанзода [14], А.Р. Фазылов [3] ва ғайраҳо маълумоти васеъ гирд оварда шудааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоихаҳо), мавзӯҳои илмӣ. Кори диссертсионӣ бо дар назардошти муқаррароти «Консепсияи рушди соҳаҳои комплекси сӯзишворию энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2003-2015», «Барномаи истифодаи самараноки захираҳои гидроэнергетикӣ ва сарфаи энергия барои солҳои 2012-2016», «Барномаҳои истифодаи манбаҳои барқароршавандаи энергия барои солҳои 2007-2015», мавзӯи КИТ ГР 0120ТJ01028 «Стратегияи рушд ва оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ. Сенарияи обӣ-ангишти рушди энергетикаи Тоҷикистон» (муҳлати иҷро: 2020-2024) ва татбиқи лоихаи НБО-и Роғун иҷро гардидааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот. Таҳқиқи нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ ва арзёбии хосиятҳои физикию механикии массивҳои атроф.

Вазифаҳои таҳқиқот.

1. Арзёбии хосиятҳои физикию механикӣ (чандирӣ, мустаҳкамӣ ва шаклдигаркунӣ)-и массивҳои атроф бо усулҳои сейсмоакустикӣ ва рӯйпӯшҳои оҳану бетонӣ тавассути мақтаъсозии ултрасадоӣ аз рӯйи рӯйпӯши бетонӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ.

2. Муайян намудани хосиятҳои минтақаҳои заиф ва камшудаи (минтақаҳои ноустувор)-и массивҳои атроф бо истифода аз усули томографияи сейсмикӣ.

3. Таҳияи усулҳои барои муайян кардани суръати ҷараёни об ва тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои баландфишор.

4. Кор карда баромадани системаи назорати дарбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ ва системаи худкори ченкунӣ барои идоракунии силсилаӣ дар тамоми тӯлоқ.

Объекти таҳқиқот. Нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ.

Мавзӯи таҳқиқот. Таъсири кори тӯлонии нақбҳои гидротехникӣ ба хосиятҳои физикию механикии массивҳои атроф.

Навгони илмӣ таҳқиқот. Навгониҳои илмӣ таҳқиқот аз инҳо иборат мебошанд:

1. Хосиятҳои физикию механикӣ (чандирӣ, мустаҳкамӣ ва шаклдигаркунии)-и рӯйпӯшҳои оҳану бетони нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2-и НОБ-и Роғун бо ёрии усулҳои ултрасадоӣ ва массивҳои атроф бо усулҳои сейсмоакустикӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ ошкор ва муайян карда шуданд.

2. Хосиятҳои минтақаҳои заиф ва пастшуда (минтақаҳои ноустувор) - и массивҳои атрофи нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2-и НОБ-и Роғун бо ёрии усули томографияи сейсмикӣ аниқ карда шуданд.

3. Усул барои муайян кардани суръати ҷараёни об ва тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои баландфишор дар асоси тағйироти майдони гармии атрофи нақбҳои гидротехникӣ таҳия гардид.

4. Системаи назорати дарбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ ва системаи худкори ченкунӣ барои идоракунии силсилавӣ дар тамоми тӯлнокӣ кор карда баромада шуд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот.

- коркарди барномаҳои маҷмӯии таҳқиқоти чандирӣ, устуворӣ ва шаклдигаркунии рӯйпӯши оҳану бетонӣ ва массиви чинсҳои атрофи нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ.

- дақиқ намудани хосиятҳои минтақаҳои заиф ва пастшудаи қитъаҳои нақбҳои гидротехникӣ ва табиноти ҷорабиниҳо оид ба сементкунии устувории массиви чинсҳои атроф.

- ворид намудан ба истифодабарии системаҳои назорати дарбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ ва системаи худкори ченкунӣ барои идоракунии силсилавӣ дар тамоми тӯлнокӣ.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда.

1. Таҳқиқи комплекси хосиятҳои физикию механикӣ (чандирӣ, устуворӣ ва шаклдигаркунӣ)-и массивҳои атроф ва рӯйпӯши оҳану бетони нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2-и НОБ-и Роғун пас аз истифодабарии тӯлонӣ тариқи усулҳои ултрасадоӣ ва сейсмоакустикӣ.

2. Дақиқ намудани минтақаҳои заифшуда ва пастгашта (минтақаҳои ноустувор)-и массивҳои атрофи нақбҳои гидротехникӣ бо усулҳои акустикӣ ва томографияи сейсмикӣ.

3. Усул барои муайян кардани суръати ҷараёни об ва тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои баландфишор дар асоси тағйироти майдони гармии атрофи нақбҳои гидротехникӣ дар тамоми тӯлнокӣ.

Дарҷаи эътимоднокии натиҷаҳо.

Дар ҷараёни гузаронидани таҷрибаҳои геофизикии саҳроӣ дар нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2-и НОБ-и Роғун, натиҷаҳои бадастомада аз ҷиҳати миқдорӣ ва сифатӣ ба маълумоти таҷрибавии таҳқиқоти геофизикии саҳроии

қаблан анҷомёфтаи комплекси зеризаминии НБО-и Роғун мувофиқат мекунад. Корҳои геофизикии саҳроӣ бо дастгоҳи сертификатсияшудаи ЛАККОЛИТ 24М анҷом дода шуданд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмии 6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ тибқи муқаррароти зерин мувофиқат мекунад:

- банди 3 «Таҳияи самтҳои нави пешгуи ҳолати шиддатнокӣ-деформатсионии иншооти гидротехникии фишордор ва бефишор»;
- банди 7 «Баланд бардоштани эътимоднокӣ ва устувории қисмҳои сарпӯш, транзитӣ ва охири иншооти гидротехникии гуногуни кубурҳо»;
- банди 11 «Эътимоднокии истифодаи иншооти гидротехникӣ, таҳияи меъёрҳои нави беҳатарии онҳо, системаҳои нави мониторинг ва мониторинги иншоот, такмил додани усулҳои таҳлили техникӣ ва мониторинги системаҳо ва объектҳои обӣ».

Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот.

Муаллиф ҳадафҳои таҳқиқотро мурабтаб ва ба миён гузошта, натиҷаҳои таҳқиқоти мунтазами геофизикии солҳои гузаштара ҷамъбаст намуда, натиҷаҳои таҳқиқоти ҳамҷонибаи ҳосиятҳои физикию механикӣ (чандирӣ, мустаҳкамӣ ва шаклдигаркунӣ)-и нақбҳои соҳтмони НС-1 ва НС-2-и НБО-и Роғунро бо истифода аз усулҳои акустикаи сейсмикӣ ва томографияи сейсмикӣ ошкор ва муайян кардааст.

Тавсияҳо оид ба таҳқиқи комплекси нақби обӣи Данғара бо усулҳои геофизикӣ тартиб дода шуда, усул ва системаи назорати дарбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ ва системаи худкори ченкунии назорати силсилавӣ дар тамоми тӯлнокии нақб тартиб дода шудаанд.

Тасвир ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия.

Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар конференсияҳои илмию амалии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ (КИА): конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Тоҷикистон ва ҷаҳони муосир: уфуқҳои нави ҳамкориҳои илмию техникӣ, иқтисодӣ ва инноватсионӣ» (Кӯлоб, 2022), сездаҳумин Мактаби байналмилалии теплофизикӣ «Теплофизика ва технологияҳои иттилоотӣ» дар заминаи ИМО ва Э АМИТ ва ДТТ ба номи академик М. Осимӣ (Душанбе, 2022), конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Интегратсияи илм, инноватсия ва истехсолот – асоси татбиқи технологияи таълими дуалӣ» (Кӯлоб, 2023), конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Истифодаи усулҳои муосири таълим дар муассисаҳои таълимӣ: Проблемаҳо ва дурнамо» (Душанбе, 2023), конференсияи байналмилалии илмӣ «Проблемаҳои муосири физикаи моддаҳои конденсатӣ» (Душанбе, 2023), конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Моделсозии математикӣ ва компютери равандҳои физикӣ» (Душанбе, 2023), конференсияи байналмилалии илмӣ-амалии «Захираҳои об, инноватсия, захираҳо ва сарфаи энергия» (Душанбе, 2023), конференсияи байналмилалии илмӣ-амалии «Ҳонишҳои ХП Ломоносовӣ», Қисми III. Илмҳои табиатшиносӣ (Душанбе, 2023), конференсияи илмию амалии ҷумҳуриявӣ (бо иштироки байналмилалӣ) «Энергетикаи

гармидиҳӣ ва хосиятҳои термофизикии моддаҳо» (Душанбе, 2023), семинари илмӣ «Таҳияи тавсияҳо оид ба санчиш, таъмири асосӣ ва ташкили системаи муосири мониторинги речаи гидротехникии нақби ирригатсионии Данғара», ДДД (Данғара, 2023), конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзуи «Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиатшиносӣ дар робита бо таълим ва истеҳсолот» (Данғара, 2024) ва ғ. маъруза ва муҳокима карда шуданд.

Интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия. Мазмуни асосии диссертатсия дар 22 таълифоти илмӣ, аз ҷумла 9 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи фехристи тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, 2 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон, 1 патенти Аврусиёгӣ, 7 мақола дар маводи конфронсҳои илмӣ сатҳи гуногун нашр шудаанд. Инчунин, муаллиф оид ба мавзӯ 3 дастури методиро интишор намудааст.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, ҷаҳор боб ва хулосаҳо иборат аст. Ҳаҷми умумии қор 163 саҳифа (аз ҷумла 143 саҳ. матни асосӣ), 51 расм, 20 ҷадвал, 5 замима, рӯйхати адабиёти истифодашуда 132 номгӯйро дар бар мегирад.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Дар муқаддимаи рисола аҳамияти мавзӯ асоснок, ҳадаф ва вазифаҳо муайян, навоари илмӣ ва аҳамияти амалии таҳқиқот инъикос гардида, рисолати асосии таҳқиқот пешниҳод шудааст. Саҳми шахсии муаллиф тавсиф ва эътимоднокии натиҷаҳо тасдиқ гардида, оид ба интишорот, сохтор ва ҳаҷми қор маълумот пешниҳод шудааст.

Дар боби якум – **"Баррасии таҷрибаҳои сохтмон ва истифодадихии нақбҳои гидротехникии Тоҷикистон"** таҷрибаи сохтмони нақбҳои гидротехникии обёрӣ дар Тоҷикистон (нақбҳои обёрии Вахш-Данғара ва Вахш-Ёвон), хусусияти умумӣ ва шароити муҳандисӣ-геологии нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2-и НБО Роғун, шароитҳои муҳандисӣ-геологӣ ва иншооти нақби обёрии Данғара ва таъсири байниҳамдигарии иншооти гидротехникӣ бо массиви чинсҳои кӯҳӣ мавриди баррасӣ қарор дода шудааст.

Дар Тоҷикистони Марказӣ дар зарфи 20 соли охир барои ҷумҳури навъҳои нави иншооти калони муҳандисӣ – 4 нақби нақлиётии дарозиашон аз 2,2 то 5,3 километр дар зери қаторкӯҳҳои Туркистон, Ҳисор, Рангон, Сарсарёк сохта ва ба истифода дода шуданд. Ҳамчунин, дар нерӯгоҳи барқи - обии Роғун беш аз 70 километр нақб барои таъиноти гуногун сохта шудаанд.

Дар навбати худ иншооти бузурги техногенӣ ба монанди ду нақби обёрӣ ва нақбҳои автомобилӣ ба қабатҳои геологӣ таъсир мегузоранд ва ин таъсир метавонад дар вақти қорҳои сохтмонӣ ва истифодабарии иншоот давом кунад.

Дар ҷадвалҳои 1 ва 2 маълумоти умумӣ дар бораи нақбҳои асосии роҳҳои мошингард ва обёрӣ дар Тоҷикистон оварда шудааст.

Чадвали 1. – Хусусиятҳои нақбҳои калони роҳҳои мошингард дар Тоҷикистон

Номгӯй	Шаҳристон	Истиклол	Хатлон	Озодӣ
Дарозӣ, км	5,253	5,040	4,430	2,223
Бландӣ аз сатҳи баҳр, м	2650	2700	1250	1190
Чараён м/с	120	110	230	230
Тавсифи чинсҳои атроф	Варақсангҳо, мрамар	Варақсангҳо, мрамар, вулқонитҳо	Регсангҳо, аргиллитҳо	Регсангҳо, гилҳо, аргиллитҳо

Чадвали 2. – Хусусиятҳои нақбҳои калони обёрии Тоҷикистон

Номгӯй	Вахш-Данғара	Вахш-Ёвон
Дарозӣ, км	5,253	5,040
Бландӣ аз сатҳи баҳр, м	2650	2700
Чараён, м ³ /с	120	110
Тавсифи чинсҳои атроф	Регсангҳо, аргиллитҳо	Регсангҳо, гилҳо, аргиллитҳо

Худуди Тоҷикистон хоси шароити мураккаби кӯҳӣ-геологӣ аст. Вобаста ба ин зимни гузаронидани корҳои сохтмонӣ дар нақбҳо мушкилоти зиёд дар худуди карстҳо, тарқишҳо, чинсҳои кӯҳии вайроншаванда ва мавзеҳои кафишдор пеш меоянд. Аз ин лиҳоз, дар минтақаҳои мазкур ҳиссаи зиёди корҳо ба корҳои тарқишӣ ва пармакунӣ рост меояд.

Хусусиятҳои физикӣ – механикӣ ва чандирии массаи чинсҳо аз хосиятҳои чинсҳои дар намуна буда, таъсир ба массаи тағйироти экзогенӣ, ки дар натиҷаи равандҳои бодхӯрдашавӣ ва сарбории фишорҳои табиӣ ба амал меоянд, инчунин ба таъсири тарқишҳои тектоникӣ ва кафидаҳо вобаста аст.

Шароити кӯҳӣ – геологӣ баистифодадихии нақбҳои сохтмонии соҳили чап НС-1 ва НС-2 асосан бо хусусиятҳои соҳти геологӣ массивҳои чинсҳои атроф муайян карда мешавад.

Тибқи шартҳои техникӣ, таҳқиқоти геофизикӣ дар нақби НС-1 дар ПК 4+48-6+13, 6+86-9+04 дар девораи чап ва дар ПК 4+48-6+21, 6+86-9+24 дар девораи рост; дар нақби НС-2 дар ПК 3+98-5+82, 6+43-8+42 дар девораи чап ва дар ПК 3+98-5+82, 6+46-8+42 дар девораи рост гузаронида шудаанд.

Шароитҳои тектоникӣ дар қитъаҳои корҳои геофизикӣ дар нақбҳои сохтмонӣ низ хеле мураккаб аст.

Бояд гуфт, ки хангоми ҳуҷҷатгузориҳои муҳандисӣ геологӣ нақбҳои сохтмонӣ ғафсшавии тарқишҳои калони тектоникӣ дар ПК 5+10-6+00 дар нақби №1 ва дар ПК 4+60-5+90 дар нақби №2, дар табақаи алевролитҳои свитаи Обигарми поёнӣ (K_{10b1}) мушоҳида шудааст.

Дар боби дуюм – “Истгоҳҳои иктишофи сеймикӣ ва коркарди натиҷаҳои сеймикӣ” усулҳо ва таҷҳизоти геофизикаи муҳандисӣ, истгоҳҳои муҳандисӣ-иктишофи сеймикӣ баррасӣ гардида, мақтаъсозии сеймикӣ қад-қади деворҳои нақбҳои сохтмонӣ бо усули мавҷҳои шикаста дар асоси таҳқиқоти гузаронидашуда оварда шудааст. Ҳамчунин натиҷаи таҳлилҳои томографияи

сеймикӣ дар қитъаи нақбҳои сохтмонӣ, мақтаъсозии ултрасадоӣ аз рӯи сатҳи бетон гузаронида ва аз ҷиҳати илмӣ асоснок карда шудааст.

Солҳои охир муҳаққиқони мамлакатҳои гуногун барои аз ҷиҳати илмӣ асоснок кардани нақши оптималии усулҳои геофизикӣ дар комплекси умумии таҳқиқот бо назардошти ҳам тамоюлҳои умумии инкишофи геологияи муҳандисӣ ва геофизикӣ ва ҳам мураккабии рузафзуни масъалаҳои муҳандисии ҳалшаванда кӯшиш карданд.

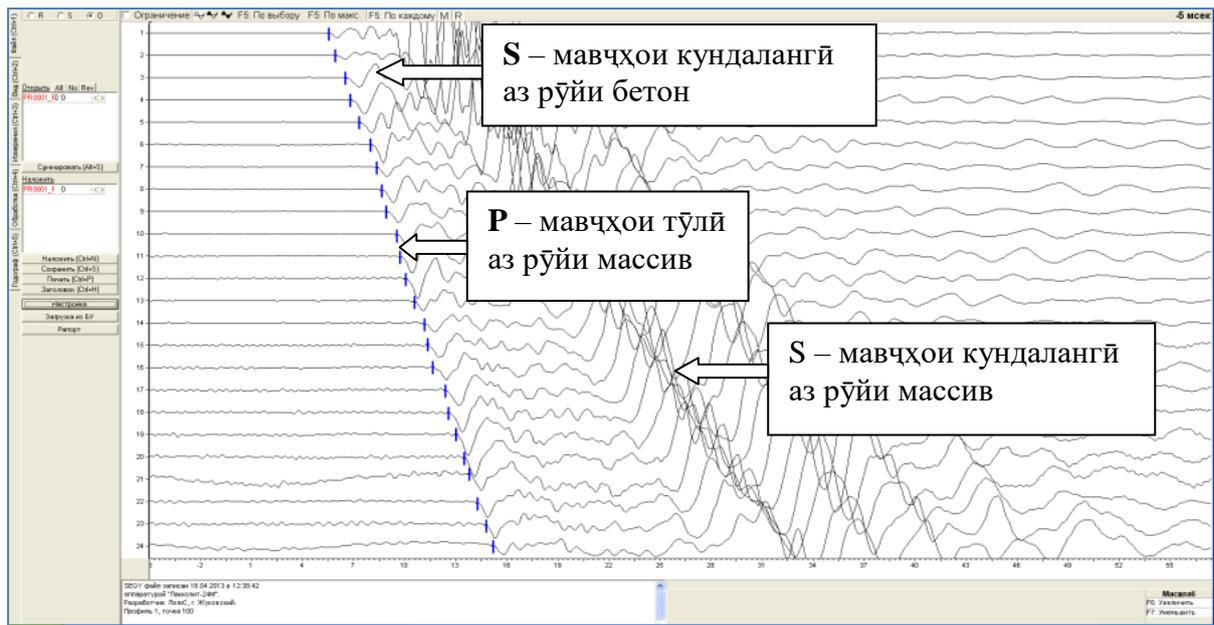
Қорҳои саҳроии иштирофи сеймикӣ оид ба мушоҳидаҳои нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2-и НБО-и Роғун бо маҷмӯи таҷҳизоти сеймикӣ, аз ҷумла истгоҳи рақамии сеймикии «Лакколит 24-М2», «Лакколит 24-М4», ЭЛЛИСС-3 ва асбоби 24-каналаи рӯйзаминии сеймикии бо маҷмӯаҳои сеймикии ширкати «ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл» барои бақайдгирии ҷузъи "Ҷ-Ҷ" қабул карда шуданд.

Мақтаъсозӣ қад-қади деворҳои нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2 бо истифода аз системаи ҳафтнуқтавӣ бо қадамгузори байни геофонҳо - 2 м гузаронида шуд. Нуқтаҳои барангезандаи ларзиш (ПУ) дар масофаи 22 м аз аввал ва охири таваққуфгоҳ, дар геофонҳои якум, панҷум, понздаҳум, ҳабдаҳум ва бисту чаҳорум ҷойгир шудаанд (расми 1). Хурӯчкунии ларзишҳо аз зарбаи болға бо ҷамъшавии такрорӣ ба амал меомаданд.



