

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

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

**ПЕТРОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**БЕТОНЛИ ГИДРОТЕХНИКА ИНШООТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ  
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ОШИРИШ УСУЛЛАРИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.09.06 – Гидротехника ва мелиоратив қурилиш**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам  
Contents of the doctoral (PhD) Dissertation Abstract**

<b>Петров Андрей Александрович</b> Бетонли гидротехника иншоотларидан фойдаланиш ишончлилигини ошириш усулларини такомиллаштириш .....	3
<b>Петров Андрей Александрович</b> Совершенствование методов повышения эксплуатационной надежности бетонных гидротехнических сооружений.....	20
<b>Petrov Andrey Aleksandrovich</b> Improvement of methods for increasing operational reliability of concrete hydrotechnical structures.....	36
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	41

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

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

**ПЕТРОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**БЕТОНЛИ ГИДРОТЕХНИКА ИНШООТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ  
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ОШИРИШ УСУЛЛАРИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.09.06 – Гидротехника ва мелиоратив қурилиш**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.PhD/T1230 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институтида бажаришган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб sahifasida ([www.tjame.uz](http://www.tjame.uz)) ва "ZiyoNet" ахборот-таълим тармоғига ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Махмудов Илҳомжон Эрназарович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Хўжақулов Рустам техника фанлари доктори, профессор Шеров Анвар Ғуломович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	Тошкент архитектура қурилиш институти

Диссертация химояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг «25» ~~сентябр~~ 2020 йил соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел: (99871) 237-22-09; Факс: (99871) 237-54-79, e-mail: [admin@tjame.uz](mailto:admin@tjame.uz)).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (151 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел: (99871) 237-19-45).

Диссертация автореферати 2020 йил «12» 12 кунни тарқатилди.

(2020 йил «12» 12 даги 151 рақамли реестр баённомаси).



Т.З. Султанов

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

А.А. Янгиев

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

М.Р. Бакиев

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

## КИРИШ (фалсафа доктори(PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда гидротехника иншоотларининг шимилишга қарши конструкцияларида ва айниқса иншоотларнинг сув остида жойлашган қисмида бетондан фойдаланиш амалиёти, материалнинг амалдаги мустаҳкамлиги ва иншоотларнинг хизмат қилиши бўйича талаб қилинадиган ҳисобий муддатлари билан мос келмаслигини кўрсатмоқда, бу эса уларнинг ишлаш қобилиятини узайтириш мақсадида конструкция элементларининг коррозияга қарши ҳимоя усулларини такомиллаштиришни талаб қилади. Бу борада, жумладан АҚШ, Россия, Франция, Италия, Хитой, Ўзбекистон ва бошқаларда гидротехника иншоотлари сувнинг зарарли таъсири натижасида калций силикатларини ювилиши билан боғлиқ бетоннинг карбонизацияланиш жараёнларини тадқиқ қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон амалиёти гидротехника иншоотларини таъмирлаш-тиклаш амалиёти шуни кўрсатмоқдаки, конструкция элементларининг емирилиши ва металл қисмларининг коррозияланиши билан боғлиқ равишда иншоотнинг ишончлилиги ва барқарорлиги ҳолатларининг пасайиши 10-12 йилда содир бўлмоқда. Диссертация иши доирасида гидротехника иншоотлари бетон қисмларининг бузилган жойларини эрта муддатларда аниқлашда бетондан намуна олиш (карбонизацияни ҳосил бўлишининг 10 бирликдан кичик кўрсаткичларида бетонни емирилишини аниқлаш) ва шимилишга қарши экранларни ҳосил қилиш орқали гидроизоляция ишларини бажариш усуллари ишлаб чиқилган. Конструктив элементларда коррозияни вужудга келишини башоратлаш ва гидротехника иншоотларида йилнинг ихтиёрий вақтида гидроизоляция ва герметиклаш ишларини амалга ошириш усуллари ишлаб чиқилган.

Ҳозирги кунда гидротехника иншоотларидан фойдаланишдаги ишончлилиги асосан, материаллар билан боғлиқ ҳаражатларни иқтисод қилиш ва авария ҳолатларини бартараф этиш имкониятини яратувчи гидроизоляция ва герметикловчи материалларнинг бошланғич маълумотларини танлаш ва уларни аниқлаш ишлари бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йиллардаги Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида “...иқтисодиёт тармоқларини ривожлантириш учун мелиоратив ва ирригация иншоотларидан янада самарали фойдаланиш тўғрисида йўналиш белгилаб берилган бўлиб”, сув хўжалиги объектларида авария ҳолатларини олдини олиш ва уларни узок вақт самарали хизмат қилишини таъминлаш имкониятини яратадиган инновацион усуллар ва технологияларни яратиш ва амалиётга кенг жорий этиш вазифалари белгилаб берилган<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

Ўзбекистон Республикасининг 1999 йилдаги “Гидротехника иншоотлари хавфсизлиги тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 25 сентябрдаги ПҚ-3286-сон “Сув объектларини муҳофаза тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги қарори, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 9 октябрдаги ПҚ-4486-сон “Сув ресурсларини бошқариш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 24 октябрдаги ПҚ-4499-сон “Қишлоқ хўжалигида сув тежамкор технологияларни жорий қилишни рағбатлантириш механизмларини кенгайтириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳозирги вақда гидротехника иншоотларидан фойдаланиш ишончилигини ошириш мақсадида иншоотларнинг шимилишга қарши бетон элементлари нуқсонларини таъмирлаш ва тиклаш ишларини амалга оширишда композит материаллардан фойдаланиш масалаларига қаратилган илмий ва амалий тадқиқотларнинг бир қатор натижалари маълум. Жумладан Глебов П.Д., Покровский Н.С., Попченко С.Н., Стабников Н.В., Кисина А.М., ва бошқалар гидротехника иншоотларидан фойдаланиш муддатларини узайтириш мақсадида нефт битумига полимер қўшимчаларни аралаштириш асносида гидроизоляция материалларини ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқот ишларини олиб боришган.

Колбановская С.А., Противентеев И.В., Козловский А.А., Сурмели Д.Д., Горшанин Г.И., Михайлов Н.В. ва бошқаларнинг ишларида гидроиншоотлар химояси учун физик-механик, эксплуатацион-техник ва чидамлилиқ характеристикалари юқори композит материалларни таъминловчи коррозияга ва шимилишга қарши материалларни излаш ва такомиллаштиришга йўналтирилган тадқиқотлар амалга оширилган.