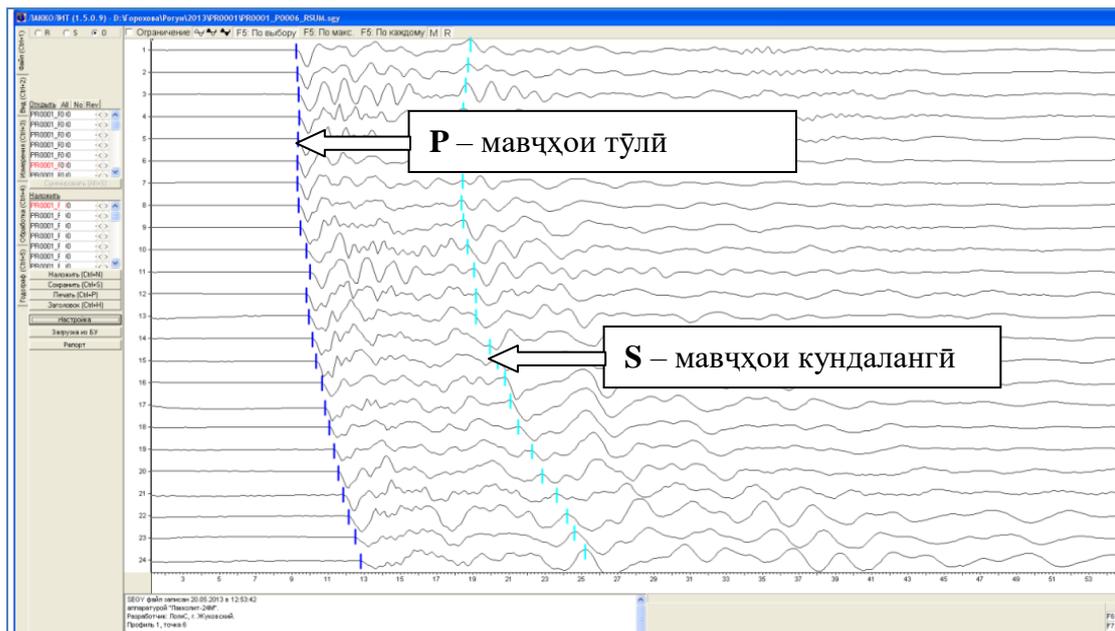
Расми 1. – Нақшаи мақтаъсозии сеймикӣ қад-қади девораи нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2

Намунаи сейсмограммаи бадастовардашуда дар расми 2 нишон дода шудааст. Мавҷ дар бетон бо истифода аз полоишкунӣ барои таносуби боэътимоди вақти расидани мавҷҳои муфид паҳш карда шуд.



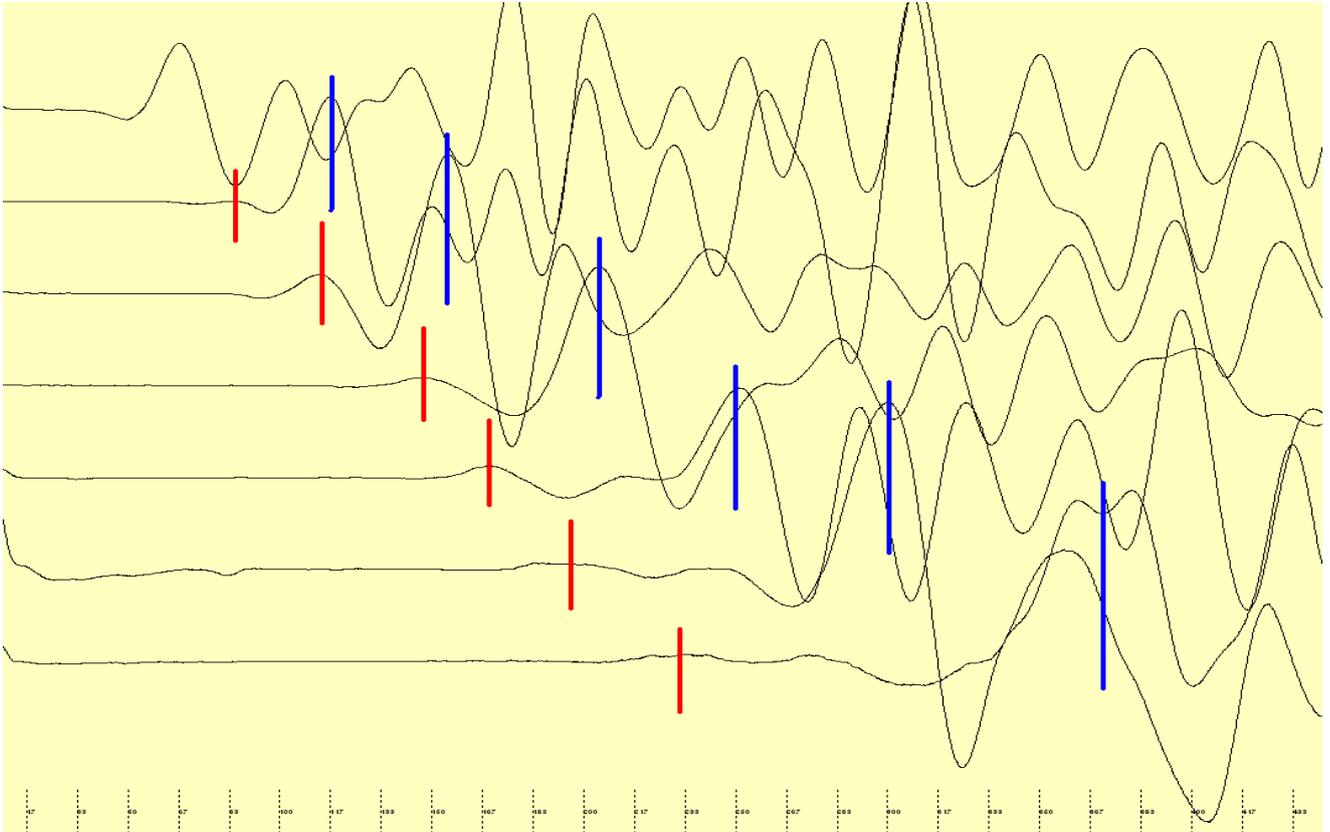
Расми 2. – Намунаи сейсмограммаҳо, ки хангоми мақтаъсозии девораи рости нақби тартиб (ярус)-и яқум НС-1, ПК 6+86-7+32, нуқтаи зарба дар масофаи 22м аз кабулкунаки сейсмикии 1-ум гирифта шудааст

Барои муайян намудани қимати суръати мавҷҳои гуногуни сейсмикӣ имкон медихад, ки тақсимои зичии модда дар дохили сутуни байни коркардҳои кӯҳӣ ҳисоб карда шаванд ва барои ба даст овардани тасвирҳои сеченакаи ғайритабиатӣ (гетерогенӣ) дар сутун (массив)-и байни коркардҳо усули томографияи сейсмикӣ истифода бурда мешавад. Мавҷҳои сейсмикӣ тавре равна карда мешаванд, ки дар байни коркардҳои кӯҳӣ ҷинсҳои аз тарафи геофизикҳо омӯхташаванда «рӯшан» шаванд (расми 3).



Расми 3. – Мисоли сейсмограммаҳои хоси шуӯбдиҳии сейсмикӣ (томографӣ) байни НС-1 ва НС-2

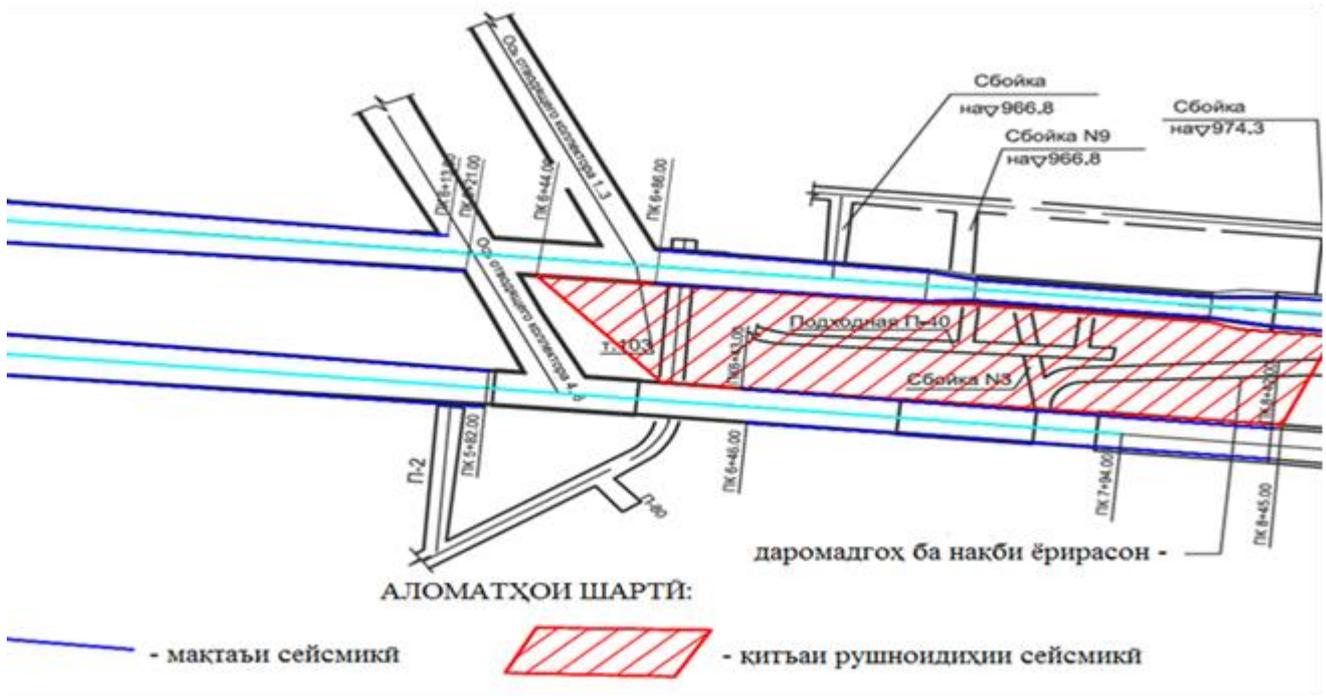
Омодагии пешакии бетон ба мо имкон дод, ки натиҷаҳои ибтидоии ултрасадоии сифати хуб ва қаноатбахшро ба даст орем. Дар сейсмограммаҳои саҳроӣ (расми 4) вақти паҳншавии мавҷҳои чандирӣ (тӯлӣ ва арзӣ) бараъло аён аст.



Расми 4. – Намунаи сейсмограммаҳои ултрасадоӣ барои қитъаи НС-2, ПК 0+21, бо ҷудо намудани мавҷҳои тӯлӣ – ранги сурх, мавҷҳои кўндалангӣ – ранги кабуд

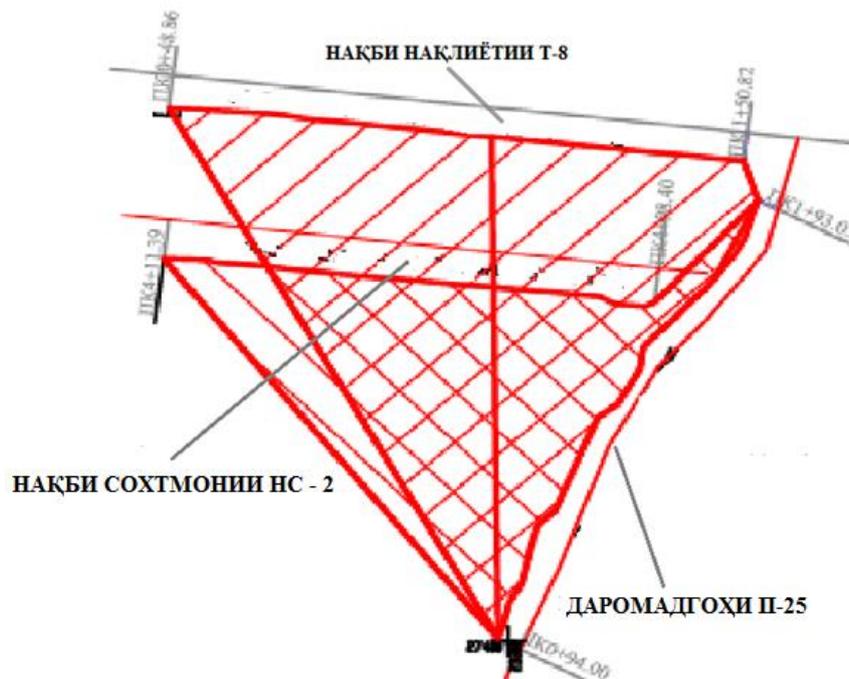
Боби сеюм – “Баррасии ҳолати нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС – 2 пас аз истифодабарии тӯлонӣ” ба таҳқиқи ҳолати нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2 пас аз истифодабарии тӯлонӣ бахшида шудааст. Дар боби мазкур хусусияти қитъаҳои нақбҳои сохтмони тартиби (яруси) 1-ум ва 2-юм аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқоти қаблии аз тарафи дигар таҳқиқотчиён иҷрошуда тавсиф гардидааст. Хосиятҳои устуворию чандирии нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2 аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқоти геофизикӣ, ҳолати муосири массивҳои шахӣ дар қитъаи нақбҳои сохтмони тартибҳои 1-ум ва 2-юм муайян карда шуда, бо натиҷаҳои таҳқиқоти соли 2013 мавриди муқоисаи илмӣ қарор гирифтаанд.

Тибқи таҳқиқоти геофизикии гузаронидашуда дар нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2 (расми 5) мақтаъи сеймикӣ дар девораи чапи ПК 4+48-6+13, 6+86-9+04 ва дар ПК 4+48-6+21, 6+86-9+24 дар девораи ростии нақби НС-1, ПК 3+98-5+82, 6+43-8+42 қад-қади девораи чап ва дар ПК 3+98-5+82, 6+46-8+42 қад-қади девораи ростии нақби НС-2 гузаронида шуданд.



Расми 5. – Нақшаи гузаронидани таҳқиқоти геофизикӣ бо усули мақтаъсозии сейсмиқӣ ва шуоъдиҳӣ дар қитъаҳои нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2

Томографияи сейсмиқӣ байни сутунчаҳои нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2, байни гузариш П-25 ва нақби нақлиётӣ Т-8, байни гузариш П-25 ва нақби сохтмони НС-2 дар асоси нақшаи дар расми 6 гузаронидашуда, оварда шудаанд.



Расми 6. – Нақшаи гузаронидани шуоъдиҳии сутунҳо дар нақбҳои зерзаминӣ

Тибқи натиҷаҳои мақтаъсозии ултрасадоӣ аз рӯйи сатҳи бетон дар оғози нақби сохтмони НС-1 бетон ба навъи М250 мувофиқ аст, ба ғайр аз ПК 0+24 (М350) ва ПК 0+10 (М450), ки ба сифати хубу аъло мувофиқат мекунад. Дар нақби сохтмони НС-2 навъи М250 ба бетони ПК 0+21 ва 0+23 (тарафи чап), дар тарафи рости ПК 0+23 тамғаи М350 гирифта шуд, ки ин ҳам аз сифати хуб шаҳодат медиҳад. Аммо дар ПК0+25 НС-2 ҳолати бетон бадтар аст – дар тарафи рост он ба навъи М150, дар арка бошад – ба навъи М200 мутобиқат мекунад.

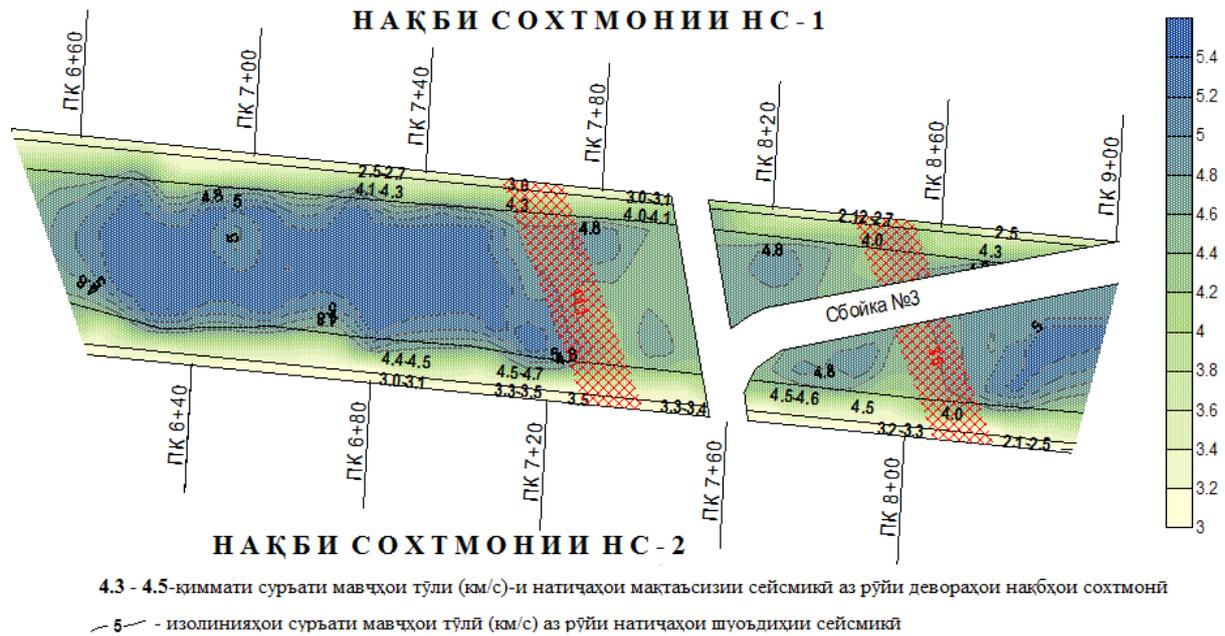
Мутобиқ ба таҳқиқоти тавассути усулҳои геофизикӣ гузаронидашуда дар нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2 (расми 7) шуъбҳои сейсмикии сутунҳои байни ПК 6+44-9+04 нақби сохтмони НС-1 ва ПК 6+17-8+45 нақби сохтмони НС-2, байни ПК 0+94-1+93 гузариш П-25 ва ПК 4+11-4+98 НС-2 ва байни ПК 0+94-1+93 П-25 ва ПК 0+49-1+51 нақби нақлиёти Т-8-ро ташкил додааст.

Сутуни таҳқиқшуда аз регсангҳои свитаҳои Обигарми боло K_{10b2} ва Карауз K_{1kr} иборат аст. Дар расми 7 натиҷаҳои шуъбҳои сейсмикӣ байни ПК 6+44-9+04 нақби сохтмони НС-1 ва ПК 6+17-8+45 нақби сохтмони НС-2 дар шакли харитаи изолинияҳои суръат нишон дода шудааст.

Байни ПК 7+60-8+60 – и нақби НС-1 ва ПК 7+20-8+20-и нақби НС-2 дар таҳшиниҳои Обигарми боло ва дар сарҳади таҳшиниҳои Қарауз минтақаи сустшуда ҷудо карда мешавад, ки дар он қимати V_p то 4600-4800 м/с кам мешавад. Ин камшавӣ бо таъсири ду таркиш (рақамҳои 111 ва 35), инчунин таъсири минтақаи борфарории атрофи навъи №3, ки дар ин ҷо воқеъ аст, шарҳ додан мумкин аст.

Натиҷаҳои бадастомада аз заифшавии назарраси массив дар минтақаи борфарории фаъл ($V_p < 2900$ м/с, қиматҳои η ба 10 % наздик, $E_\Sigma < 2400$ МПа) шаҳодат медиҳанд. Аз он ҷумла, дар ПК 4+48-9+04 дар девори чап ва ПК 4+48-7+40, 8+30-9+24 дар девори рости НС-1 ва дар ПК 3+98-4+40, 5+00-5+82, 8+60-8+42 дар девори чап ва ПК 3+98-5+82, 7+20-8+42 гузаронидани сементатсияи пуркуниро талаб мекунад.

Нисбат ба натиҷаҳои таҳқиқоти солҳои қаблӣ дар қитъаҳои нақбҳои сохтмонӣ дар ҳолати ҷинсҳои массивҳои атроф амалан тағйироти ҷиддӣ ба амал намеояд. Афзоиши начандон зиёди қимати V_p дар минтақаи борфарории фаъл пас аз барқарор кардани сохтмон метавонад бо бартарард кардани қабати сустшуда ҳангоми корҳои сохтмонӣ, инчунин фишурдани массив шарҳ дода шавад. Дар минтақакҳое, ки аз таркишҳо ва шикастаҳо таъсири манфӣ доранд, афзоиши қимати V_p аз 3200-3400 м/с то 3300-4100 м/с дар минтақаи борфарории заиф ва аз 4000-4400 м/с то 4500-4800 м/с дар массиви нисбатан вайроннашуда ба мушоҳида мерасад. Чунин дигаргуниҳоро бо тадбирҳои мустаҳкам намудани массивҳо (сементатсия, лангар), ки дар қитъаҳои сустшуда гузаронида мешаванд, шарҳ додан мумкин аст.



Расми 7. – Нақшаи таҳқиқоти сейсмикии сутунҳо байни нақбҳои сохтмони НС-1 ва НС-2

Дар боби чаҳорум – "Коркарди тавсияҳо барои санҷиш, таъмири асосӣ ва таҳияи системаи муосири мониторинг аз болои речаи гидравликии нақби обёрии Данғара" тавсияҳо оид ба таҳқиқи нақби обёрии Данғара бо усулҳои геофизикӣ (мақтаъсозии сейсмикӣ, муайян кардани сифати бетон, мақтаъсозии ултрасадоӣ дар сатҳи бетон, пармачоҳҳои термометрӣ), системаи назорати силсилавии тағйирёбии суръати сели обӣ ва речаи гидравликӣ дар нақбҳо коркард ва пешниҳод карда шудааст.

Бехатарии ба истифодадихии нақбҳои гидротехникӣ бо маҷмӯи нишондихандаҳои зерин тавсиф карда мешавад: - ҳолати массаи хокии атрофи иншооти нақбӣ; - ҳолати иншооти сохтмонӣ.

Баҳодихии ҳолати техникӣ иншоот аз рӯи нишондихандаҳои дар боло зикршуда дар марҳилаи сохтмон ва истифодабарии он бо роҳи азназаргузаронӣ ва назорат мувофиқи талаботи меъёру қоидаҳои сохтмонӣ сурат мегирад.

Санҷиши ҳолати техникӣ иншооти нақбҳо дар се марҳила гузаронида мешавад: 1) тайёрӣ ба гузаронидани ташхисҳо; 2) ташхиси чашмдид; 3) ташхиси асбобӣ.

Минбаъд, мо коркарди тадбирҳои муҳандисиро оид ба ташхиси асбобии нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодаи тӯлонӣ бо истифода аз усулҳои таҳқиқоти геофизикӣ баррасӣ мекунем.

Дар қадвали 3 таркиб ва ҳаҷми корҳои таҳқиқотӣ дар нақби обёрии Данғара тавассути усулҳои геофизикӣ оварда шудаанд.

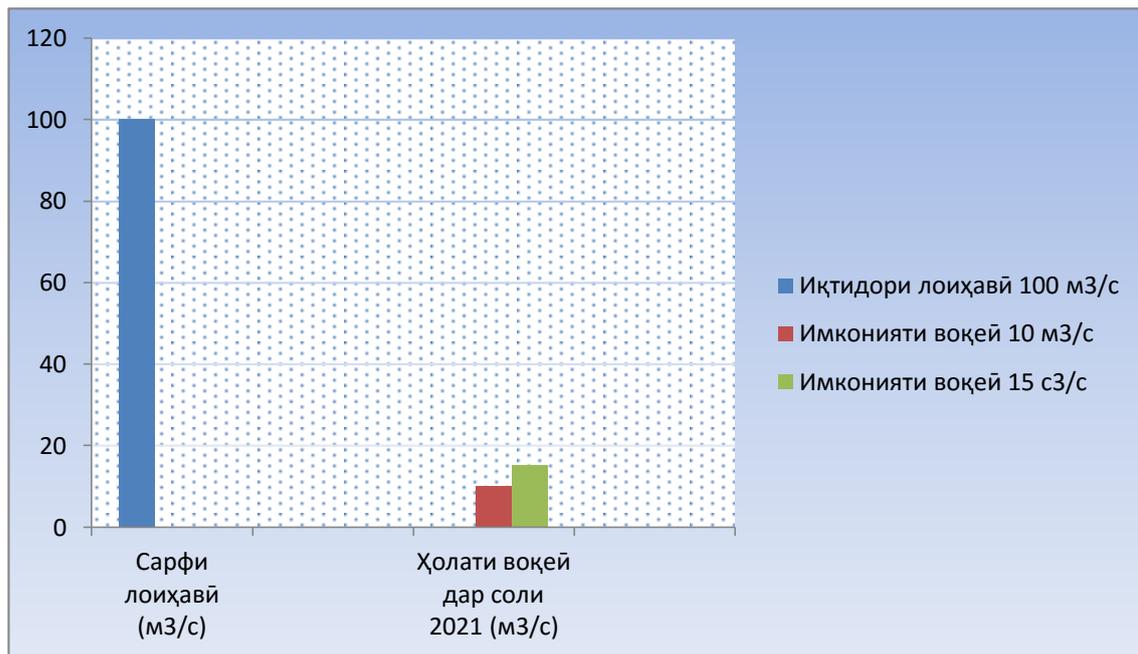
Ҷадвали 3. – Ҳаҷм ва намудҳои усулҳои таҳқиқоти геофизикӣ

Намудҳои кор	Ҳаҷм
Мақтаъсозии сеймикӣ (УКМШ) (УМШ)	2800 ф.т.
Усули муайян намудани сифати бетон тариқи усули болғаи Шмидт	5600 ф.т.
Мақтаъсозии ултрасадоӣ дар сатҳи бетон	1000 ф.т.

Аз лаҳзаи ба истифодадиҳии нақби обёрии Данғара, ки дарозияш 13 813 метр мебошад, 35 сол сипарӣ гаштааст. Тайи солҳои дароз ин иншооти азими гидротехникӣ тамоми водии Данғараро бо об бе танаффус таъмин менамояд (расми 8).

Дар натиҷаи таҳқиқот ба мо муяссар гардид, ки қитъаҳои харобшуда ва зарардидаро дар нақби асосӣ ва нақбҳои сохтмони рақамҳои 1, 2, 3 ва 4 муайян намоем. Дар заминаи маълумоти ташҳиси чашмдид, ҳаҷми корҳо дар қитъаҳои зарардида ҳисоб ва тадбиру чорабиниҳо вобаста ба гузаронидани корҳои таъмиру барқарорсозӣ пешниҳод карда шудааст.

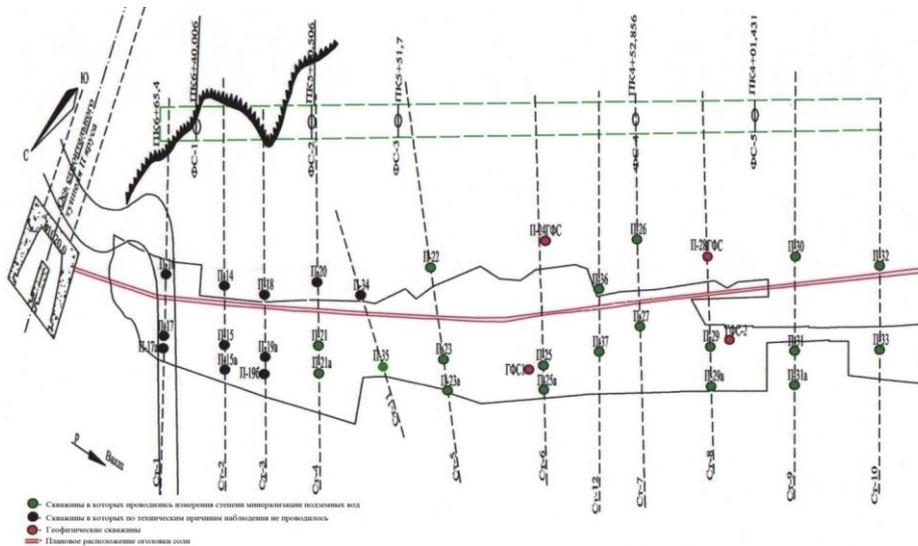
Мушоҳидаҳо аз рӯи ҳолати нақбҳои гидротехникӣ ба воситаи асбобҳои фосилавӣ хангоми истифода ва азназаргузаронии чашмдид дар ҳолате, ки фаъолияти нақбҳо боздошта мешавад, ба роҳ монда мешаванд. Таҷҳизоти фосилавӣ (системаи иттилоотӣ-ташҳисӣ – СИТ) на ҳамеша дар бораи вазъияти нақбҳо маълумоти мукамал медиҳанд.

**Расми 8.** – Динамикаи муқоисавии сарфи об аз дарвозаҳои идоракунии нақби асосӣ вобаста ба иқтидори лоиҳавӣ ва ҳолати воқеӣ

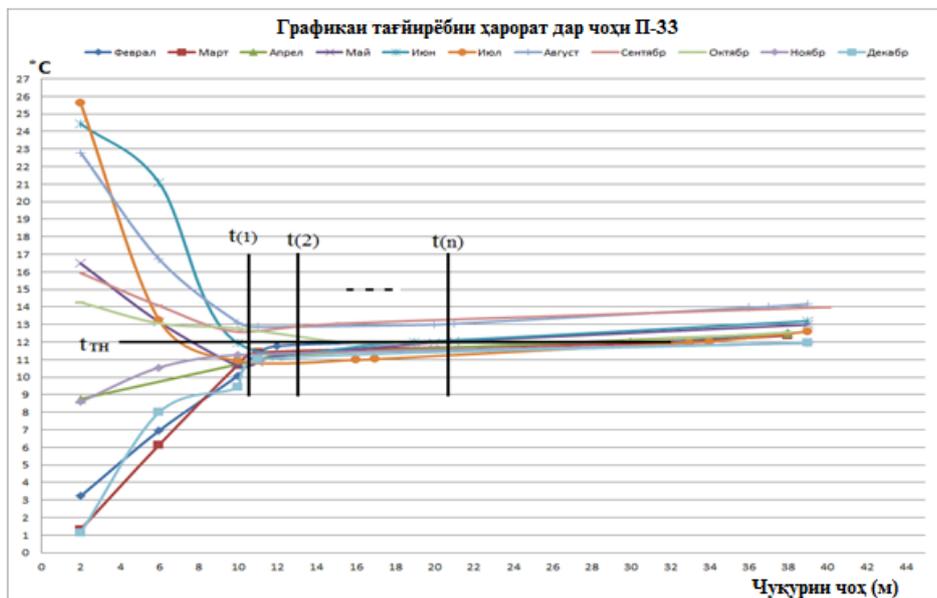
Татбиқи назарияи гармӣ ва массагузаронӣ имкон медиҳад, ки суръати сели об дар нақбҳои гидротехникӣ, дарёҳо, чӯйборҳо, каналҳо ва қубурҳо муайян карда шавад. Ҳаракати об тавассути нақбҳои гидротехникӣ, дарёҳо, каналҳо ва қубурҳо интиқоли оммавии моеъ мебошад, ки бо интиқоли гармӣ аз муҳити зист ба амал бароварда мешаванд. Суръати сели об чӣ қадар зиёд

бошад, суръати интиколи гармӣ аз муҳити атроф ва чуқурии тағйирёбии ҳарорат низ ҳамон қадар зиёд мешавад.

Нақшаи ҷойгиршавии қитъаҳо ва пезометрҳо дар расми 9 нишон дода шудааст. Дар расми 10 бошад, нақшаи тағйирёбии ҳарорат дар пезометри П-33 аз сабаби тағйирёбии мавсими (солона)-и фаъолияти офтобӣ пешниҳод гардидааст.



Расми 9. – Нақшаи ҷойгиршавии пармаҷоҳҳои пезометрӣ дар қитъаи соҳили чапи қабати намакии дарёи Вахш

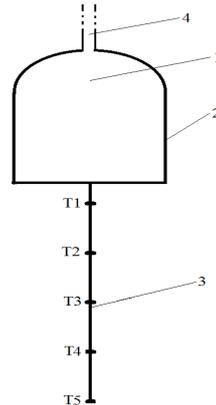


Расми 10. – Нақшаи тағйирёбии ҳарорати об дар П-33

Дар пояи нақб барои идоракунии пурра мушоҳидаҳои тағйирёбии ҳароратро дар ҳамворию амудӣ вобаста аз чуқурӣ дар чанд қитъа ташкил кардан мумкин аст (расми 11).

Вақте ки ҳарорати моеъ ба нуқтаи T_1 мерасад, пас ҳангоми ба даст овардани муодилаи эмпирикии сатҳи оянда нуқтаи T_1 истисно мегардад. Ҳамин тариқ, зиёдшавии тадриҷан дар минтақаи ҳарорати гармидиҳандаи

фарогирии нуктаи T_1 то нуктаи T_5 , пай дар пай нуктаҳои ҳарорат ҳангоми ба даст овардани муодилаи сатҳи оянда баргараф карда мешаванд.



Расми 11. – Нақшаи ҷойгиршавии ҳисобкунакҳои ҳароратӣ дар пояи нақбҳо (1- буриши нақб, 2 - рӯйпӯши оҳану бетонӣ, 3 - ҳисобкунакҳои ҳароратӣ ба миқдори 5 адад, бо қадаммонии 10 м, 4 - нақби азратсионӣ)

Дар ҷадвали 4 нақша ва алгоритми хулосаҳои пайдарпайии муодилаи эмпирикӣ ва истифодаи он нишон дода шудааст.

Ҷадвали 4. – Алгоритми хулосаҳои пайдарпайии муодилаи эмпирикӣ ва истифодаи он

Миқдори нуктаҳо	$T_1 \div T_5$	$T_2 \div T_5$	$T_3 \div T_5$	$T_4 \div T_5$
Муодилаи эмпирикӣ	$t(i, 1) = a_i h(i, 1) + b_i$	$t(i, 2) = a_i h(i, 2) + b_i$	$t(i, 3) = a_i h(i, 3) + b_i$	$t(i, 4) = a_i h(i, 4) + b_i$
Ҳал	$h(i, 1) = \frac{t(i, 1) - b_i}{a_i}$	$h(i, 2) = \frac{t(i, 2) - b_i}{a_i}$	$h(i, 3) = \frac{t(i, 3) - b_i}{a_i}$	$h(i, 4) = \frac{t(i, 4) - b_i}{a_i}$
$\Delta h_{\text{тн}}$ ҳангоми $T(i+1) - T(i)$	$h(i+1, 1) - h(i, 1)$	$h(i+1, 2) - h(i, 2)$	$h(i+1, 3) - h(i, 3)$	$h(i+1, 4) - h(i, 4)$

Усули пешниҳодшуда ва системаи мушоҳида имконият медиҳанд, ки суръати сели об дар нақбҳо муайян карда шавад. Инчунин, усул ва системаи мушоҳида имкон медиҳанд, ки дар асоси набзи ҳарорат ва паст шудани қимати интиқоли массаи гармӣ тағйир ёфтани речаи гидравликии нақб дар натиҷаи ба вучуд омадани фуруравихо ва ҷӯйборҳо дар поя, ки боиси паст шудани суръати сели об мегардад, муайян карда шавад.

Барои муайян кардани сарфаи об ба системаҳои кушоди обёрӣ ва захбурҳо, дарёҳои табиӣ ва сунъӣ, каналҳо, коллекторҳои обпарто ва дигар маҷрои обҳо усулу асбобҳои ченкунии суръати миёнаи сели об хело зиёданд.

Дар нақбҳои гидротехникӣ барои чен кардани суръати сели об усулҳо ва асбобҳои ченкунӣ мавҷуд нестанд. Бо назардошти ин муаллиф дар зербоби 4.3 – и рисола усули чен кардани суръати сели обро дар нақбҳо бо истифода аз назарияи гармигузаронии масса пешниҳод кардааст.

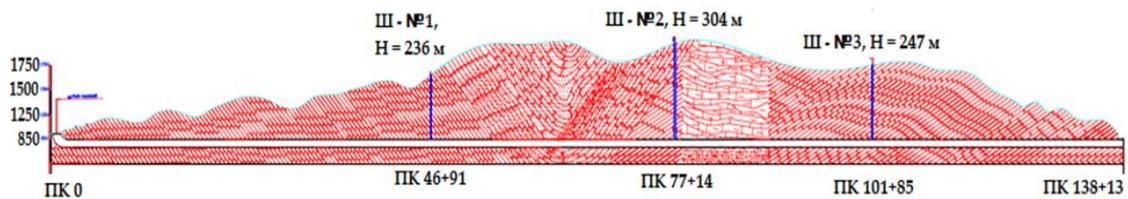
Бо истифода аз ин усул системаи худкори ченкуниро дар асоси силсилавии асбобҳои назорати речаи гидравликии нақби обёрии Данғара, ки дарозиаш зиёда аз 14 километр аст, сохтан мумкин аст (расми 12).

Нақби обёрии Данғара кайҳо боз ба истифода дода шудааст ва аз ин рӯ, ба таъмири капиталӣ эҳтиёҷ дорад. Аз сабаби он, ки сохтани системаи

худкори ченкунӣ дар асоси ҷойгиркунии силсилавии таҷҳизоти баҳри назорати речаи гидравликӣ ба рафти корҳои барқароркунии садамавӣ ҳалал нарасонад, таҷҳизот аз сатҳи замин дар болои нақб гузошта мешаванд.

Мо аз сатҳи замин бевосита қад-қади меҳвари нақб ҷоҳҳои диаметрашон 72 миллиметрро парма карда, сими гармидиҳандаи иборат аз 5 ҳисобкунаки ҳароратро, ки ҳар қадамаш 10 метр аст, васл мекунем. Шумораи умумии ҷоҳҳо 14 ададро ташкил медиҳад, ки бо ҳисоби як ҷоҳ дар 1 километр баробар аст (расми 13).