Ҳозирги вақтда йил давомидаги тартибда ГТИнинг таъмирлаш-тиклаш ишларини бажаришда ишлаб чиқилган таркибларни қўлланилиши масалалари етарлича ўрганилмаган, бу эса ўз навбатида сув хўжалигидаги иншоотларни эксплуатация ишончилигига салбий таъсир кўрсатмоқда. Бетон конструкцияларни таъмирлашда гидроизоляция материалларини қўлланилишини ҳисобга олган ҳолда гидроиншоотларни чидамлилигини

баҳолаш ва башоратлаш услубларини такомиллаштириш масалалари ҳам етарлича ўрганилмаган.

**Тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги** Диссертация тадқиқоти Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ҚХИ-5-059-2014 “Корродирланган бетонни таъмирлаш учун шимилишга қарши композицияни қўллаш” ҳамда ҚХА-2018-282 “Гидротехник иншоотларидаги бетон элементлари ва металл конструкцияларининг коррозия ва шимилишга қарши химоя қопламаларини ишлаб чиқиш” лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** гидротехника иншоотларининг узлуксиз ишлаши шароитида уларнинг конструкцияларидаги карбонлашган бетон элементларидан фойдаланиш муддатларини узайтириш учун шимилишга ва коррозияга қарши материалларни технологик хусусиятларини яхшилаш орқали БНК (битум натрийли каучук) нинг совуқ композицияси таркибини такомиллаштириш, ҳамда коррозияга қарши ва герметикловчи химоя қопламали ГТИ ишончилилик ҳолатини башоратлаш услубларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

гидротехника иншоотларидан фойдаланиш ишончилигини ошириш мақсадида бетон конструкцияларининг нуқсонли қисмларида химоя экранларини ҳосил қилиш учун қўлланиладиган шимилиш ва коррозияга қарши мавжуд композит материалларни баҳолаш ва таҳлил қилиш;

гидротехника иншоотларини дала шароитларида таъмирлаш тиклаш ишларини амалга ошириш имкониятини яратадаган материалларни ишлаб чиқиш мақсадида, материаллар таркибидаги компонентларни соддалаштириш орқали совуқ композиция таркибини такомиллаштириш. Аналог ва такомиллаштирилган таркибнинг хусусиятларини таққослаб тажриба ўтказиш;

такомиллаштирилган композит материаллар ўзига хослигининг физик-механик ва эксплуатацион-техник параметрларини ўрнатиш мақсадида Тошкент сув омборида натура тадқиқотларни амалга ошириш;

коррозияга қарши герметизацияловчи химоя қопламали гидротехника иншоотлари конструкцияларининг фойдаланиш муддатларини баҳолаш ва башоратлаш имкониятини яратувчи математик моделини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот объектлари** сифатида гидротехника иншоотлари, нов тармоғи, канал ва тўғонларнинг шимилишга қарши бетон қопламалари олинган.

**Тадқиқот предмети** гидротехника иншоотларининг шимилишга қарши химоя қопламали бетонли қисмлари, карбонлашган бетон конструкцияларидаги масса кўчиш жараёнлари, кўп компонентли шимилиш ва коррозияга қарши композит материаллар таркибини ташкил этади.

**Тадқиқот усуллари.** Тадқиқот жараёнида экспериментал, дала кўзатув ва лаборатория усуллари ҳамда гидротехниканинг умумий қабул қилинган

усуллари, гидромеханика қонунлари асосида математик моделлар тузиш ва уларни сонли ҳисоблаш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

гидротехник иншоотлар конструкциялари элементларини гидроизоляцияси учун зарур композицияларнинг умумий қонунияти битум-полимер структураси шаклланишини инобатга олиб такомиллаштирилган;

совуқ композицияни таркиби пластиклаштирувчи компонентларни инобатга олган ҳолда такомиллаштирилган;

гидротехника иншоотлари конструкциялари элементларини барқарорлиги ва узоқ муддат хизмат қилишини таъминлаш имконияти совуқ композициялардан фойдаланишни инобатга олган ҳолда асосланган;

гидротехника иншоотларининг коррозия ва шимилишга қарши қопламали конструкцияларини инобатга олиб фойдаланиш муддатларини баҳолаш ва башоратлаш учун математик модел ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

гидротехника иншоотларини ишончлилик ҳолатини ошириш учун гидроизоляцияловчи ва коррозияга қарши материалнинг таркиби, тайёрлаш ва ишлатилиш технологияси такомиллаштирилди;

коррозияга қарши герметизацияловчи ҳимоя қопламали гидротехника иншоотлари конструкцияларининг фойдаланиш муддатларини баҳолаш ва башоратлаш имкониятини яратувчи математик модели ишлаб чиқилди;

дала ва назарий тадқиқотлар асосида Тошкент сув омборининг ҳимоя қатлами билан қопланган ГТИ конструкцияларининг ишончилиги аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги композит материалларни таркибини такомиллаштириш, ҳимоя қопламили гидротехника иншоотларини ишончилигини башоратлаш усулларини ишлаб чиқилганлиги, аналог ва математик модель сонли ечимларини дала ва лаборатория тадқиқотлари натижалари билан ҳамда тадқиқот натижаларини амалиётга тадбиқ этилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқотнинг натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқотнинг илмий аҳамияти қайноқ қотишма ўрнига, изоляция ишлари технологиясини самарасини таъминланловчи совуқ композиция такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади;

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти 16 йилгача ишончликга эга ва иқтисодий самарадорлиги 23 минг сўм/м<sup>2</sup> ни таъминловчи совуқ композицияни тайёрлашнинг технологик принциплари такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Бетонли гидротехник иншоотларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини ошириш усулларини такомиллаштириш асосида:

пластиклаштирувчи компонентлари асосидаги такомиллаштирилган совуқ композиция таркиби Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Тошкент вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармасига жорий этилган (Сув



хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрь №03/25-4362 сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқилган инновацион совуқ БСР композицион материал ўзининг юқори эксплуатацион-техник ва иқтисодий характеристикалари билан бир қаторда ГТИ лар ишончилиги ошишини таъминлайди, ундан ташқари ҳарорат шароитларига боғлиқ бўлмаган ҳолда йил давомида конструкция элементларини изоляция қилиш учун материални қўллаш имконияти яратилди;