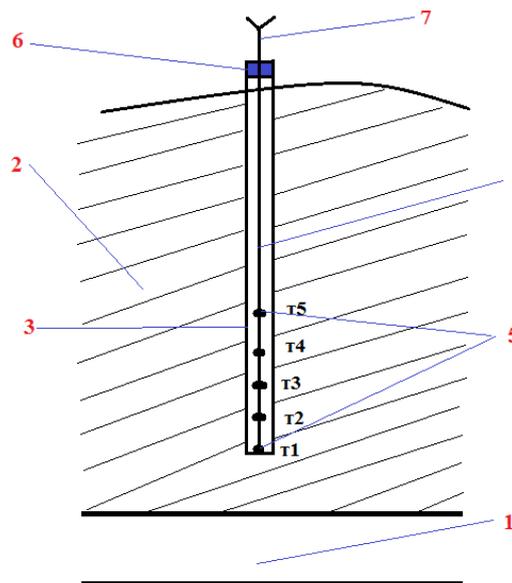
Буриши геологӣи Нақби обёрии Данғара



Нақшаи Нақби обёрии Данғара



Расми 12. – Буриши геологӣ ва нақшаи ҳолатии нақби обёрии Данғара: 1- нақби гидротехникии фишорӣ, 2-толори дарвозаҳо, 3- ҷоҳи мавҷшिकан, 4- нақби сохтмони №4, 5- нақбҳои сохтмони №2, 6-нақби сохтмони №3, 7- нақби сохтмонӣ №1, 8- шахтаи аэратсионӣ, 9-нақби гидротехникии бефишор, 10-портالي баромадгоҳ, 11- портали даромадгоҳ



Расми 13. – Нақшаи ҷихозонидани бофтаи термометрӣ дар нақбҳо: 1-нақб, 2-чинси кӯҳӣ, 3-пармаҷоҳе, ки болои он қубураи пулодӣ шинонида шудааст, 4- бофтаи термометрӣ, 5- ҳисобкунакҳои ҳарорат, 6-блоки беноқили интиқоли натиҷаҳо, 7 – маҷгирак

ХУЛОСАҶО

1. Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия

1. Натиҷаҳои таҳлилу таҳқиқоти сейсмоакутиқии массивҳои атрофи нақбҳои сохтмонӣ нишон медиҳанд, ки суръати мавҷҳои дарозрӯя (V_p) вобаста аз дараҷаи борфарорихо тағйир ёфтаанд: 4500-4900 м/с дар массиви вайроннашуда, 2500-3100 м/с дар минтақаи борфарорихои ғаёл ва 3300-4100 м/с дар минтақаи борфарорихои заиф. Дар натиҷаи андешидани чорабиниҳо оид ба устуворкунии массив дар қитъаи девори муқобил (дар минтақаи фуруравии пешбинишуда ба тарафи девораи чапи нақби сохтмони НС-2) хело беҳтар гардидани ҳолат ба назар мерасад. Ҳамин тавр аз рӯйи натиҷаҳои таҳқиқоти ултрасадоӣ суръати мавҷҳои дарозрӯя (3040 – 4540 м/с) ва мавҷҳои кундалангӣ (1660 – 2500 м/с) муайян карда шуданд [8–М, 9–М, 13–М].

2. Муайян карда шуд, ки регсангҳои свитаи Қизилтош K_{1kz} , алевролитҳои свитаи Обигарми поён K_{1ob} , регсангҳои свитаи Обигарми боло K_{1ob2} ва регсангҳои свитаи Қаракӯз бо қиматҳои миёнаи суръати мавҷи тулонӣ дар минтақаи борфарорихи ғаёл аз 2500 то 3200 м/с, дар минтақаи борфарорихи заиф аз 3300 то 4800 м/с ва зиёда аз 4800 м/с дар минтақаи чинсҳои вайроннашуда хос аст. Ғафсии минтақаи борфарорихи ғаёл ба ҳисоби миёна, барои ҳамаи чинсҳои дар боло зикршуда 1-4 метр ва дар минтақаи борфарорихи заиф 4-8 метрро ташкил медиҳад [8–М, 9–М, 13–М].

3. Усули таҳияшуда ва муодилаҳои пешниҳодгардида барои муайян кардани суръати чараёни об имкон медиҳад, ки ивазшавии суръати чараёни об ва тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳо муайян карда шавад [4–М, 6–М, 14–М, 15–М, 18–М].

4. Системаи худкори ченкунанда дар асоси ҷойгиркунии силсилавии таҷҳизоти ченкунандаи ҳарорат барои назорати речаи гидравликӣ дар Нақби обёрии Данғара пешниҳод гардидааст [4–М, 6–М, 14–М, 15–М, 18–М].

2. Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

1. Дар минтақаҳое, ки аз тарқишҳо ва шикастаҳо таъсири манфӣ дидаанд, афзоиши қимати V_p аз 3200-3400 м/с то 3300-4100 м/с дар минтақаи борфарорихи заиф ва аз 4000-4400 м/с то 4500-4800 м/с дар массиви нисбатан вайроннашуда ба мушоҳида мерасад. Чунин дигаргуниҳоро дар қитъаҳои суштшуда ба воситаи мустаҳкам намудани массивҳо (сементкунӣ, лангарзанӣ), бартараф намудан мумкин аст.

2. Ҷиҳати гузаронидани таҳқиқоти геофизикии нақби обёрии Данғара тавсияҳои зерин пешниҳод карда мешаванд:

- мактаъсозии сеймиқии деворҳои рост ва чапи нақби обёрии Данғара;
- таҳқиқот бо усули болғаи Шмидт барои муайян кардани сифати бетон дар ҷаҳор нуктаи атрофи нақб дар масофаи қадамҳои муайян дар роҳи нақб;
- мактаъсозии ултрасадоӣ аз рӯйи бетон дар қитъаҳои интиҳобшудаи нақб.

3. Ба воситаи усули коркардгардида ва формулаи ҳосилшуда, метавон суръати тағйирёбии сели об ва речаи гидравликиро дар нақбҳо муайян карда шавад.

4. Системаи худкори ченкунӣ бо ҷойгиркунии силсилавии таҷҳизоти ченкунии хароратро барои назорати речаи гидравликии нақби обёрии Данғара пешниҳод карда мешавад.

РҶҶҲАТИ АДАБИЁТИ ИСТИФОДАШУДА

[1].Варга А.А. Инженерно-геологический анализ скальных массивов. –М.: Недра, 1988. – 216 с.

[2].Газиёв Э.Г. Механика горных пород в строительстве. –М.: Стойиздат, 1973. – 176 с.

[3].Геофизические исследования скальных оснований гидротехнических сооружений / Под ред. А.И. Савича. –М., 1983. – С. 167 (Труды «Гидропроекта», Вып. 89).

[4].Горяинов Н. Н., Ляховицкий Ф. М. Сейсмические методы в инженерной геологии. – М.: Недра, 1974.

[5].Давлатшоев С.К. Влияние объёмного нагружения скальных пород подземного помещения на процесс релаксации самонапряжённого состояния алевролитового массива. Гидротехническое строительство, №1, 2022. –С. 6-12.

[6].Коптев В. И. Распределение скоростей в окрестности цилиндрических выработок в связи с их напряженным состоянием. – М., 1971. – С. 41 – 61 (Труды «Гидропроект»; Вып. 21).

[7].Куянджич Б. Д. Исследование механических свойств скальных пород в Югославии // Вестн. МГУ. Сер. геология. – 1971. - № 1.

[8].Никитин В. Н. Основы инженерной сеймики. М.: Изд МГУ, 1981. – 176 с.

[9].Опыт оценки качества укрепительной цементации скальных пород сейсмоакустическими методами на Ингурскоой ГЭС / А. И. Савич, З. Г. Ященко, А. А. Горбунов // Гидротехническое строительство. – 1977. - № 12.

[10].Парфенов В. Д., Савич А. И., Фишман Ю. А. Методы определения напряженного состояния скальных массивов на участках строительства гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 1984. - № 2. – С.5- 20.

[11].Савич А. И., Ященко З. Г. Исследование упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами. – М.: Недра, 1979. – 214 с.

[12].Савич А.И., Шаумян Л.В. Опыт изучения масштабных эффектов в механике горных пород // Инженерная геология. -1986. -№2. –С. 12-25.

[13].Фазылов А.Р. Законодательная база в области безопасности гидротехнических сооружений в Таджикистане. Водные ресурсы, энергетика и экология. 2021. Т. 1. № 3. С. 9-17.

[14].Хасанов Н.М., Абдужабаров А.Х. Монография //Сейсмостойкость подземных транспортных сооружений. – Душанбе, 2022. – 239с.

[15].Шаумян Л.В. Природа физико-механических свойств массивов горных пород. –М.: Изд-во МГУ, 1989. -190 с.

ИНТИШОРОТ АЗ РҶӢИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

а) Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои тақризшаванда ва эътирофнамудаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр гардидаанд:

[1–М]. Тоирзода С.Т. Муайян намудани ҳолати корӣ ва қитъаҳои зарардидаи нақби обёрии Данғара бо пешбини чорабиниҳои таъмирӣ [Матн] / Тоирзода С.Т. // Маҷаллаи илмӣ-техникӣ “Паёми политехникӣ”, бахши таҳқиқоти муҳандисӣ, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ №1 (61). – Душанбе, с. 2023, – С.212-218. – ISSN 2520-2227.

[2–М]. Тоирзода С.Т. Усули назорати чараёни полоиш дар асоси сарбанд [Матн] / Давлатшоев С.Қ., Шамсуллоев Ш.А., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., // Паёми Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон №2 (53). – Душанбе, с. 2023, – С. 15-25. – ISSN 2707-8000.

[3–М]. Тоирзода С.Т. Муайян намудани ҳолати корӣ ва қитъаҳои зарардидаи нақби обёрии Данғара бо пешбини чорабиниҳои таъмирӣ [Матн] / Тоирзода С.Т. // Маҷаллаи назариявӣ ва илмию истехсолии “Кишоварз”-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур №3 (100). – Душанбе, с. 2023, – С.134-141. – ISSN 2074-5435.

[4–М]. Тоирзода С.Т. Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.Қ., Тоирзода С.Т., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(3). – Душанбе, 2023 г., – С. 67-73. – ISSN 2789-0953.

[5–М]. Тоирзода С.Т. Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотины [Текст] / Давлатшоев С.Қ., Шамсуллоев Ш.А., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., Чакалова С.Х. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(2). – Душанбе, 2023 г., – С. 73-82. – ISSN 2789-0953.

[6–М]. Тоирзода С.Т. Усулҳои физикаи гармо ва технологияи мониторинги тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ [Матн] / Тоирзода С.Т. // Паёми Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон №4/II (55). – Душанбе, с. 2023, – С. 68-76. – ISSN 2707-8000.

[7–М]. Тоирзода С.Т. Ҳисоби сарфи масолах, истехсол ва назорати сифати корҳои бетонӣ дар сохтмони иншооти гидротехникӣ [Матн] / Тоирзода С.Т. // Маҷаллаи назариявӣ ва илмию истехсолии “Кишоварз”-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур №2 (103). – Душанбе, с. 2024, – С.206-212. – ISSN 2074-5435.

[8–М]. Тоирзода С.Т. Таҳқиқи хусусиятҳои физикию механикии массивҳои сангии нақбҳои гидротехникӣ пас аз речаи тӯлонии истифодабарӣ [Матн] / Тоирзода С.Т. // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара, бахши илмҳои табиӣ №2 (32). – Данғара, с. 2025, – С.86-94. – ISSN 2410-4221.

[9–М]. Тоирзода С.Т. Исследование физико-механических характеристик скального массива гидротехнических туннелей вследствие

длительного режима эксплуатации [Текст] / Тоирзода С.Т., Носиров Н.К. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(2). – Душанбе, 2025 г., – С. 68-73. – ISSN 2789-0953.

б) Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои дигар нашр гардидаанд:

[10–М]. Тоирзода С.Т. Нақби ирригатсионии Данғара: таъинот ва ҳолати кории нақбҳои ёрирасон [Матн] / Тоирзода С.Т., Тураев С.С. Аҳмадов М.Ф. Неъматзода Д. // Маводи конференсияи донишгоҳии илмию назариявӣ дар мавзӯи рушди илмҳои табию техника аз нигоҳи расидан ба ҳадафҳои “Об барои рушди устувор, 2018-2020”. – Душанбе, с. 2020. – С. 13-18.

[11–М]. Тоирзода С.Т. Ультразвуковые исследования упругих и прочностных характеристик бетона [Текст] / Давлатшоев С.К. Тоирзода С.Т., Хайруллозода Н.Дж. // Материалы Тринадцатой Международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии». – Душанбе -Тамбов – 2022 г., – С. 161-165.

[12–М]. Тоирзода С.Т. Назорат ва баҳодиҳии ҳолати техникаи иншооти гидротехникӣ дар рафти истифодабарӣ [Матн] / С.Т. Тоирзода, М. М. Саидзода, С.С. Тураев // Маводи конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ дар мавзӯи «Тоҷикистон ва ҷаҳони муосир: уфуқҳои нави ҳамкорӣҳои илмӣ, техникаӣ, иқтисодӣ ва инноватсионӣ». – Кӯлоб, с. 2022, – С. 565-578.

[13–М]. Тоирзода С.Т. Изучение состояния скального массива строительных туннелей СТ-1 и СТ – 2 Рогунской ГЭС после длительной эксплуатации [Текст] / Тоирзода С.Т., Давлатшоев С.К., Чакалов С.Х.// Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», част III. Естественные науки. – Душанбе, 2023 г., – С. 232-237.

[14–М]. Тоирзода С.Т. Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / Тоирзода С.Т., Давлатшоев С.К., Чакалов С.Х.// Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ». – Душанбе, 2023 г., – С. 139-142.

[15–М]. Тоирзода С.Т. Метод контроля изменения скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.// Материалы международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения». – Душанбе, 2023 г., – С. 162-168.

[16–М]. Тоирзода С.Т. Ченкуниҳои геодезӣ: андозаҳо ва ҳатогиҳои ҳангоми сохтмони иншооти гидротехникӣ [Матн] / Тоирзода С.Т., Расулов Х. Ш., Шамсуллоев Ш.А.// Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар робита бо раванди таҳсилот ва истеҳсолот”. – Данғара, с. 2024, – С. 356-362.

в) Шаҳодатномаҳои муаллифӣ

[17–М]. Тоирзода С.Т. Тарз ва дастгоҳ барои муайян кардани коэффитсенти филтратсия дар пояи сарбанд [Патент] / Давлатшоев С.К.,

Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Тоирзода С.Т., Чақалов С.Х.// Патент № ТҶ 1406 Ҷумҳурии Тоҷикистон, МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24. № 2301802, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 5.

[18–М]. Тоирзода С.Т. Тарз ва дастгоҳ барои муайян кардани суръати об дар нақбҳо [Патент] / Давлатшоев С.Қ., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., Шамсуллоев Ш.А., Чақалов С.Х.// Патент № ТҶ 1407 Ҷумҳурии Тоҷикистон, МПК G 01 P 5/18, E 21 B 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 4.

[19–М]. Тоирзода С.Т. Способ и устройство для определения коэффициент фильтрации в основании плотины [Патент] / Давлатшоев С.Қ., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М. Тоирзода С.Т., Чақалов С.Х. // Евроазийский патент на изобретение № 048700, завл. №202392867; дата под. завл 12.10.2023 г; дата выд. Патента: 26.12.2024.

г) Дастурҳои методӣ

[20–М]. Тоирзода С.Т. Дастури методӣ оид ба иҷрои лоиҳаи курсӣ аз фанни Ташкил ва технологияи корҳои сохтмони гидротехникӣ, барои донишҷӯёни ихтисоси 1-70040101 – сохтмони гидротехникӣ [Матн] / Тоирзода С.Т., Тураев С.С. Аҳмадов М. Неъматзода Д. // ДДД. – Душанбе, с. 2021. – С. 42.

[21–М]. Тоирзода С.Т. Роҳнамо оид ба иҷрои кори курсӣ аз фанни иншооти гидротехникӣ, барои донишҷӯёни ихтисоси 1-70040101 – сохтмони гидротехникӣ (васоити таълимӣ) [Матн] / Тоирзода С.Т., Саидзода М.М., Аҳмадов М., Неъматзода Д.С., Шамсуллоев Ш.А.// ДДД. – Душанбе, с. 2023. – С. 52.

[22–М]. Тоирзода С.Т. Роҳнамо оид ба иҷрои кори мустақилонаи донишҷӯ бо роҳбарии омӯзгор (КМРО) аз фанни ташкил ва технологияи корҳои сохтмони гидротехникӣ (дастури таълимӣ-методӣ) [Матн] / Тоирзода С.Т., Саидзода М.М. Неъматзода Д.С., Шамсуллоев Ш.А., Абдуллозода Ё.Ш.// ДДД. – Душанбе, с. 2023. – С. 56.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

УДК: 626/627(575.3)

На правах рукописи



ТОИРЗОДА Сухроб Тоир

**ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЕЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени доктора философии (PhD)-доктора
по специальности 6D074400-Гидротехническое строительство и сооружения
(6D074401-Гидротехническое строительство)

Душанбе – 2026

Диссертационная работа выполнена в лаборатории «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

Научный руководитель: **Давлатшоев Саломат Каноатшоевич**
кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории
«Энергетика, ресурсы- и
энергосбережение» Института водных
проблем, гидроэнергетики и экологии
Национальной академии наук
Таджикистана

Официальные оппоненты: **Саидзода Джамшед Хамро**
доктор технических наук, доцент, и.о.
профессор кафедры «Материалы,
технологии и организация строительства»
Таджикского технического университета
имени академика М.С. Осими

Зувайдов Махмадулло Махмасолиевич
кандидат технических наук, заведующий
кафедрой «Строительство» Бохтарского
государственного университета имени
Носира Хусрава

Ведущая организация: Институт энергетики Таджикистана

Защита диссертации состоится 14 мая 2026 года в 11:00 часов на заседании диссертационного совета 6D.КОА-059 при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734025, г. Душанбе, ул. Бофанда, 5/2, E-mail: info@imoge.tj

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана www.imoge.tj

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



Шаймурадов Ф.И.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Развитие гидротехнического строительства, связанное с общим развитием производительных сил, ставит перед изыскателями, проектировщиками, строителями и службой эксплуатации гидротехнических объектов все более сложные и ответственные задачи.

До определенного этапа развития гидротехнического строительства основное внимание проектировщиков и строителей уделялось изучению материалов, из которых создаются инженерные объекты, в то время как их размещению отводилась второстепенная роль. Однако современные техногенные нагрузки на массивы горных пород достигли таких величин, что часто вызывают опасные для сооружений и окружающей среды деформационные процессы и явления в горных породах. Без прогноза указанных эффектов и их предотвращения невозможно дальнейшее развитие крупной гидротехники. В связи с этим в последние годы резко вырос интерес гидротехников к скальным основаниям гидротехнических сооружений, на которых преимущественно строятся наиболее крупные и сложные объекты. В отличие от прошлых лет массивы горных пород на участках строительства рассматриваются с позиций их взаимодействия с сооружениями на различных этапах строительства и эксплуатации того или иного объекта, исходя из общих концепций безопасности проектируемых сооружений как для населения, так и для окружающей среды.

Скальный массив – более сложный элемент этой системы, так как в течение длительной истории своего формирования и развития он многократно подвергался воздействиям различных природных сил, которые сложным образом изменили его строение, структуру и свойства, обуславливая, как правило, разную изменчивость физико-механических характеристик массива в масштабе инженерной деятельности человека.

Несомненно, что только совершенствуя наши знания о свойствах природной среды как составной части сложной инженерной системы объект – скальный массив, можно обоснованно разрешать существующие противоречия между надежностью строящегося объекта и его экономичностью. Этот тезис очевиден, так как только при максимальном использовании потенциальной «несущей» способности массива с учетом его взаимодействия с сооружением и их взаимного влияния на свойства и состояния друг друга можно избежать излишних запасов прочности сооружений, выработать оптимальные режимы их эксплуатации.

Совершенствование существующих методов изучения скальных массивов и прежде всего изучение физико-механических свойств горных пород в условиях их естественного залегания, являются актуальной задачей.

Степень изученности темы диссертации. Особое внимание при изучении упругих, прочностных и деформационных характеристик скальных вмещающих пород гидротехнических туннелей в современных изысканиях, уделяется методам инженерной геофизики, которые по своим потенциальным возможностям, несомненно, являются одними из основных количественных методов изучения массивов скальных пород. В работах А.И. Савича [3], Б.Д.