гидротехник иншоотлар конструкциялари элементларини гидроизоляцияси учун зарур композицияларнинг такомиллаштирилган умумий қонунияти Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Тошкент вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармасига жорий этилган. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрь №03/25-4362 сон маълумотномаси). Натижада гидротехника объектининг сув остидаги соҳасини эксплуатациясида коррозияга ва шимилишга қарши экранли ва чокларни кучайтирадиган ҳимоя фрагментлари ҳосил қилинди;

гидротехника иншоотлари конструкциялари элементларини барқарорлиги ва узоқ муддат хизмат қилишини таъминлаш учун совуқ композициялардан фойдаланиш Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Тошкент вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармасига жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрь №03/25-4362 сон маълумотномаси). Натижада бетон ва темир бетондан қурилган гидротехника иншоотлари элементларининг авариясиз хизмат муддатларини узайтириш учун гидроизоляция материални йил давомида қўллаш имконияти яратилди;

гидротехника иншоотларининг коррозия ва шимилишга қарши қопламали конструкцияларини инобатга олиб фойдаланиш муддатларини баҳолаш ва башоратлаш учун ишлаб чиқилган математик модел Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Тошкент вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармасига жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрь №03/25-4362 сон маълумотнома). Дастурий таъминот жорий этилиши натижасида ўзгарувчан сув сатҳи соҳасида агрессив муҳит шароитларида совуқ композиция асосидаги шимилишга қарши герметикловчи экран ишончилигини баҳолаш имконияти яратилди.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари халқаро анжуманда муҳокама қилинган ва маъқулланган, шу жумладан 2 та халқаро илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича 7 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларидаги, жумладан 4 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, 3 боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 114 бетни ташкил қилади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида Ўзбекистонда ва жаҳонда ўтказилган илмий тадқиқотлар асосида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилиши, ишнинг апробацияси, чоп этилган натижалар ва диссертация тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Гидротехника иншоотларининг ишончлилик ҳолатини ошириш усуллари ва илмий тадқиқотларни ретроспектив таҳлили”** деб номланган биринчи бобида гидроизоляция коррозияга чидамли ва герметик композициялари таркибини такомиллаштиришнинг кенг тарқалган усуллари ва муаммони замонавий ўрганилганлик даражаси ёритилган. Жумладан, В.В.Болотин, И.И.Гольденблат, А.Ф.Смирнов, О.Г.Циплаков, Г.И.Брызгалин, И.Ф.Образцов, В.В.Васильев, В.А.Бунаков ишларида ҳарорат ўзгариши билан боғлиқ равишда композит материалларнинг қайишқоқлик ва термоқайишқоқлик хоссаларининг анизотроплиши натижасида материалларда ҳарорат билан боғлиқ кучланиши ҳосил бўлиб, иссиқлик кенгайишининг коэффициентларининг фарқи кўринишида аниқланган. Композит материаллар хусусиятининг анизотропияси материалларнинг кучланганлик ҳолатида кенг намоён бўлади. Аммо ушбу хусусият лойиҳалаш ва тажриба ишларида доимо ҳисобга олинмаяпти.

В.В.Болотин, Ю.Н.Работнов, Ю.Н.Новичков, В.В.Парцевский, В.П.Николаев, Н.А.Панфилов, Г.Г.Портнов ишларида композит материал қатламлари орасидаги силжиш ва узилиш билан боғлиқ мустаҳкамлик хусусиятларини ҳисобга олмаслик натижасида конструкция элементларини тасодифий ишдан чиқиш ҳолатлари тадқиқ қилинган. Бутил, этиленпропилен асосли синтетик каучук кўринишидаги такомиллаштирилган компонентли қайноқ композиция эритмалари БИТЭП (бутил этиленпропилли) хоссалари таҳлили амалга оширилган.

Қайноқ эритмаларни камчилиги уларни қайноқ ҳолда ишлатилиши ҳисобланади, бу эса ўз навбатида чегараланган муддатларга эга сув хўжалаги курилиши амалаётида қўлланилиши имкониятларини чегаралайди. Ундан ташқари қайноқ эритмалар совуқ ва нам бетон конструкцияларида ҳимоя экранлари сифатида қўлланиладиган композицияларни куйдириш оқибатида уларни сифатига салбий таъсир кўрсатади.

Иншоотларда шимилиш ва коррозияга қарши материал сифатида совуқ композиция (БНК) қўлланилади. БНК нафақат ҳимоя экранларини

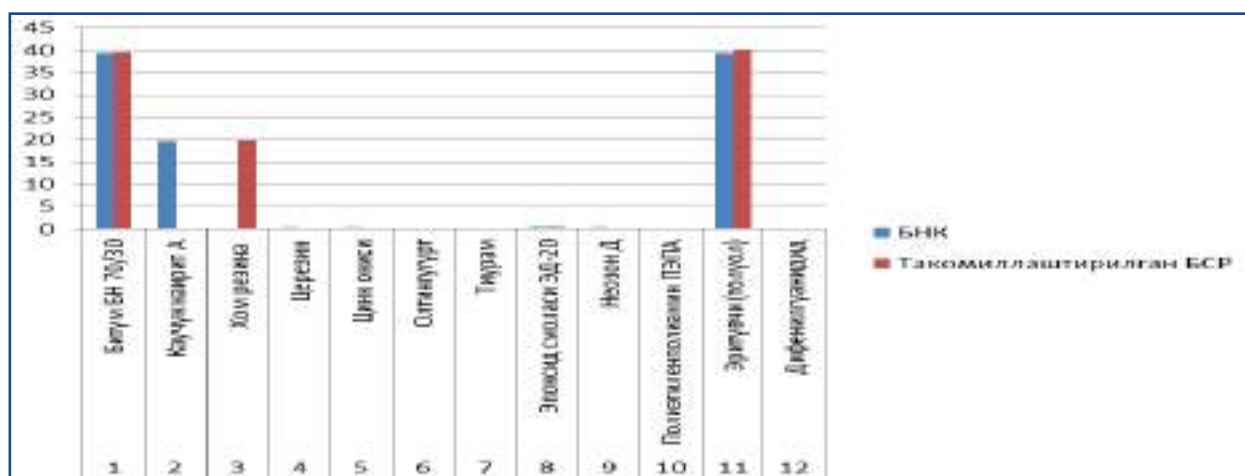
фойдаланиш муддатларини ўзайтириш балки қайноқ таркибли композицияларга нисбатан иқтисодий ва технологик қулайликка эга. Аммо совуқ композициялар (БНК) кўп таркибий элементларга эга бўлганлиги сабабли уларни амалиётга қўлланилишида етарли камчиликлар мавжуд.

Диссертация доирасида амалга оширилган таҳлиллар натижалари шуни кўрсатмоқдаки, қиёсий тажрибаларни тасдиқлаш билан аналог хусусиятларига яқин бўлган тавсифларни таъминловчи материални тайёрлашда компонентларни қисқартириш йўли орқали технологик кўрсаткичлари бўйича аналог композицияни такомиллаштириш тадқиқотларини олиб бориш зарурияти мавжуд. Коррозияга қарши ва герметик ҳимоя қопламали гидротехника иншоотлар конструкцияларининг узоқ муддат хизмат қилишини башоратлаш бўйича илмий техника муаммолари етарлича ўрганилмаганлигини кўрсатмоқда.

Диссертациянинг “Гидроизоляцияли ва коррозияга қарши битум полимер композиция таркибини такомиллаштириш” деб номланган иккинчи бобида танланган аналог учун бошланғич компонентларни танлаш ҳамда аналог ва такомиллаштирилган компонентларни асослаш бўйича тадқиқотлар бажарилган. БНК таркибини такомиллаштириш бўйича турли техник ечимлар вариантлари апробацияси амалга оширилган. Тадқиқот натижаларига кўра асосий пластификацияловчи компонент – тезлаштирувчи кўшимчаларнинг мақбул нисбатларига ҳамда вулканизацияловчи, барқарорлаштирувчи ва эскиришни олдини олувчи компонентларга эга А (ТУ МХП 1562-54 Р) маркали хлор натрийли каучук ўрнига РТМ (резина техник махсулотлар) заводи шароитларида тайёрланадиган резина ингредиенти қўлланилиш варианты технологик жиҳатдан самарали эканлиги намоён бўлди.

Такомиллаштирилган совуқ ва аналог композицияларнинг физик-механик хусусиятларини тадқиқот қилиш ва қиёслаш бўйича тажрибалар олиб борилди.

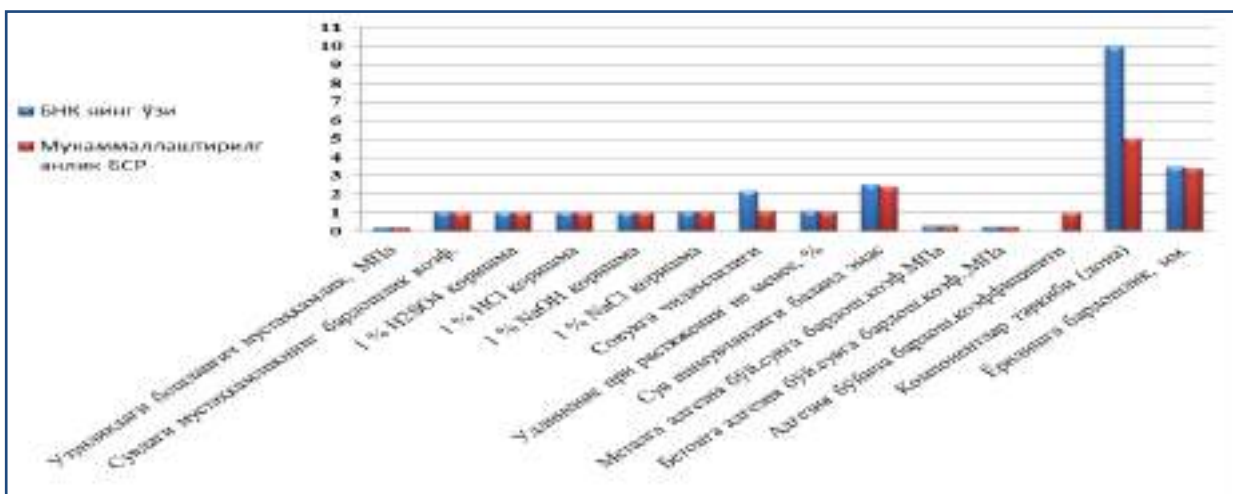
Қуйидаги расмда аналог ва такомиллаштирилган материаллар



**1-расм. Аналог ва такомиллаштирилган композит материаллар компонентларини таққослашнинг мақбул нисбатлари физ кўринишида**

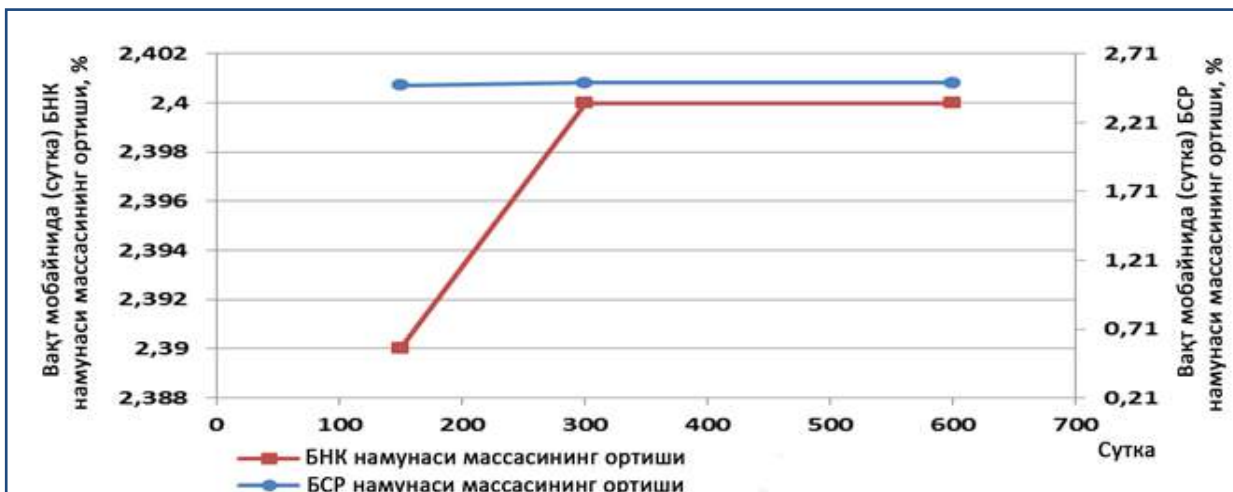
хоссаларини тадқиқ қилиш ва таққослаш учун қабул қилинган композициялар таркиблари келтирилган (1-расм).