Куюнджича [7], А.А. Варги [1], Э.Г. Газиева [2], Н.Н. Горяинова [4], В.И. Коптева [6], В.Н. Никитина [8], В.Д. Парфеонова [10], Ю.А. Фишмана [10], З.Г. Яценко [11], Л.В. Шаумяна [15], а также других исследователей обобщен большой опыт по использованию методов инженерной геофизики при изучении характеристик скальных массивов как среды с размещением крупных гидротехнических сооружений.

Проблемам изучения физико-механических характеристик скальных вмещающих порода гидротехнических туннелей посвящены также труды таджикских учёных и исследователей геофизическими и геотехническими методами - С.К. Давлатшоева [5], Н.М. Хасанзода [14], А.Р. Фазылова [3] и др.

Связь темы диссертации с научными программами.

Диссертационная работа выполнялась с учетом положений «Концепции развития отраслей топливно-энергетического комплекса Республики Таджикистан на период 2003-2015 гг.», «Программы по эффективному использованию гидроэнергетических ресурсов и энергосбережению на 2012-2016 гг.», «Программы использования возобновляемых источников энергии на 2007-2015 гг.», темы НИР ГР 0120ТJ01028 «Стратегия развития и оптимизация баланса энергоресурсов. Гидро-угольный сценарий развития энергетики Таджикистана» (срок исполнения: 2020-2024 гг.) и реализации проекта Рогунской ГЭС.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная цель диссертационной работы – обследование гидротехнических туннелей после длительной эксплуатации и оценка физико-механических характеристик вмещающего массива.

Для достижения названной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить физико-механические (упругие, прочностные и деформационные) характеристики вмещающего массива сейсмоакустическим методом и железобетонной отделки ультразвуковым профилированием по бетону после длительной эксплуатации.

2. Уточнить зоны ослабленных и пониженных характеристик (зоны разуплотнения) вмещающего массива методом сейсмической томографии.

3. Разработать метод для определения скорости водного потока и изменения гидравлического режима в высоконапорных туннелях.

4. Разработать системы створного контроля гидравлического режима в гидротехнических туннелях и автоматизированную измерительную систему каскадного контроля по всей протяженности.

Объект исследования – гидротехнические туннели после длительной эксплуатации.

Предмет исследования – влияние длительной эксплуатации гидротехнических туннелей на физико-механические характеристики вмещающего массива.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Выявлены и определены физико-механические (упругие, прочностные и деформационные) характеристики железобетонной отделки строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС ультразвуковым методом и

вмещающего массива сейсмоакустическими методами после длительной эксплуатации.

2. Выявлены зоны ослабленных и пониженных характеристик (зоны разуплотнения) вмещающего массива строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС методом сейсмической томографии.

3. Разработан метод для определения скорости водного потока и изменения гидравлического режима в высоконапорных туннелях на основе изменения теплового поля вокруг гидротехнического туннеля.

4. Разработана система створного контроля гидравлического режима в гидротехнических туннелях и автоматизированная измерительная система каскадного контроля по всей протяженности.

Теоретическая и научно-практическая значимость работы заключается в:

- разработке комплексной программы обследования упругих, прочностных и деформационных характеристик железобетонной отделки и вмещающего массива гидротехнических туннелей после длительной эксплуатации.

- уточнение зоны ослабленных и пониженных характеристик участков гидротехнических туннелей и назначение инженерных мероприятий по укрепительной цементации вмещающего массива.

- внедрение в эксплуатацию системы створного контроля гидравлического режима в гидротехнических туннелях и автоматизированной измерительной системы каскадного контроля по всей протяженности.

На защиту выносятся:

1. Комплексное обследование физико-механических (упругих, прочностных и деформационных) характеристик вмещающего массива и железобетонной отделки строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС после длительной эксплуатации, ультразвуковым и сейсмоакустическим методами.

2. Уточнение зон ослабленных и пониженных характеристик (зоны разуплотнения) вмещающего массива гидротехнических туннелей акустическими методами и сейсмической томографии.

3. Метод для определения скорости водного потока и изменения гидравлического режима в высоконапорных туннелях на основе изменения теплового поля вокруг гидротехнического туннеля по всей протяженности.

Степень достоверности результатов. В процессе проведения полевых геофизических экспериментов в строительных туннелях СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС полученные результаты количественно и качественно согласуются с экспериментальными данными по ранее выполненными полевыми геофизическими исследованиями подземного комплекса Рогунской ГЭС. Полевые геофизические работы проводились сертифицированным прибором ЛАККОЛИТ 24М.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Диссертация соответствует формуле специальности 6D074401-Гидротехническое строительство по следующим положениям:

- п. 3 «Разработка новых направлений прогнозирования напряженно-деформированного состояния напорных и безнапорных гидротехнических сооружений»;

- п. 7 «Повышение надежности и долговечности головных, транзитных и концевых частей различных водопропускных гидротехнических сооружений»;

- п. 11 «Эксплуатационная надёжность гидротехнических сооружений, разработка новых критериев их безопасности, новые системы контроля и наблюдений за сооружениями, совершенствование методов технической диагностики и мониторинга водных систем и объектов».

Личный вклад автора. Автором сформулированы и поставлены цели исследований, обобщены результаты режимных геофизических исследований предыдущих лет, обработаны результаты комплексного обследования упругих, прочностных и деформационных характеристик строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС методами сейсмоакустики и сейсмической томографии. Разработаны рекомендации по комплексному обследованию Дангаринского ирригационного туннеля геофизическими методами и разработаны метод и система створного контроля гидравлического режима в гидротехнических туннелях и автоматизированная измерительная система каскадного контроля по всей протяженности туннеля.

Апробация работы. Основные результаты диссертации были доложены и обсуждены на международных и республиканских научно-практических конференциях (НПК): международной научно-практической конференции на тему «Таджикистан и современный мир: новые горизонты научно - технического, экономического и инновационного сотрудничества», Куляб, 2022, тринадцатой Международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии» на базе ИВП, ГЭиЭ НАНТ и ТТУ им. академика М.С. Осими, Душанбе, -Тамбов, 2022, международной научно-практической конференции на тему «Интеграция науки, инноваций и производства – основа реализации технологии дуального образования», Куляб, 2023, международной научно – практической конференции на тему «Использование современных методов обучения в образовательных учреждениях: Проблемы и перспективы», Душанбе, 2023, международной научной конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния», Душанбе, 2023, республиканской научно-практической конференции на тему «Математические и компьютерное моделирование физических процессов», Душанбе, 2023, международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», г.Душанбе, Республика Таджикистан, 2023, материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», Часть III. Естественные науки. Душанбе, 2023, республиканская научно-практическая конференция (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», Душанбе, 2023, научный семинар «Разработка рекомендаций по обследованию, капитального ремонта и созданию современной системы мониторинга за гидравлическим режимом Дангаринского ирригационного туннеля», ДГУ,

Дангара, 2023, международной научно-практической конференции на тему «Развитие математических, точных и естественных наук и связь с образованием и производством», Дангара, 2024.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 21 печатных работах, в том числе 8 - в рецензируемых журналах из перечня ВАК при Президенте РТ, 2 малых патентах Республики Таджикистан, 1 Евроазиатском патенте, а также в 7 статьях, опубликованных в сборниках международных, республиканских и всероссийских научных конференций и 3 учебных пособиях. 3 работы написаны и опубликованы автором единолично.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, рекомендаций, списка литературы, включающего 132 библиографических ссылки изложена на 174 стр., из них 152 стр. основного текста, включающего 20 таблиц и 51 рисунок. Приведены также 5 приложений на 5 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во вводной части диссертации аргументируется выбор темы, формулируются цели и задачи, выявляются новые научные результаты и их практическое применение. Кроме того, представляются основные положения работы, описывается авторский вклад, подтверждается достоверность полученных данных, приводятся сведения об апробации и публикациях, а также дается обзор структуры диссертации.

В первой главе **«Обзор опыта строительства и эксплуатации гидротехнических туннелей в Таджикистане»** приведены обзор опыта строительства гидротехнических ирригационных туннелей в Таджикистане (ирригационные туннели Вахш-Дангара и Вахш-Яван), общая характеристика и инженерно-геологические условия строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС, инженерно-геологические условия и конструкции Дангаринского ирригационного туннеля и обзор взаимного влияния гидротехнических объектов с массивами скальных горных пород.

За последние два десятилетия в Таджикистане появились и были введены в эксплуатацию новые для страны крупные инженерные объекты: четыре транспортных туннеля, проложенных под Туркестанским, Гиссарским, Рангонским и Сарсарьякским хребтами в центральной части республики. Длина этих туннелей варьируется от 2,2 до 5,3 километров. Также при строительстве Рогунской ГЭС пройдены свыше 70 км туннелей различного назначения.

Автодорожные туннели, в сочетании с двумя уже существующими ирригационными туннелями, формируют значительную техногенную нагрузку на геологическую среду.

В таблице 1 и 2 приведены основные сведения о крупных автодорожных и ирригационных туннелях Таджикистана.

Таблица 1. – Основные характеристики крупных автодорожных туннелей в Таджикистане

Наименование	Шахристон	Истиклол	Хатлон	Озоди
Длина, км	5,253	5,040	4,430	2,223
Высота от уровня моря, м	2650	2700	1250	1190
Поток, маш/час	120	110	230	230
Характеристика вмещающих пород	Сланцы, мрамор	Сланцы, мрамор, вулканиты	Песчаники, аргиллиты	Песчаники, глины, аргиллиты

Таблица 2. – Основные характеристики крупных ирригационных туннелей Таджикистана

Наименование	Вахш-Дангаринский	Вахш-Яванский
Длина, км	5,253	5,040
Высота от уровня моря, м	2650	2700
Поток, м ³ /с	120	110
Характеристика вмещающих пород	Песчаники, аргиллиты	Песчаники, глины, аргиллиты

Сложные горно-геологические условия Таджикистана существенно затрудняют строительство туннелей. Разрушающиеся породы, разрывные нарушения, трещиноватость, обводненность и карстовые зоны приводят к многочисленным проблемам при проходке.

Физико-механические и упруго-прочностные свойства горного массива определяются не только характеристиками составляющих его пород, но и существенно изменяются под влиянием внешних факторов. К ним относятся процессы выветривания, приводящие к разрушению пород, разгрузка естественных напряжений, возникающая при разработке месторождений, а также наличие тектонических разломов и трещин, ослабляющих массив.

Геологическое строение горного массива оказывает значительное влияние на горно-геологические условия эксплуатации левобережных строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС.

Согласно техническому заданию, геофизические исследования проводились в туннеле СТ-1 на ПК 4+48-6+13, 6+86-9+04 по левой стене и на ПК 4+48-6+21, 6+86-9+24 по правой стене; в туннеле СТ-2 на ПК 3+98-5+82, 6+43-8+42 по левой стене и на ПК 3+98-5+82, 6+46-8+42 по правой стене.

Тектонические условия на участке геофизических работ в строительных туннелях также достаточно сложные.

Следует отметить, что при инженерно-геологическом документировании строительных туннелей сгущение крупных тектонических трещин отмечалось на ПК 5+10-6+00 в туннеле № 1 и на ПК 4+60-5+90 в туннеле № 2, в толще алевролитов нижнеобигармской свиты (K1ob1).

Во второй главе "Сейсморазведочные станции и методы обработки сейсмических данных" на основе проведенных исследований дан обзор методов и приборов инженерной геофизики, сейсмическое профилирование по стенам строительных тоннелей методом преломленных волн. Также приведены научно-обоснованные результаты сейсмических томографий на

участке строительных туннелей, ультразвуковое профилирование по поверхности бетона.

В последние годы исследователи различных стран стремятся научно обосновать оптимальную роль геофизических методов в общем комплексе изысканий, принимая во внимание при этом как общие тенденции развития инженерной геологии и геофизики, так и рост сложности решаемых инженерных задач.

Сейсморазведочные полевые работы по обследованию строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС были осуществлены комплектами сейсмической аппаратуры, включающий цифровую сейсмическую станцию «Лакколит 24-М2», «Лакколит 24-М4», ЭЛЛИСС – 3 и наземными 24-канальными сейсмическими косами с горизонтальными сейсмоприемниками фирмы «ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл» для регистрации компонентов «У-У».

Сейсмическое профилирование стен тоннелей СТ-1 и СТ-2 проводилось с использованием семиточечной системы регистрации колебаний. Сейсмоприемники устанавливались с шагом 2 метра. В качестве источников сейсмических волн использовались удары кувалдой, наносимые в точках, расположенных на расстоянии 22 метров от начала и конца стоянки, а также вблизи сейсмоприемников №1, №5, №15, №17 и №24 (см. рисунок 1). Для улучшения отношения сигнал/шум применялось многократное накопление данных от ударов.

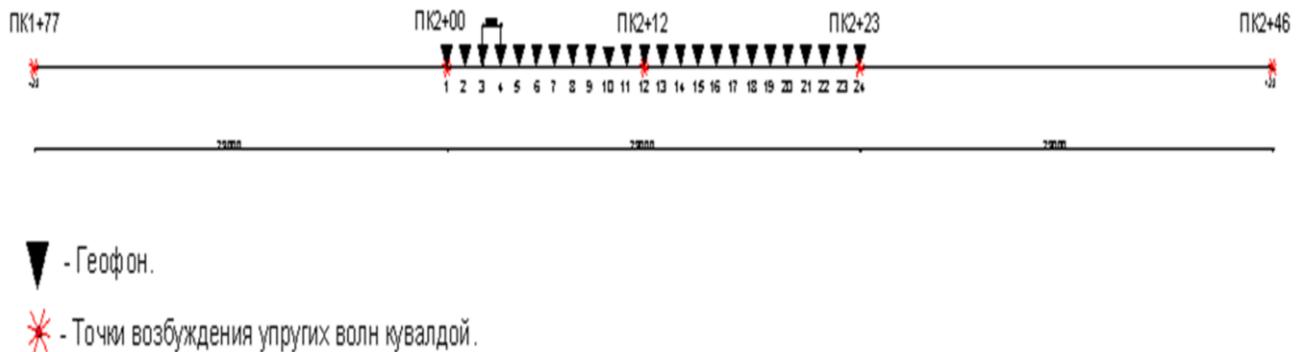


Рисунок 1. – Проведение сейсмического профилирования вдоль стен строительных тоннелей СТ-1 и СТ-2

Сейсмограмма, полученная в качестве примера, изображена на рисунке 2. Волна по бетону подавлялась с помощью фильтрации для более надежной корреляции времен прихода полезных волн.

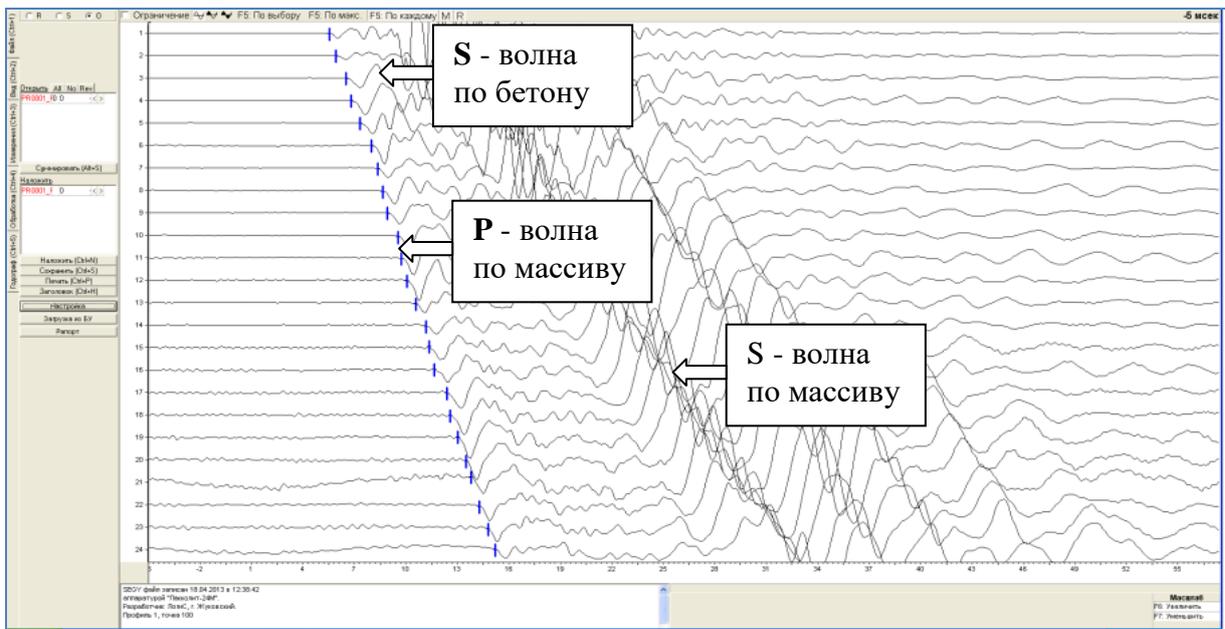


Рисунок 2. – Пример сейсмограммы, полученной при профилировании по правой стене строительного туннеля первого яруса СТ-1, ПК 6+86-7+32 пункт удара на расстоянии 22м от 1-го сейсмоприемника

Для определения значения скоростей различных сейсмических волн позволяющий рассчитать распределение плотности вещества внутри целика между выработками, получать объемные картины неоднородностей в целике (массиве) между выработками, используется метод сейсмической томографии. Сейсмические волны направляют таким образом, чтобы "просветить" изучаемый геофизиками массив (целик) горных пород между выработками (рисунок 3).

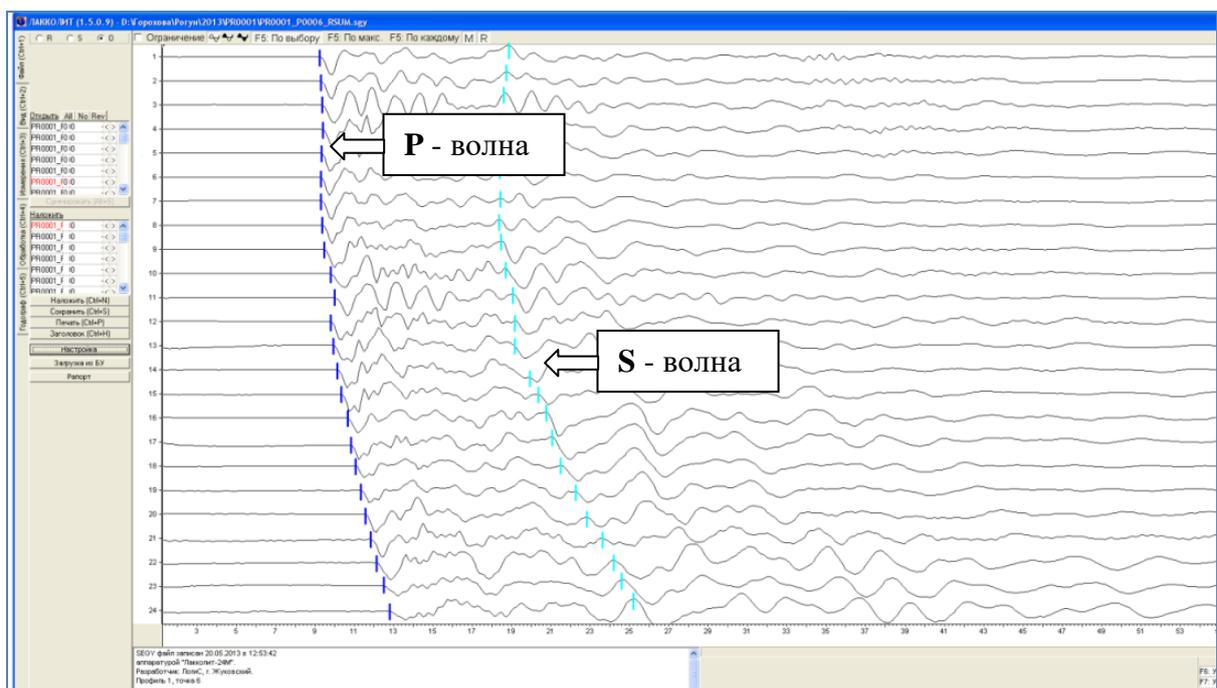


Рисунок 3. – Пример характерной сейсмограммы сейсмического просвечивания (томографии) между СТ-1 и СТ-2

Качественные ультразвуковые данные, полученные благодаря предварительной подготовке бетона, позволили точно определить времена вступлений продольных и поперечных упругих волн на полевых сейсмограммах (рисунок 4). Это имеет важное значение для дальнейшего анализа.