Аналог ва такомиллаштирилган композит материалларини тадқиқот қилиш ва қиёслаш учун қабул қилинган композициялар таркиби қуйидаги расмда келтирилган (2-расм).



**2-расм. Совуқ битум полимер композицияларни аналог ва такомиллаштирилган таркибларининг асосий компонентларини умумий диаграммаси**

Тажриба материалларининг асосий физик-механик, эксплуатация-техник хоссалари маълумотларини ҳисобга олиб қуйидаги натижалар олинди (3 -расм).



**3-расм. Материалларнинг тажриба намуналарини сув қабул қилиши кўрсаткичлари**

Тажрибадан ўтказилган аналог ва такомиллаштирилган композицияли материалларнинг хоссалари таҳлилларига кўра иккала композиция гидротехника иншоотларини фойдаланиш муддатларини узайтириш бўйича етарлича пишиқликка эга эканлигини кўрсатди. Совуқ композицияларни тайёрлаш технологияси фаол ва нофаол кўринишига эга.

Фаол технологияда композиция компонентларининг эритилиши аралаштирувчи қурилма ёрдамида амалга оширилади. Нофаол технологияда

олдиндан тайёрлаб қуйилган компонентлар идишга солиниб, эритувчи модда қуйилади. Маълум вақт ўтгандан сўнг аралашма вужудга келади. Нофаол технологияни қўлланилиши дала шароитларида яхши самара беради.

Совуқ композициялар юқори физик-механик ва технологик хусусиятларга эга бўлганлиги сабабли қўлланилиш соҳаси кенг ҳисобланиб гидротехника иншоотларининг кўшма элементларининг туташган қисмларида ҳам герметикловчи материал сифатида ишлатилади.

Тадқиқот доирасида ишлаб чиқилган ишланма 2015 йилда Тошкент сув омборида қўлланилди. Яъни, таркиби такомиллаштирилган совуқ композиция сув омбори туғонининг юқори бьефидаги 9-қатордаги бетон қопламаларида фильтрация ва коррозияга қарши экран сифатида тадбиқ этилди.

Такомиллаштирилган совуқ композиция (БНК) ҳамда қайноқ композиция (БИТЭП)ларнинг иқтисодий самарадорлиги ҳисоблари қуйидагича бўлди. Қайноқ композиция (БИТЭП) билан 1 м<sup>2</sup> бетонни изоляция қилиш харажатлари 58809 сўм/м<sup>2</sup> ни, такомиллаштирилган таркибли совуқ композиция билан изоляция қилиш харажатлари 37245 сўм/м<sup>2</sup>ни ташкил этиб, 21,5 минг сўм/м<sup>2</sup> дан кам бўлмаган иқтисодий самарадорликни таъминлайди. Ундан ташқари такомиллаштирилган таркибли совуқ композицияни қўлланилиши натижасида меҳнат харажатлари 37 фоизга қисқариб, иқтисод қилинадиган маблағларнинг тахминий ҳисоби 15,5 минг. сўм/м<sup>2</sup> ни ташкил этади.

Диссертациянинг **“Бетон конструкцияларини таъмирлашда гидроизоляция материалларини қўллаш ҳисобига гидроиншоотларни фойдаланиш муддатларини башоратлаш”** деб номланган учинчи бобида агрессив муҳитлар шароитидаги коррозия ва шимилишга қарши ҳимоя экранларига эга гидротехника иншоотларининг темир бетон конструкцияларида содир бўладиган масса кўчиш жараёнининг математик модели ишлаб чиқилган. Гидротехника иншоотларининг темир бетон конструкциялари материалларининг деградацияси агрессив муҳитнинг кимёвий таъсири остида юз беради.

Кимёвий таъсир ва диффузия тезлиги муносабатига боғлиқ равишда конструкцияларни ишдан чиқиши қуйидаги учта соҳадан бирида рўй беради: муҳитнинг диффузия тезлиги қиймати материалнинг бузилиши тезлигидан кичик бўлган ҳолда юза қатламда гетероген деградация; муҳитнинг диффузия тезлиги қиймати кимёвий реакция тезлигидан катта бўлган ҳолда материалнинг бутун хажми бўйича рўй берадиган гомоген деградацияси; муҳитнинг диффузия тезлиги қиймати кимёвий реакция тезлиги қиймати билан тенг бўлган ҳолда конструкцияни ишдан чиқариш жараёнлари шаклланадиган диффузия деградацияси кўринишида намоён бўлади.

Агрессив муҳитлар шароитидаги коррозия ва шимилишга қарши ҳимоя экранларига эга гидротехника иншоотларининг темир бетон конструкцияларидаги масса кўчиш жараёнлари тадқиқ қилинган.

Материал концентрациясининг ўзгариши ва тақсимланишининг бошланғич симметриясини эътиборга олинди. Маълумки, концентрациянинг ўзгариши жараёни ташқи муҳит концентрацияси билан тенглашганда яқунланади.

Агрессив муҳитлар шароитидаги коррозия ва шимилишга қарши ҳимоя экранларига эга гидротехника иншоотларининг темир бетон конструкцияларидаги масса кўчиш жараёнларини моделлаштириш амалга оширилган. Бунда концентрация фақат битта  $x$  координатага боғлиқ ва концентрациялар майдони бир улчовли деб фараз қилинди.

Шу фараз билан масса кўчиш дифференциал тенгламасининг бир ўлчамли кўринишида фойдаланиш мумкин.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - a \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1), \quad \text{бу ерда: } D = \frac{4R^2}{\pi^2 \Delta t} \ln \left( \frac{Q(t_2) - Q(t_1)}{Q(t_3) - Q(t_1)} \right) \quad (1)$$

Табиий конвекция ҳолида темир бетон конструкциясининг ҳимоя қатлами ҳамда сув оқими билан вужудга келадиган масса кўчиш жараёнини характерлаш учун Нуссельт ўхшашлик критериясидан фойдаланилди.

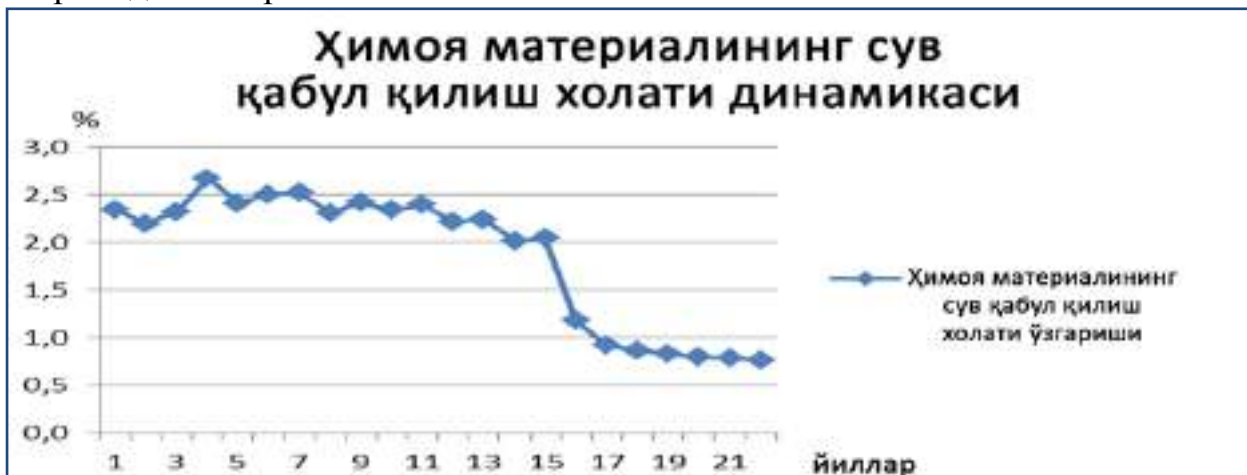
Нуссельт ўхшашлик меъзони  $Nu = \frac{al}{D}$  - сувдан композит материал юзасига бўладиган конвектив масса кўчишни характерлайди:

бу ерда:  $a$  - масса узатиш коэффициенти, м\с;  $l$  - характерли чизиқли ўлчов, м;  $D$  - диффузия коэффициенти, м<sup>2</sup>/с.

Энди ўлчовсиз параметрлари киритилади  $x = l\hat{x}$ ,  $t = \frac{l}{a}\tau$ . Тегишли математик амаллардан сўнг (1) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

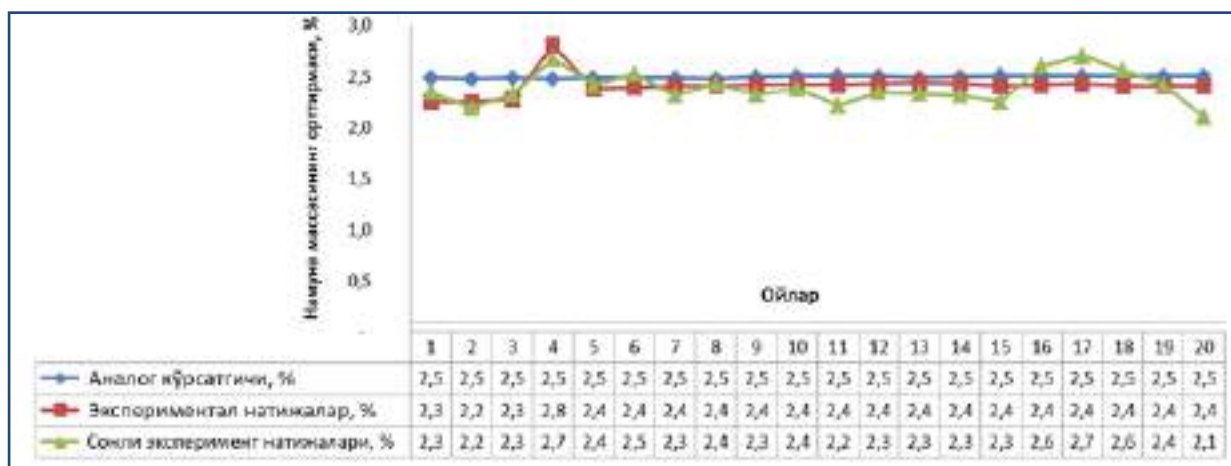
$$C(\hat{x}, \tau) = \frac{\exp(-\lambda\tau)}{\Delta} \left\{ \begin{aligned} & \left[ \exp\left(\frac{1-\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{\phi}\right) - \exp(\lambda \cdot \hat{\phi}) \right] \exp\left(\frac{1+\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{x}\right) + \\ & \left[ \exp(\lambda \cdot \hat{\phi}) - \exp\left(\frac{1+\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{\phi}\right) \right] \exp\left(\frac{1-\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{x}\right). \end{aligned} \right. \quad (2)$$

(2) тенгламанинг сонли эксперименти натижалари график кўринишда 4 - расмда келтирилган.



4-расм.  $C(\hat{x}, \tau)$  функция графиги

Сонли ва экспериментал натижаларини таққослаш 5-расмда келтирилган.



**5-расм. Сонли ва эксперимент натижаларини таққослаш. Таққослаш хатолиги 5 фоизни ташкил этади.**

$\tau = \tau^*$  ни эътиборга олиб, агрессив муҳитда ГТИнинг шимилиш ва коррозияга қарши ҳимоя экранларига эга темир бетон элементларининг ишончли ишлаш муддатларини аниқлаш мумкин:

$$\tau^* = \ln\left(\frac{C^*}{\Phi(\hat{x})}\right)^{-\frac{1}{\lambda}} \quad (3)$$

Бошқача айтганда, ихтиёрий вақтда табиий конвекция ҳолида гидроизоляция материалнинг сув ўтказиш параметрларининг ўзгаришини ифодалайдиган математик модели ишлаб чиқилган, унинг ёрдамида ГТИнинг шимилиш ва коррозияга қарши ҳимоя экранларига эга темир бетон элементларининг ишончли ишлаш муддатларини аниқлаш ифодаси олинган.

Ундан ташқари ГТИнинг шимилиш ва коррозияга қарши ҳимоя экранларига конструкцияларининг фойдаланиш муддатларини башоратлаш имкониятини берадиган математик модели ишлаб чиқилган.

Агрессив муҳитнинг узлуксиз таъсирида темир бетон конструкцияларининг структураси ёмонлашади (деградацияга учрайди). Бунда намунада визуал ёки инструментлар ёрдамида қўйидаги ҳодисаларни кузатиш мумкин: мустаҳкамлик, қаттиқлик, пластиклик, муртлик хоссаларини ёмонлашуви, ғовакли таркибий тузилмасини ҳамда ранги, ўлчамлари, оғирлиги каби кўрсаткичларни ўзгариши рўй беради.