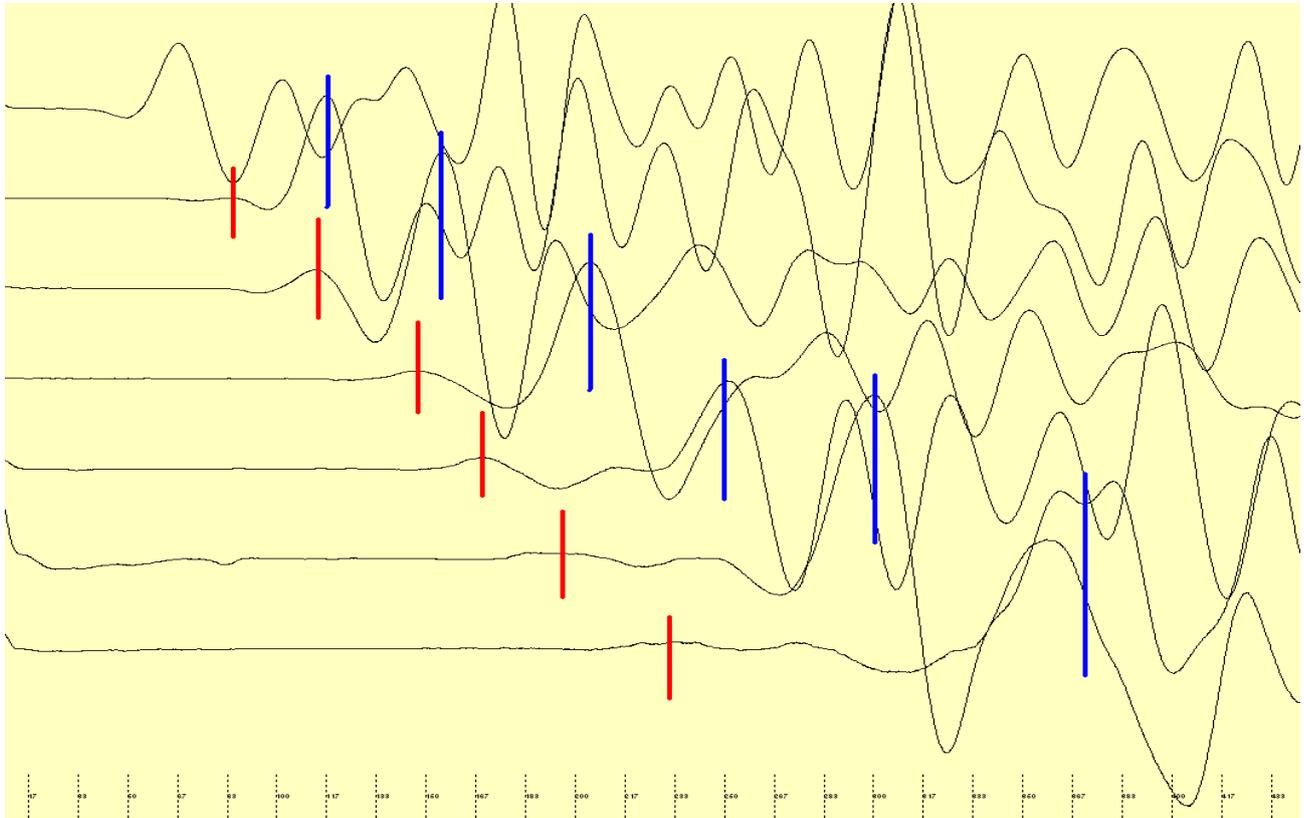


Рисунок 4. – Пример ультразвуковой сейсмограммы для участка СТ-2, ПК 0+21, с выделением: продольной волны – красный цвет, поперечной волны – синий цвет

Третья глава – “Обследование состояние строительных туннелей СТ-1 и СТ – 2 после длительной эксплуатации” посвящено анализу состояния строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 после длительной эксплуатации. В данной главе приведены характеристики участка строительных туннелей 1-го и 2-го ярусов, по данным ранее выполненных исследований. Даны упругопрочностные характеристики строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 по результатам геофизических исследований, современное состояние скального массива на участке строительных туннелей 1-го и 2-го ярусов, по сравнению с результатами наших исследований за 2013 год.

В соответствии с проведенным геофизическим исследованием в строительных туннелях СТ-1 и СТ-2 (рисунок 5) выполнено сейсмическое профилирование на ПК 4+48-6+13, 6+86-9+04 по левой стенке и на ПК 4+48-6+21, 6+86-9+24 по правой стенке туннеля СТ-1, на ПК 3+98-5+82, 6+43-8+42 по левой стенке и на ПК 3+98-5+82, 6+46-8+42 по правой стенке туннеля СТ-2.

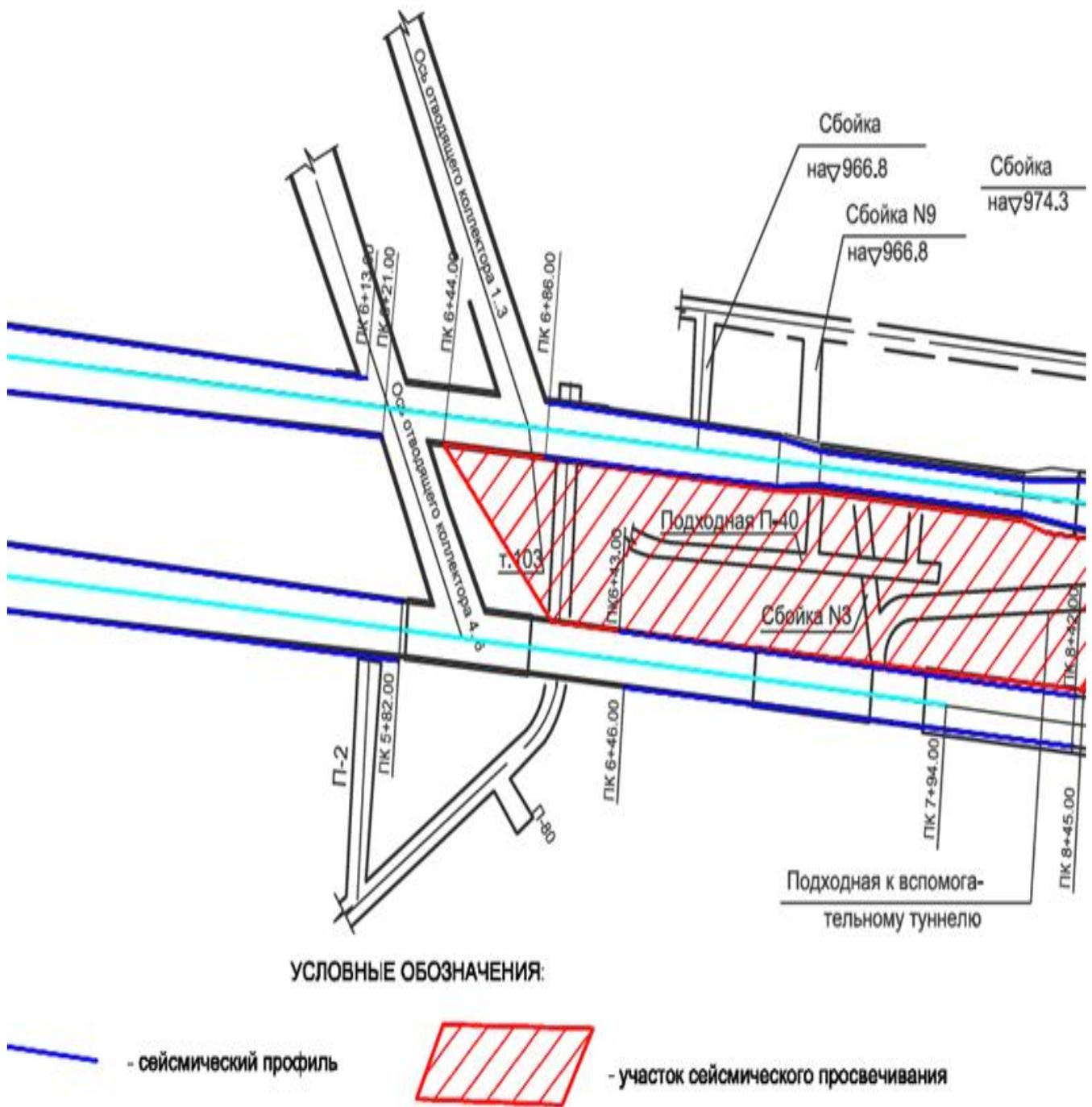


Рисунок 5. – Схема проведения геофизических исследований методами сейсмического профилирования и просвечивания на участке строительных туннелей СТ-1 и СТ-2

Сейсмическая томография между целиками строительных туннелей СТ-1 и СТ-2, между подходной П-25 и транспортным туннелем Т-8, между подходной П-25 и строительным туннелем СТ-2 проведена по схеме приведенной на рисунке 6.

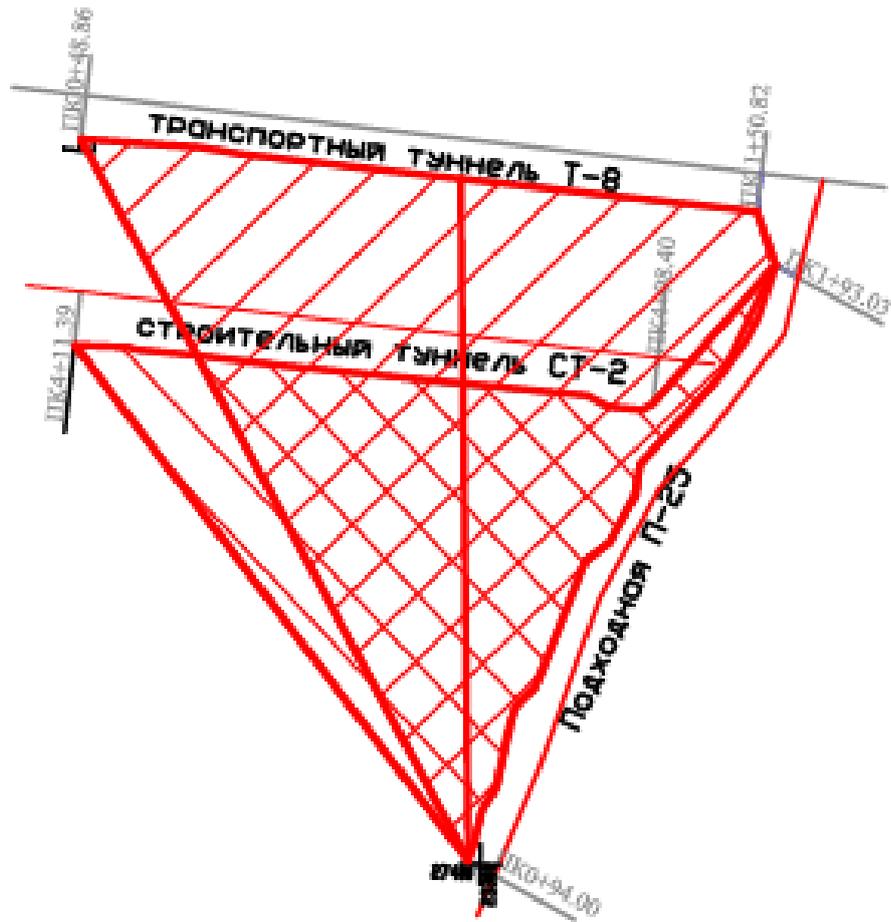


Рисунок 6. – Схема проведения просвечивание целиков в подземных туннелях

По результатам ультразвукового профилирования по поверхности бетона на оголовке строительного туннеля СТ-1 бетон соответствует марке М250, за исключением ПК 0+24 (М350) и ПК 0+10 (М450), что соответствует хорошему и отличному качеству. В туннеле СТ-2 марке М250 соответствует бетон на ПК 0+21 и 0+23(левая сторона), на правой стороне ПК 0+23 получена марка М350, что также свидетельствует о хорошем качестве. Однако на ПК0+25 СТ-2 состояние бетона хуже - на правой стороне он соответствует марке М150, а на своде – М200.

В соответствии с проведенным геофизическим исследованием в строительных туннелях СТ-1 и СТ-2 (рисунок 7) сейсмическое просвечивание целиков между ПК 6+44-9+04 строительного туннеля СТ-1 и ПК 6+17-8+45 строительного туннеля СТ-2, между ПК 0+94-1+93 подходной П-25 и ПК 4+11-4+98 СТ-2 и между ПК 0+94-1+93 П-25 и ПК 0+49-1+51 транспортного туннеля Т-8.

Изученный целик сложен песчаниками верхнеобигармской K_{1ob_2} и караузской K_{1kr} свит. На рисунке 3.8 в виде карты изолиний скоростей представлены результаты сейсмического просвечивания между ПК 6+44-9+04 строительного туннеля СТ-1 и ПК 6+17-8+45 строительного туннеля СТ-2.

Между ПК 7+60-8+60 СТ-1 и ПК 7+20-8+20 СТ-2 в верхнеобигармских и на границе верхнеобигармских и караузских отложений выделяется ослабленная зона, в которой значения V_p понижаются до 4600-4800м/с. Это понижение можно объяснить влиянием двух разломов (№№111 и 35), а также влиянием зоны разгрузки вокруг находящейся здесь сбойки №3.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном ослаблении массива в зоне интенсивной разгрузки ($V_p < 2900$ м/с, близкие к 10% значения η , $E_\Sigma < 2400$ МПа). В частности, на ПК 4+48-9+04 по левой стене и ПК 4+48-7+40, 8+30-9+24 по правой стене СТ-1 и на ПК 3+98-4+40, 5+00-5+82, 8+60-8+42 по левой стене и ПК 3+98-5+82, 7+20-8+42 требуется проведение дополнительной цементации.

По сравнению с результатами исследований прошлых лет на участке строительных туннелей практически не наблюдается значительных изменений состояния пород вмещающего массива. Небольшое увеличение значений V_p в зоне интенсивной разгрузки после возобновления строительства можно объяснить снятием ослабленного слоя во время строительных работ, а также обжатием массива. В зонах влияния трещин и разломов наблюдается увеличение значений V_p с 3200-3400м/с до 3300-4100м/с в зоне слабой разгрузки и с 4000-4400м/с до 4500-4800м/с в относительно сохраненном массиве. Такие изменения можно объяснить мероприятиями по укреплению массива (цементация, анкеровка), проведенными на ослабленных участках.

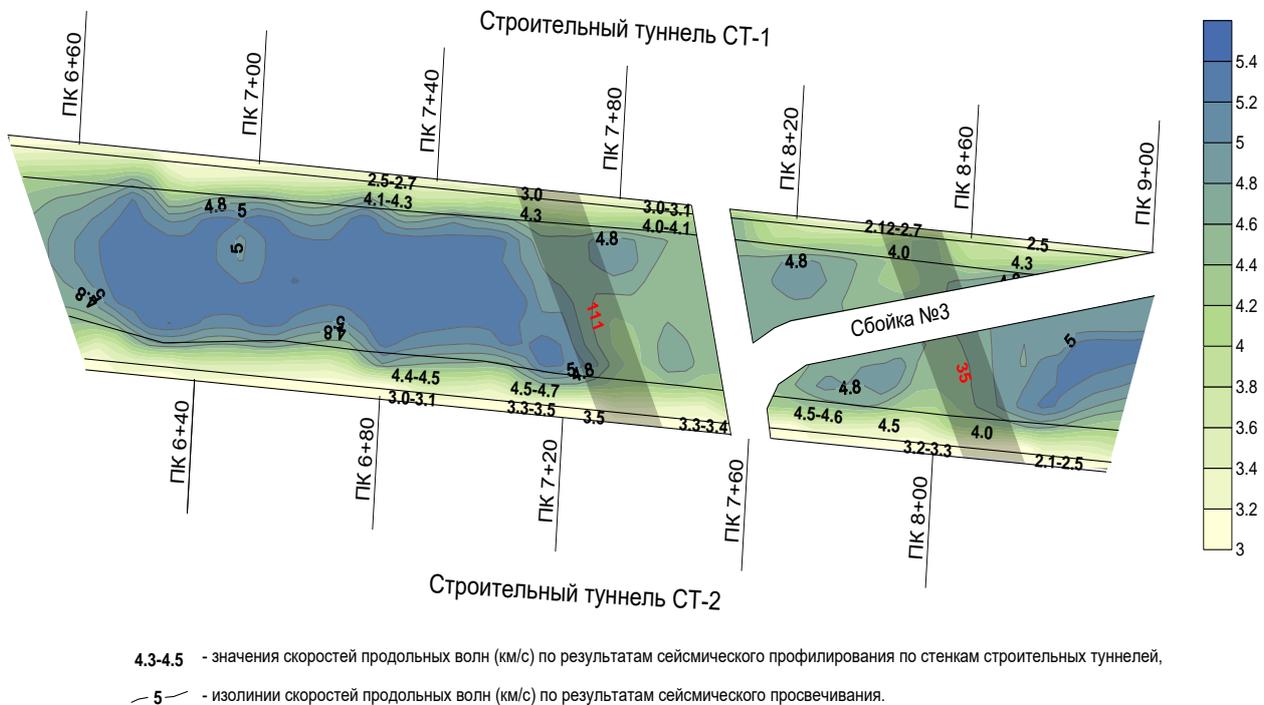


Рисунок 7. – Результаты сейсмических исследований целика между строительными туннелями СТ-1 и СТ-2

В четвертой главе – "Разработка рекомендаций по обследованию, капитального ремонта и созданию современной системы мониторинга за гидравлическим режимом Дангаринского ирригационного туннеля" приведены рекомендации по применению методов геофизических исследований (сейсмическое профилирование, определение качества бетона, ультразвуковое профилирование по поверхности бетона, термометрия скважин), разработано и предложен метод контроля изменения скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях.

Безопасность эксплуатации гидротехнических туннелей характеризуется набором следующих показателей: состояние вмещающего тоннельное сооружение грунтового массива; состояние строительных конструкций.

Оценку технического состояния сооружения по приведенным выше показателям на этапе строительства и эксплуатации выполняют путем обследования и мониторинга в соответствии с требованиями строительных норм и правила.

Обследование технического состояния туннельных сооружений проводят в три этапа: 1) подготовка к проведению обследования; 2) предварительное (визуальное) обследование; 3) детальное (инструментальное) обследование.

Далее рассматривается разработка инженерных мероприятий по детальному (инструментальному) обследованию гидротехнических туннелей после длительной эксплуатации геофизическими методами исследований

В таблице 3. приведены состав и объем работ по обследованию Дангаринского ирригационного туннеля геофизическими методами.

Таблица 3. – Объем и состав геофизических исследований

Вид работ	Объем
Сейсмическое профилирование (КМПВ)	2800 ф.т.
Метод определения качества бетон методом Шмидта	5600 ф.т.
Ультразвуковое профилирование по поверхности бетона	1000 ф.т.

Со времен эксплуатации Дангаринский ирригационный тоннел, длина которого составляет 13813 метр прошло более 35 лет. За этот период данное гидротехническое сооружение бесперебойно обеспечивает весь Дангаринский массив водой (рисунок 8).

В результате исследований нам удалось выявить поврежденные участки туннеля. На этой основе определены объём работы для восстановления и эксплуатации поверхности существующего бетона.

Мониторинг технического состояния гидротехнических туннелей осуществляется посредством дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) в период эксплуатации и визуального обследования при остановке работы объекта. Следует учитывать, что данные, получаемые с помощью дистанционной КИА, могут быть неполными и не отражать все аспекты состояния туннеля.

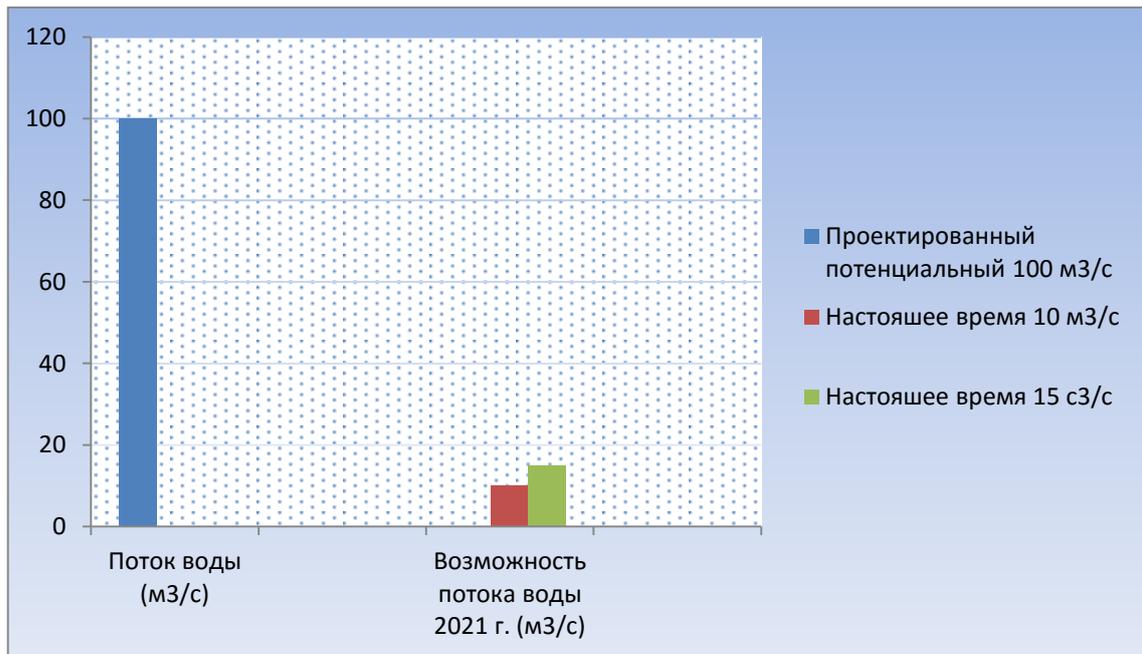


Рисунок 8. – Графика расхода воды из камеры затвора главного туннеля в зависимости от проектного расхода и фактического состояния туннеля

Скорость водного потока в гидротехнических сооружениях (туннелях, реках, каналах, трубопроводах) можно определить, используя принципы теории тепломассопереноса. Движение воды в этих системах представляет собой процесс массопереноса, сопровождающийся теплообменом с окружающей средой. При этом, увеличение скорости потока напрямую влияет на интенсивность теплопереноса, приводя к более заметным температурным изменениям в воде.

Расположение створов и пьезометров показано на рисунке 9. Годовые изменения температуры, зарегистрированные пьезометром П-33 (рисунок 10), связаны с сезонными колебаниями солнечной активности.

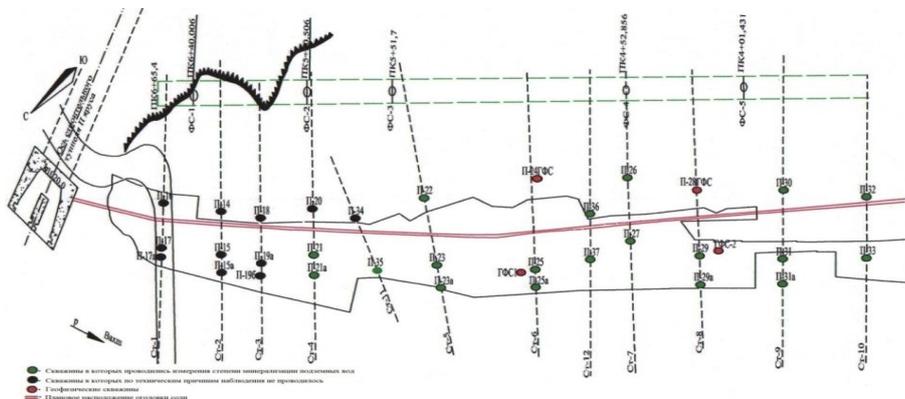


Рисунок 9. – Схема расположение пьезометрических скважин на левом берегу солевого пласта реки Вахш

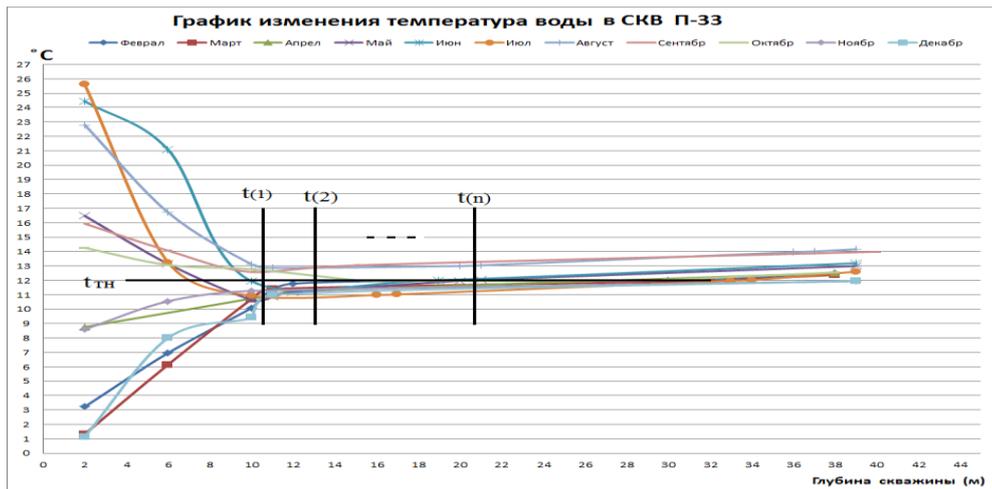


Рисунок 10. – График изменения температуры воды в СКВ П-33

В основании туннеля, где температурный режим стабилен и не подвержен влиянию внешних факторов, кроме теплоносителя (воды), можно добиться значительного повышения точности измерений скорости водного потока. Для этого предлагается организовать систему вертикальных температурных наблюдений на нескольких створах (рисунок 11), что позволит детально контролировать температурные изменения.

При температуре теплоносителя, равной T_1 , соответствующая точка данных отбрасывается при построении эмпирического уравнения следующего уровня. Затем, по мере повышения температуры от T_1 до T_5 , происходит последовательное исключение точек данных, соответствующих этим температурам, что влияет на формирование уравнений более высокого порядка.

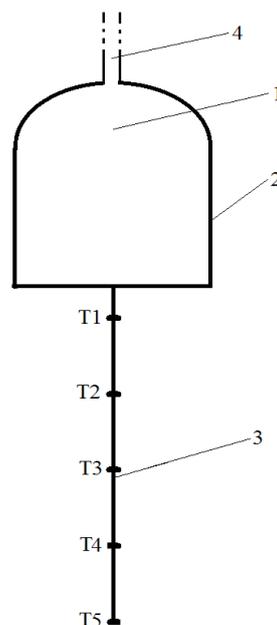


Рисунок 11. – Схема размещения температурных датчиков в основании туннеля (1 – сечение туннеля, 2 – железобетонная отделка, 3 – температурные датчики в количестве 10 шт., с шагом 10 м, 4 – аэрационная шахта)

Алгоритм, представленный в таблице 4, описывает шаги для получения и использования эмпирического уравнения.

Таблица 4. – Алгоритм получения эмпирического уравнения и его применение

Количество точек	T1÷T5	T2÷T5	T3÷T5	T4÷T5
Эмпирическое уравнение	$t(i, 1)=a_i h(i, 1) + b_i$	$t(i, 2)=a_i h(i, 2) + b_i$	$t(i, 3)=a_i h(i, 3) + b_i$	$t(i, 4)=a_i h(i, 4) + b_i$
Решено	$h(i,1)=\frac{t(i,1)-b_i}{a_i}$	$h(i,2)=\frac{t(i,2)-b_i}{a_i}$	$h(i,3)=\frac{t(i,3)-b_i}{a_i}$	$h(i,4)=\frac{t(i,4)-b_i}{a_i}$
$\Delta h_{\text{ТН}}$ $T(i+1) - T(i)$ при	$h(i+1,1)- h(i,1)$	$h(i+1,2)- h(i,2)$	$h(i+1,3)- h(i,3)$	$h(i+1,4)- h(i,4)$

Более того, система позволяет обнаруживать изменения в гидравлическом режиме, вызванные завалами и промоинами, по температурным аномалиям и изменениям в теплообмене, что позволяет своевременно выявлять потенциальные проблемы, приводящие к снижению скорости потока.

Для контроля и управления водными ресурсами в открытых гидромелиоративных системах, реках и каналах необходимо измерять расход воды. Это достигается путем определения средней скорости потока с помощью различных приборов и методик.

Для измерения скорости водного потока в гидротехнических туннелях отсутствуют методы и измерительные приборы. Для этого автор разработал метод измерения скорости потока воды в туннелях с использованием теории тепломассопереноса.

Применяя эту методику можно разрабатывать автоматизированную измерительную систему на основе каскадного размещения приборов для контроля гидравлического режима в Дангаринском ирригационном туннеле длиной более 14 км (рисунок 12).

Дангаринский ирригационный туннель эксплуатируется в течение длительного времени и нуждается в капитальном ремонте. В связи с тем, что создание автоматизированной измерительной системы на основе каскадного размещения приборов для контроля гидравлического режима и не мешало ходу аварийно-восстановительных работ приборы устанавливаем на поверхности земли над туннелем.

На поверхности земли прямо по оси туннеля пробуриваем скважины диаметром 72 мм и в них устанавливаем термокосу состоящую из 5 датчиков температуры с шагом 10 метров. Общее количество скважин составляет - 14 из расчета одна скважина на 1 км (рисунок 13).

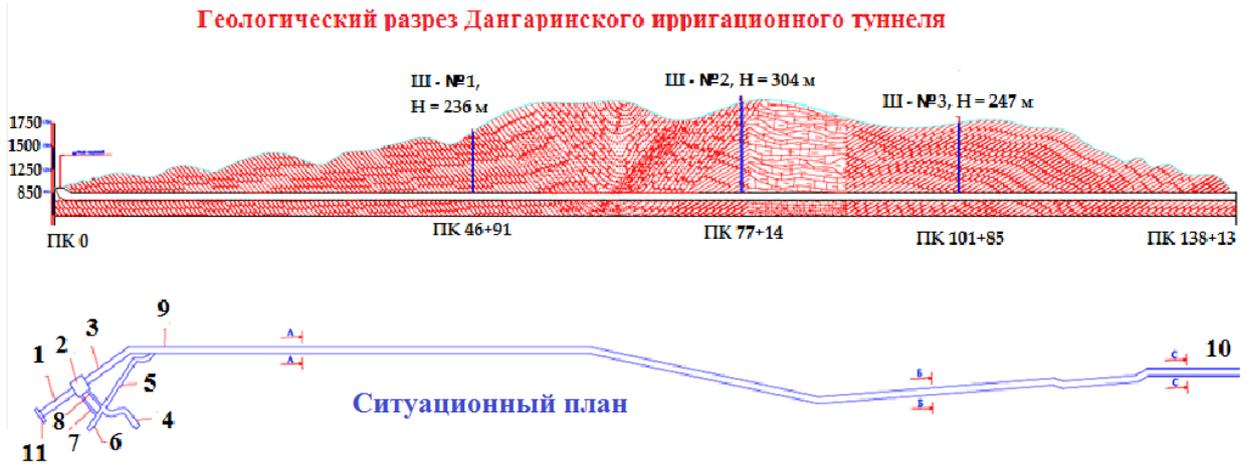


Рисунок 12. – Геологический разрез и ситуационный план Дангаринского ирригационного туннеля: 1- гидротехнический напорный туннель, 2-помещение затворов, 3- уравнильный туннель, 4- эксплуатационный туннель №4, 5- строительный туннель №2, 6-строительный туннель №3, 7- строительный туннель №1, 8- аэрационная шахта, 9- безнапорный гидротехнический туннель, 10-выходной портал, 11- входной портал

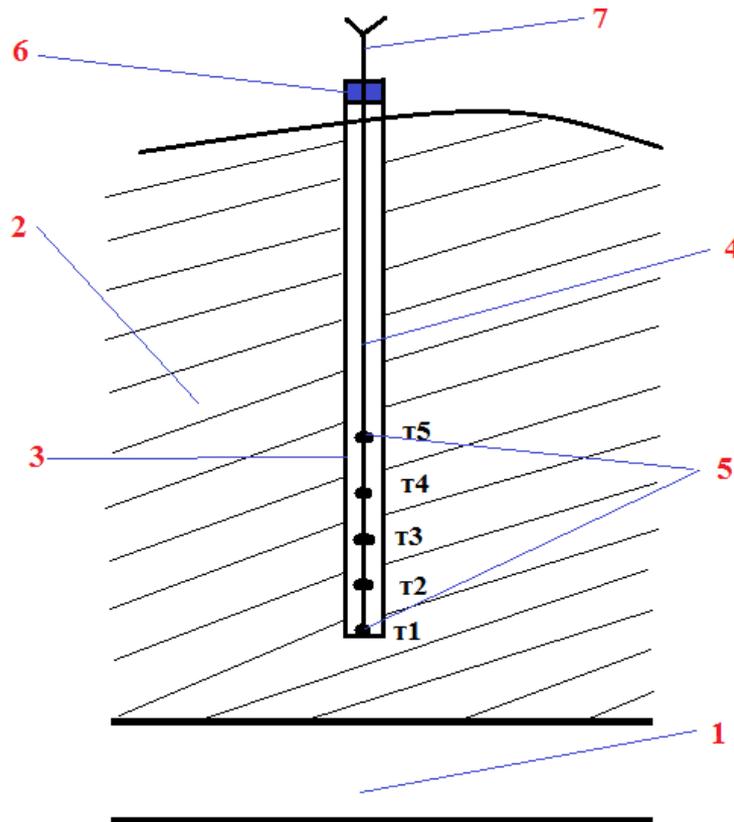


Рисунок 13. – Схема установки термокосы над туннелем: 1-туннель, 2-горная порода, 3-скважина обсаженная стальной трубой, 4-термокоса, 5- датчики температуры, 6- беспроводной блок передача данных, 7 -антенна

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Основные научные результаты диссертации

1. Результаты анализа сейсмоакустических исследований вмещающего массива строительных туннелей показывают, что скорость продольных волн (V_p) варьируется в зависимости от степени разгрузки: 4500-4900 м/с в неразрушенном массиве, 2500-3100 м/с в зоне интенсивной разгрузки и 3300-4100 м/с в зоне слабой разгрузки. В результате мероприятий по укреплению массива на участке противоположной стены (в зоне прогнозируемого обрушения со стороны левой стены СТ-2) наблюдается значительное улучшение его состояния. Также по результатам ультразвуковых исследований определены изменения скорости продольных (3040 – 4540 м/с) и поперечных волн (1660 – 2500 м/с) [8–А, 9–А, 13–А].

2. Результаты исследований показали, что скорости распространения продольных волн в песчаниках кызылташской свиты (K_{1kz}), алевролитах нижнеобигармской свиты (K_{1ob}), песчаниках верхнеобигармской свиты (K_{1ob_2}) и песчаниках каракузской свиты зависят от степени разгрузки пород. В зоне интенсивной разгрузки эти породы демонстрируют средние скорости от 2500 до 3200 м/с, в зоне слабой разгрузки – от 3300 до 4800 м/с, а в зоне неповрежденных пород – свыше 4800 м/с. Зона интенсивной разгрузки имеет среднюю мощность 1-4 метра для всех перечисленных пород, а зона слабой разгрузки – 4-8 метров [8–А, 9–А, 13–А].

3. Разработанный метод и полученное уравнение для расчета скорости водного потока обеспечивают возможность мониторинга динамики потока и изменений гидравлического режима в туннельных конструкциях [4–А, 6–А, 14–А, 15–А, 18–А].

4. Предложена автоматизированная измерительная система на основе каскадного размещения приборов измерения температуры для контроля гидравлического режима в Дангаринском ирригационном туннеле [4–А, 6–А, 14–А, 15–А, 18–А].

2. Рекомендации по практическому использованию результатов исследований

1. Влияние трещиноватости и разломной тектоники проявляется в изменении значений V_p . После проведения работ по укреплению массива (цементация, анкеровка) наблюдается увеличение скорости продольных волн: в зонах слабой разгрузки – с 3200-3400 м/с до 3300-4100 м/с, а в относительно неповрежденных участках – с 4000-4400 м/с до 4500-4800 м/с. Данный факт указывает на повышение прочностных характеристик массива в результате проведенных мероприятий.

2. Предложены рекомендации по геофизическому обследованию Дангаринского ирригационного туннеля:

- сейсмическое профилирование по правой и левой стенам Дангаринского ирригационного туннеля;
- исследования молотком Шмидта по определению качества бетона в четырех точках вокруг туннеля с определенным шагом по трассе туннеля;
- ультразвуковое профилирование по бетону на выбранных участках туннеля.

3. Предложенный метод и полученная формула для расчета скорости водного потока дают возможность отслеживать динамику потока и изменение гидравлических характеристик в туннелях.

4. Для контроля гидравлического режима Дангаринского ирригационного туннеля предложена система, в которой датчики температуры расположены каскадом, обеспечивая детальный мониторинг температурных изменений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Варга А.А. Инженерно-геологический анализ скальных массивов. – М.: Недра, 1988. – 216 с.

[2]. Газиев Э.Г. Механика горных пород в строительстве. – М.: Стойиздат, 1973. – 176 с.

[3]. Геофизические исследования скальных оснований гидротехнических сооружений / Под ред. А.И. Савича. – М., 1983. – С. 167 (Труды «Гидропроекта», Вып. 89).

[4]. Горяинов Н. Н., Ляховицкий Ф. М. Сейсмические методы в инженерной геологии. – М.: Недра, 1974.

[5]. Давлатшоев С.К. Влияние объёмного нагружения скальных пород подземного помещения на процесс релаксации самонапряжённого состояния алевролитового массива. Гидротехническое строительство, №1, 2022. – С. 6-12.

[6]. Коптев В. И. Распределение скоростей в окрестности цилиндрических выработок в связи с их напряженным состоянием. – М., 1971. – С. 41 – 61 (Труды «Гидропроект»; Вып. 21).

[7]. Куянджич Б. Д. Исследование механических свойств скальных пород в Югославии // Вестн. МГУ. Сер. геология. – 1971. - № 1.

[8]. Никитин В. Н. Основы инженерной сейсмологии. М.: Изд МГУ, 1981. – 176 с.