Агрессив муҳит ҳамда такомиллаштирилган композит материал билан ҳимоя ҳосил қилинган экран билан ўзаро таъсир вужудга келиши билан боғлиқ масала қўйилди. Тирик организмлар, кимёвий моддалар, физик майдонлар, турли кучлар таъсири билан боғлиқ омиллар билан боғлиқ қурилиш материаллари ва конструкцияларининг эксплуатацион кўрсаткичларини ёмонлашуви жараёнларини ифодаловчи деградация ҳодисасини тадқиқ қилиш мақсадида, деградация функциясини қўйидаги ифода кўринишида келтирилди:

$$D = f(t, T, \sigma, c, h, \alpha, a) \text{ ёки } \varphi\left(\frac{D}{\pi}, t, \sigma, c, h, \alpha, a\right) \quad (4)$$

бу ерда:  $t$ -вақт;  $T$ -ҳарорат;  $\sigma$  -кучланиш;  $c$  -агрессив муҳит концентрацияси (сувнинг гидрокимёвий кўрсаткичлари);  
 $h$  -ГТИ конструкциясининг геометрик характеристикаси;  
 $\alpha$  ва  $a$  -ГТИ конструкциясининг деградация параметрлари.

(4) тенглама  $n = 7$  ҳаддан иборат, асосий ўлчамли бириклар сони  $m = 3$ .  $\Pi$ -теоремасига асосан  $n-m = 4$  ўлчовсиз  $\Pi$ -ҳадларга эга тенгламага эга бўлдик:

$$\Phi(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0 \quad (5)$$

Ҳар бир  $\Pi$ -ҳад 4 та ўзгарувчига эга.  $t, T, \sigma$  ларни асосий катталиклар сифатида қараб ва уларни (1) даги қолган параметрлар билан комбинациялаб, қўйидаги тенгламага эга бўлдик:

$$D = T \cdot \left[ F\left(\frac{c}{t^2 \cdot \sigma \cdot h}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot \alpha}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot a}\right) \right]^{-1}$$

[1] ни эътиборга олиб, қўйидаги тенгламага эга бўлдик

$$D = T \cdot \left[ F\left(\frac{c}{t^2 \cdot \sigma \cdot h}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot \alpha}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot a}\right) \right]^{-1} \approx$$

$$\approx 1 - \frac{\xi \cdot \omega \left(1 - \frac{R_k}{R_b}\right)}{1 - 0,5\xi_0} \quad (6)$$

$$\frac{R_k}{R_b} = 1 - \lambda_0 B(t) \cdot t^\alpha \quad (7)$$

бу ерда:  $\xi = x_1/h$ ;  $\xi_0 = x/h$ ,  $R_k, R_b$  - темир бетон ва композит материалларнинг мустаҳкамлигининг ҳисобий кўрсаткичлари,  $x$  - деградацияга учраган соҳанинг кенглиги,  $h$  - қирқим баландлиги,  $\lambda_0$  - тузилманинг нуқсон даражаси,  $B(t)$  - агрессив муҳутнинг таъсир даражаси,  $\omega$  -ГТИ темир бетон конструкциясининг мустаҳкамлик коэффициенти:  $(0,5 \leq \omega \leq 1)$ .

(6) ва (7) ни эътиборга олиб, қўйидаги тенгламага эга бўлдик:

$$D = 1 - \frac{\xi \omega \cdot \lambda_0 B(t) \cdot t^\alpha}{1 - 0,5\xi_0} \quad (8)$$

Тенглама (8) дан агрессив муҳит ҳамда такомиллаштирилган композит материал билан химоя ҳосил қилинган ГТИ конструкциясининг кафолат муддатини ҳисоблаш ифодасига эга бўлдик:

$$t^\alpha = \frac{(1 - D)(1 - 0,5\xi_0)}{\xi \omega \cdot \lambda_0 \cdot B(t)} \quad (9)$$



[1] ишга асосан ГТИ элементлари яширин нуқсонларга эга бўлганлигини эътиборга олиб  $\alpha$  параметрнинг қийматини 1 тенг деб олинди. Тадқиқот объектнинг  $D=0.1; \xi=0.5; \xi_0=0.25; \omega=1; \lambda_0=0.5; B=0.2$  параметрларини эътиборга олиб (9) тенгламани сонли ечими амалга оширилди. Бунда ГТИ конструкциясининг мустаҳкамлиги 15,7 йил давомида сақланади.

### ХУЛОСА

**“Бетонли гидротехника иншоотларидан фойдаланиш ишончилигини ошириш усулларини такомиллаштириш”** мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. ГТИ узоқ муддатда ишлаши билан боғлиқ илмий-техника муаммоларига таълуқли маҳаллий ва жаҳон амалиёти бўйича олиб борилган тадқиқотларни ретроспектив таҳлиliga кўра, шимилиш ва коррозияга қарши мавжуд қайноқ, совуқ ва терморреактив материалларнинг таркиби ва уларни қўллаш технологиялари гидротехника иншоотларининг ер ости ва сув остидаги бетон конструкция элементларини етарли даражада химоя қилиш имконияти йўқлигини кўрсатди.

2. Экспериментал тадқиқотларни амалга ошириш мақсадида энг юқори технологик, физик-механик ва эксплуатацион-техник характеристикага эга БНК (битум-наирит-каучук) совуқ композиция-аналог сифатида танланди. Аналог сифатида танланган БНК композиция таркиби 11 компонентдан иборат. Такимилаштирилган БСР (битум синтетическая резина) композиция таркиби 5 та компонентдан иборат бўлиб, гидротехника объектларида қўлланилиши натижасида юқори иқтисодий ва технологик кўрсаткичларни таъминлади.

3. Иқтиёрий вақт моменти учун табиий конвекция ҳоли учун БСР композициянинг сув қабул қилиш параметрларини ўзгаришининг математик модели ишлаб чиқилди. Агрессив муҳит шароитида коррозияга қарши ва герметикловчи химояга эга. ГТИ нинг темирбетон элементларининг хизмат қилиш муддатларини аниқлаш бўйича ифодага эга бўлинди.

4. Коррозияга қарши ва герметикловчи химояловчи БСР қатлами билан қопланган гидротехника иншоотлари конструкцияларининг ишончли ишлаш муддатларини башорат қилишнинг математик модели асосида ишлаб чиқилган компьютер дастури Тошкент сув омборидан фойдаланишда жорий этилди. Компьютер дастурини қўллаш натижасида гидротехника иншоотларининг ўзгарувчан намланиш соҳасида агрессив муҳит шароитида совуқ композиция асосида шакллантирилган коррозияга ва шимилишга қарши экранлардан фойдаланиш муддатларини башорат қилиш имконияти яратилди.