[9]. Опыт оценки качества укрепительной цементации скальных пород сейсмоакустическими методами на Ингурской ГЭС / А. И. Савич, З. Г. Яценко, А. А. Горбунов // Гидротехническое строительство. – 1977. - № 12.

[10]. Парфенов В. Д., Савич А. И., Фишман Ю. А. Методы определения напряженного состояния скальных массивов на участках строительства гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 1984. - № 2. – С. 5- 20.

[11]. Савич А. И., Яценко З. Г. Исследование упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами. – М.: Недра, 1979. – 214 с.

[12]. Савич А.И., Шаумян Л.В. Опыт изучения масштабных эффектов в механике горных пород // Инженерная геология. -1986. -№2. –С. 12-25.

[13]. Фазылов А.Р. Законодательная база в области безопасности гидротехнических сооружений в Таджикистане. Водные ресурсы, энергетика и экология. 2021. Т. 1. № 3. С. 9-17.

[14]. Хасанов Н.М., Абдужабаров А.Х. Монография // Сейсмостойкость подземных транспортных сооружений. – Душанбе, 2022. – 239 с.

[15]. Шаумян Л.В. Природа физико-механических свойств массивов горных пород. – М.: Изд-во МГУ, 1989. -190 с.

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях автора:

а) Научные статьи, опубликованные в журналах, рецензируемых Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан:

[1–А]. **Тоирзода С.Т.** Муайян намудани ҳолати корӣ ва қитъаҳои зарардидаи нақби обёрии Данғара бо пешбини чорабиниҳои таъмирӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.** // Маҷаллаи илмӣ-техникӣ “Паёми политехникӣ”, баҳши таҳқиқоти муҳандисӣ, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ №1 (61). – Душанбе, с. 2023, – С.212-218. – ISSN 2520-2227.

[2–А]. **Тоирзода С.Т.** Усули назорати ҷараёни полоиш дар асоси сарбанд [Матн] / Давлатшоев С.Қ., Шамсуллоев Ш.А., **Тоирзода С.Т.**, Мирзоева Б.М., // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон №2 (53). – Душанбе, с. 2023, – С. 15-25. – ISSN 2707-8000.

[3–А]. **Тоирзода С.Т.** Муайян намудани ҳолати корӣ ва қитъаҳои зарардидаи нақби обёрии Данғара бо пешбини чорабиниҳои таъмирӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.** // Маҷаллаи назариявӣ ва илмию истехсолии “Кишоварз”-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур №3 (100). – Душанбе, с. 2023, – С.134-141. – ISSN 2074-5435.

[4–А]. **Тоирзода С.Т.** Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.Қ., **Тоирзода С.Т.**, Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(3). – Душанбе, 2023 г, – С. 67-73. – ISSN 2789-0953.

[5–А]. **Тоирзода С.Т.** Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотины [Текст] / Давлатшоев С.Қ., Шамсуллоев Ш.А., **Тоирзода С.Т.**, Мирзоева Б.М., Чакалова С.Х. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(2). – Душанбе, 2023 г, – С. 73-82. – ISSN 2789-0953.

[6–А]. **Тоирзода С.Т.** Усулҳои физикаи гармо ва технологияи мониторинги тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.** // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон №4/II (55). – Душанбе, с. 2023, – С. 68-76. – ISSN 2707-8000.

[7–А]. **Тоирзода С.Т.** Ҳисоби сарфи масолах, истехсол ва назорати сифати корҳои бетонӣ дар сохтмони иншооти гидротехникӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.** // Маҷаллаи назариявӣ ва илмию истехсолии “Кишоварз”-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур №2 (103). – Душанбе, с. 2024, – С.206-212. – ISSN 2074-5435.

[8–А]. **Тоирзода С.Т.** Таҳқиқи хусусиятҳои физикию механикии массивҳои сангии нақбҳои гидротехникӣ пас аз речаи тӯлонии истифодабарӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.** // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара, баҳши илмҳои табиӣ №2 (32). – Данғара, с. 2025, – С.86-94. – ISSN 2410-4221.

[9–А]. **Тоирзода С.Т.** Исследование физико-механических характеристик скального массива гидротехнических туннелей вследствие длительного режима эксплуатации [Текст] / **Тоирзода С.Т.**, Носиров Н.К. // Научный журнал «Водные

ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(2). – Душанбе, 2025 г, – С. 68-73. – ISSN 2789-0953.

б) Научные статьи, опубликованные в сборниках и других научно-практических изданиях:

[10–А]. **Тоирзода С.Т.** Нақби ирригатсионии Данғара: таъинот ва ҳолати кории нақбҳои ёрирасон [Матн] / **Тоирзода С.Т.**, Тураев С.С. Аҳмадов М.Ф. Нейматзода Д. // Маводи конференсияи донишгоҳии илмию назариявӣ дар мавзӯи рушди илмҳои табию техника аз нигоҳи расидан ба ҳадафҳои “Об барои рушди устувор, 2018-2020”. – Душанбе, с. 2020. – С. 13-18.

[11–А]. **Тоирзода С.Т.** Ультразвуковые исследования упругих и прочностных характеристик бетона [Текст] / Давлатшоев С.К. **Тоирзода С.Т.**, Хайруллозода Н.Дж., // Материалы Тринадцатой Международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии». – Душанбе -Тамбов – 2022 г., – С. 161-165.

[12–А]. **Тоирзода С.Т.** Назорат ва баҳоидиҳои ҳолати техникаи иншооти гидротехникӣ дар рафти истифодабарӣ [Матн] / **С.Т. Тоирзода**, М. М. Саидзода, С. С. Тураев // Маводи конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ дар мавзӯи «Тоҷикистон ва ҷаҳони муосир: уфуқҳои нави ҳамкориҳои илмӣ, техникаӣ, иқтисодӣ ва инноватсионӣ». – Кӯлоб, с. 2022, – С. 565-578.

[13–А]. **Тоирзода С.Т.** Изучение состояния скального массива строительных туннелей СТ-1 и СТ – 2 Рогунской ГЭС после длительной эксплуатации [Текст] / **Тоирзода С.Т.**, Давлатшоев С.К., Чакалов С.Х.// Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», част III. Естественные науки. - Душанбе, 2023 г., – С. 232-237.

[14–А]. **Тоирзода С.Т.** Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / **Тоирзода С.Т.**, Давлатшоев С.К., Чакалов С.Х.// Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ». – Душанбе, 2023 г., – С. 139-142.

[15–А]. **Тоирзода С.Т.** Метод контроля изменения скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.К., **Тоирзода С.Т.**, Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.// Материалы международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения». – Душанбе, 2023 г., – С. 162-168.

[16–А]. **Тоирзода С.Т.** Ченкуниҳои геодезӣ: андозаҳо ва ҳатогиҳои хангоми сохтмони иншооти гидротехникӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.**, Расулов Х. Ш., Шамсуллоев Ш.А.// Маводи конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар робита бо раванди таҳсилот ва истеҳсолот”. - Данғара, с. 2024, – С. 356-362.

Патенты

[17–А]. **Тоирзода С.Т.** Тарз ва дастгоҳ барои муайян кардани коэффитсенти филтратсия дар пояи сарбанд [Патент] / Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., **Тоирзода С.Т.**, Чакалов С.Х.// Патент № ТҶ 1406 Чумхурии

Тоҷикистон, МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24. № 2301802, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 5.

[18–А]. **Тоирзода С.Т.** Тарз ва дастгоҳ барои муайян кардани суръати об дар нақбҳо [Патент] / Давлатшоев С.К., **Тоирзода С.Т.**, Мирзоева Б.М., Шамсуллоев Ш.А., Чакалов С.Х.// Патент № ТЈ 1407 Ҷумҳурии Тоҷикистон, МПК G 01 P 5/18, E 21 B 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 4.

[19–А]. **Тоирзода С.Т.** Способ и устройство для определения коэффициент фильтрации в основании плотины [Патент] / Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М. **Тоирзода С.Т.**, Чакалов С.Х. // Евроазийский патент на изобретение № 048700, завл. №202392867; дата под. завл 12.10.2023 г; дата выд. Патента: 26.12.2024.

Учебные пособия

[20–А]. **Тоирзода С.Т.** Дастури методӣ оид ба иҷрои лоиҳаи курсӣ аз фанни Ташкил ва технологияи корҳои сохтмони гидротехникӣ, барои донишҷӯёни ихтисоси 1-70040101 – сохтмони гидротехникӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.**, Тураев С.С. Аҳмадов М. Неъматзода Д. // ДДД. – Душанбе, с. 2021. – С. 42.

[21–А]. **Тоирзода С.Т.** Роҳнамо оид ба иҷрои кори курсӣ аз фанни иншооти гидротехникӣ, барои донишҷӯёни ихтисоси 1-70040101 – сохтмони гидротехникӣ (васоити таълимӣ) [Матн] / **Тоирзода С.Т.**, Саидзода М.М., Аҳмадов М., Неъматзода Д.С., Шамсуллоев Ш.А.// ДДД. – Душанбе, с. 2023. – С. 52.

[22–А]. **Тоирзода С.Т.** Роҳнамо оид ба иҷрои кори мустақилонаи донишҷӯ бо роҳбарии омӯзгор (КМРО) аз фанни ташкил ва технологияи корҳои сохтмони гидротехникӣ (дастури таълимӣ-методӣ) [Матн] / **Тоирзода С.Т.**, Саидзода М.М. Неъматзода Д.С., Шамсуллоев Ш.А., Абдуллозода Ё.Ш.// ДДД. - Душанбе, с. 2023. – С. 56.

АННОТАТСИЯИ

автореферати диссертатсияи Тоирзода Сухроб Тоир дар мавзуи «Арзёбии хосиятҳои физикию механикии массивҳои атрофи нақбҳои гидротехникии истифодашавандаи баландфишор» барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD)-доктор аз рӯи ихтисоси 6D074400-Соҳтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ)

Калидвожаҳо: соҳтмон, нақбҳои гидротехникӣ, нақбҳои соҳтмонӣ, шароити муҳандисию геологӣ, геофизика, истифодабарӣ, речаи гидравликӣ, додарасонҳои ҳарорат, усулҳои физикаи гармӣ.

Мақсади таҳқиқот. Таҳқиқи нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ ва арзёбии хосиятҳои физикию механикии массивҳои атроф.

Объекти таҳқиқот. Нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ.

Мавзуи таҳқиқот. Таъсири кори тӯлонии нақбҳои гидротехникӣ ба хосиятҳои физикию механикии массивҳои атроф.

Навгонии илмии таҳқиқот чунин аст: - хосиятҳои физикию механикӣ (чандирӣ, мустаҳкамӣ ва шаклдигаркунии) - и рӯйпӯшҳои оҳану бетонии нақбҳои соҳтмони НС-1 ва НС-2-и НОБ-и Роғун бо ёрии усулҳои ултрасадоӣ ва массивҳои атроф бо усулҳои сейсмоакустикӣ пас аз истифодабарии тӯлонӣ ошкор ва муайян карда шуданд; - хосиятҳои минтақаҳои заиф ва пастшуда (минтақаҳои ноустувор) - и массивҳои атрофи нақбҳои соҳтмони НС-1 ва НС-2-и НБО-и Роғун бо ёрии усули томографияи сеймикӣ аниқ карда шуданд; - усул барои муайян кардани суръати ҷараёни об ва тағйирёбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои баландфишор дар асоси тағйироти майдони гармии атрофи нақбҳои гидротехникӣ таҳия гардид; - системаи назорати дарбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ ва системаи худкори ченкунӣ барои идоракунии силсилавӣ дар тамоми тӯлноқӣ кор карда баромада шуд.

Аҳамияти амалии таҳқиқот: - коркарди барномаҳои маҷмӯии таҳқиқоти чандирӣ, устуворӣ ва шаклдигаркунии рӯйпӯши оҳану бетонӣ ва массиви чинсҳои атрофи нақбҳои гидротехникӣ пас аз истифодадихии тӯлонӣ; - дақиқ намудани хосиятҳои минтақаҳои заиф ва пастшудаи қитъаҳои нақбҳои гидротехникӣ ва таъиноти чорабиниҳо оид ба сементкунии устувории массиви чинсҳои атроф; - ворид намудан ба истифодадихии системаҳои назорати дарбии речаи гидравликӣ дар нақбҳои гидротехникӣ ва системаи худкори ченкунӣ барои идоракунии силсилавӣ дар тамоми тӯлноқӣ; - натиҷаҳои назариявӣ-методиӣ таҳқиқоти кори диссертатсионӣ дар раванди таълим ҳангоми тайёркунии барномаҳои таълимӣ, нашри дастурҳои таълимӣ, монография ва тартибдихии маводи маърузавӣ дар зинаи бакалаврият барои фанҳои «Механикаи хокҳо, асосҳо ва таҳкурсиҳо», «Геология ва гидрогеологияи муҳандисӣ», «Иншооти гидротехникӣ», «Ташкил ва технологияи корҳои соҳтмони гидротехникӣ» дар МДТ «Донишгоҳи давлатии Данғара» истифода шуданд; натиҷаҳои таҳқиқотро ҳангоми тайёркунии нақшаҳои таълимӣ, барномаҳои корӣ ва силлабусҳои фанҳои мувофиқ истифода бурдан мумкин аст.

Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо. Дар ҷараёни гузаронидани таҷрибаҳои геофизикии саҳрой дар нақбҳои соҳтмони НС-1 ва НС-2-и НБО-и Роғун, натиҷаҳои бадастомада аз ҷиҳати миқдорӣ ва сифатӣ ба маълумоти таҷрибавии таҳқиқоти геофизикии саҳроии қаблан анҷомёфтаи комплекси зеризаминии НБО-и Роғун мувофиқат мекунанд. Корҳои геофизикии саҳрой бо дастгоҳи сертификатсияшудаи ЛАККОЛИТ 24М анҷом дода шуданд.

АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации Тоирзода Сухроб Тоир на тему «Оценка физико-механических характеристик вмещающего массива эксплуатируемых высоконапорных гидротехнических туннелей» на соискание учёной степени доктора философии (PhD)-доктор по специальности 6D074400-Гидротехническое строительство и сооружения (6D074401-Гидротехническое строительство)

Ключевые слова: строительство, гидротехнические тоннели, строительные тоннели, инженерно-геологические условия, геофизика, эксплуатация, гидравлический режим, температурные датчики, теплофизические методы.

Цель исследований – обследование гидротехнических туннелей после длительной эксплуатации и оценка физико-механических характеристик вмещающего массива.

Объект исследования: гидротехнические туннели после длительной эксплуатации.

Предмет исследования: влияние длительной эксплуатации гидротехнических туннелей на физико-механические характеристики вмещающего массива.

Научная новизна диссертации: - выявлены и определены физико-механические (упругие, прочностные и деформационные) характеристики железобетонной отделки строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС ультразвуковым методом вмещающего массива сейсмоакустическими методами, после длительной эксплуатации; - выявлены зоны ослабленных и пониженных характеристик (зоны разуплотнения) вмещающего массива строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС методом сейсмической томографии; - разработан метод для определения скорости водного потока и изменения гидравлического режима в высоконапорных туннелях на основе изменения теплового поля вокруг гидротехнического туннеля; - разработана система створного контроля гидравлического режима в гидротехнических туннелях и автоматизированная измерительная система каскадного контроля по всей протяженности.

Практическая значимость: - разработана комплексная программа обследования упругих, прочностных и деформационных характеристик железобетонной отделки и вмещающего массива гидротехнических туннелей после длительной эксплуатации; - уточнение зоны ослабленных и пониженных характеристик участков гидротехнических туннелей и назначение инженерных мероприятий по укрепительной цементации вмещающего массива; - внедрение в эксплуатацию системы створного контроля гидравлического режима в гидротехнических туннелях и автоматизированную измерительную систему каскадного контроля по всей протяженности. - результаты теоретико-методических исследований, диссертационной работы можно использовать в учебном процессе при составлении образовательных программ, издании учебных пособий, монографий и подготовке курсов лекций по различным дисциплинам бакалавриата; предметам «Механика грунтов, основания и фундаменты», «Геология и инженерная гидрогеология», «Гидротехнические сооружения» и «Организация и технология производства гидротехнических работ» в Дангаринском государственном университете; - результаты исследований могут использоваться при разработке учебных планов, рабочих программ и сиλλαбусов для соответствующих дисциплин.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается соответствием результатов расчетов конструкций, проведенных с использованием предложенных автором методов, результатами экспериментов и данными других исследователей. В процессе проведения полевых геофизических экспериментов в строительных туннелях СТ-1 и СТ-2 Рогунской ГЭС полученные результаты количественно и качественно согласуются с экспериментальными данными ранее выполненных полевых геофизических исследований подземного комплекса Рогунской ГЭС. Полевые геофизические работы проводились сертифицированным прибором ЛАККОЛИТ 24М.

ANNOTATION

on the abstract of the dissertation of **Toirzoda Suhrob Toir** on the topic «**Assessment of the physical and mechanical characteristics of the enclosing massif of operated high-pressure hydraulic tunnels**» for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)-Doctor of 6D074400-Hydraulic engineering construction and structures (6D074401-Hydraulic engineering construction)

Keywords: construction, hydraulic tunnels, construction tunnels, engineering and geological conditions, geophysics, operation, hydraulic regime, temperature sensors, thermophysical methods.

The object: hydraulic tunnels after long-term operation.

The subject: the influence of long-term operation of hydraulic tunnels on the physical and mechanical characteristics of the enclosing massif.

The purpose – inspection of hydraulic tunnels after long-term operation and assessment of the physical and mechanical characteristics of the enclosing massif.

Scientific novelty of the dissertations: -the physical and mechanical (elastic, strength and deformation) characteristics of the reinforced concrete lining of construction tunnels CT-1 and CT-2 of the Rogun HPP were identified and defined using the ultrasonic method and of the enclosing massif using seismoacoustic methods after long-term operation; - zones of weakened and reduced characteristics (decompression zones) of the enclosing massif of construction tunnels CT-1 and CT-2 of the Rogun HPP were identified using the seismic tomography method; - a method was developed for determining the water flow velocity and changes in the hydraulic regime in high-pressure tunnels based on changes in the thermal field around the hydraulic tunnel; - a system for alignment control of the hydraulic regime in hydraulic tunnels and an automated measuring system for cascade control along the entire length were developed.

Practical significance: - development of a comprehensive program for examining the elastic, strength and deformation properties of reinforced concrete lining and the enclosing massif of hydraulic tunnels after long-term operation; - clarification of the zone of weakened and reduced characteristics of sections of hydraulic tunnels and the appointment of engineering measures for strengthening grouting of the enclosing massif; - implementation in operation of a system of alignment control of the hydraulic regime in hydraulic tunnels and an automated measuring system of cascade control along the entire length. - the results of the theoretical and methodological research, the dissertation work can be used in the educational process when compiling educational programs, publishing textbooks, monographs and preparing lecture courses in various bachelor's degree disciplines; the subjects "Soil Mechanics, Bases and Foundations", "Geology and Engineering Hydrogeology", "Hydraulic Structures" and "Organization and Technology of Production of Hydraulic Engineering Works" at Dangara State University; - research results can be used in developing curricula, work programs and syllabi for the relevant disciplines.

Reliability of results – the validity of this dissertation is confirmed by the consistency of the results of structural calculations conducted using the methods proposed by the author with the experimental results and data from other researchers. During field geophysical experiments in the CT-1 and CT-2 construction tunnels of the Rogun Hydroelectric Power Plant, the results obtained are quantitatively and qualitatively consistent with experimental data from previously conducted field geophysical studies of the underground complex of the Rogun Hydroelectric Power Plant. Field geophysical work was conducted using a certified ЛАКОЛЛИТ 24М instrument.