5. БСР композицияси ва агрессив муҳитнинг ўзаро таъсирини аниқлаш мақсадида коррозияга ва шимилишга қарши экранга эга гидротехника иншоотининг темир бетон конструкциясида масса кўчиш жараёни моделлаштирилди. Конструкция ва қурилиш материалларининг, кимёвий моддалар, тирик организмлар, физик майдонлар ва кучлар омили таъсири

билан боғлиқ сифат кўрсаткичларини ёмонлашуви (деградация) жараёнини конунияти келтириб чиқарилди.

6. Агрессив муҳит ҳамда БСР ҳимоя экранига эга темир бетон конструкцияси ўртасидаги масса кўчиш жараёнининг назарий ва дала тадқиқотлари асосида ГТИ элементларидан авариясиз фойдаланиш муддатларини башоратлаш имкониятини берадиган тенглама ишлаб чиқилди. Тенгламанинг сонли ечимлари ва дала тадқиқотлари натижаларига кўра ГТИ элементларининг авариясиз ишлаш муддатлари 15,7 йилни ташкил этди.

7. Карбонатланган бетон элементларини коррозияга қарши ҳимояси ҳамда очилган чокларни герметизация қилиш учун такомиллаштирилган БСР композициясини тажриба-экспериментал жорий қилиниши, қайноқ ва терморектив композицияларга нисбатан тайёрлаш технологияси ҳамда иқтисодий кўрсаткичлари билан анча қулай ва арзонлигини кўрсатди. Ишланмани коррозияга қарши экран сифатида қўлланганлигидаги самарадорлиги тахминан 23,0 минг сўм, герметикловчи экран сифатида қўлланилганда ҳар бир п.м учун харажат тахминан 5,0 минг сўмни ташкил этди.

8. Такимиллаштирилган БСР композициясини қўлланилиши меҳнат харажатларини 37 фоизга камайтирган ҳолда маблағларни тахминан 15,5 минг сўмга иқтисод қилиш имкониятини яратади.

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

---

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

**ПЕТРОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**05.09.06 – Гидротехническое и мелиоративное строительство**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Ташкент -2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2019.2.PhD/T1230.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу ([www.tiiame.uz](http://www.tiiame.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Махмудов Ильхомжон Эрназарович</b> Доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Хужасулов Рустам</b> Доктор технических наук, профессор <b>Шеров Анвар Гуломович</b> Доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ташкентский архитектурно-строительный институт</b>

Защита диссертации состоится «25» сентября 2020 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.10.02 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, (Адрес: 100000, Ташкент Кары-Нижний, 39. Тел.: (99871) 237-22-09, факс: (99871) 237-54-79; e-mail: [admin@tiiame.uz](mailto:admin@tiiame.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (зарегистрирована № 151). Адрес: 100000, Ташкент Кары-Нижний, 39. тел. (99871) 237-19-45.

Автореферат диссертации разослан «12» 12 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № 151 от «12» 12 2020 года).



**Т.З. Султанов**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученых  
степеней, д.т.н., профессор

**А.А. Янгнев**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых  
степеней, д.т.н., профессор

**М.Р. Бакнев**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Одним из важнейших вопросов в мировой и отечественной практике использования бетона в противодиффузионных конструкциях ГТС, и особенно в подводных частях сооружений, является несоответствие фактической долговечности материала и требуемого расчетного срока службы сооружений, что вызывает необходимость применения мер антикоррозионной защиты элементов конструкций с целью продления их жизнеспособности. В этом направлении такими развитыми странами, как, США, России, Франции, Италии, Узбекистане особое внимание уделено процессам карбонизации бетона, вызванной вымыванием кальциевых силикатов под влиянием вод в ГТС, что показывает невозможность применения в ремонтах традиционных цементосодержащих материалов.

Мировой опыт ремонтно-восстановительных работ показывает, что снижение надёжности и устойчивости происходит после 10-12 лет эксплуатации гидротехнических сооружений (разрушение конструктивных элементов и появление первых признаков коррозии металла). В рамках данной диссертационной работы разработан метод отбора проб бетона в ранние сроки обнаружения мест разрушения (установление выщелачивания бетона, при показателях ниже 10 единиц - появление карбонизации) и проведение гидроизоляции с устройством противодиффузионных экранов. Разработан метод прогнозирования появления коррозии конструктивных элементов и проведение гидроизоляции и герметизации на гидротехнических сооружениях в любое время года.

В настоящее время в Узбекистане осуществляются мероприятия по улучшению надёжности при эксплуатации гидротехнических сооружений, правильности определения и подбора исходных данных гидроизоляционного и герметизирующего материалов, которые обеспечивают экономию затрат на материалы и предотвращают аварийные ситуации, что и является одной из основных задач. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 гг. указано «...о дальнейшем развитии мелиоративных и ирригационных объектов для развития национальной экономики» В этом направлении также требуются усовершенствование и разработка инновационной технологии производства ремонтно-восстановительных работ на гидротехнических сооружениях, обеспечивающие долговечность и предотвращение аварийных ситуаций<sup>1</sup>.

Исследования, выполненные в рамках настоящей диссертации, в определенной степени служат реализации задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан «О безопасности гидротехнических сооружений» (1999), Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития РУз., утвержденной Указом Президента Республики Узбекистан УП-4947 от

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

07.02.2017 г., Постановлении ПП - №3286 от 25.09.2017 г. «О мерах по дальнейшему усовершенствованию системы охраны водных объектов», Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4486 от 09.10.2019 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами», Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4499 от 24.10.2019 г. «О мерах по расширению механизмов стимулирования внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве», а также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной деятельности.

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

**Степень изученности проблемы.** В настоящее время известны множество научных и практических исследований, направленных на использование композитных материалов при проведении ремонтно-восстановительных работ дефектных элементов бетонных противофильтрационных конструкций ГТС с целью восстановления эксплуатационной надежности сооружений. Анализ научных работ Глебова П.Д., Покровского Н.С., Попченко С.Н., Стабникова Н.В., Кисиной А.М., показали, что при соответствующем подборе полимерных добавок к нефтяным битумам, можно разработать гидроизоляционный материал, способный обеспечить длительное функционирование гидротехнических систем.

В исследованиях Колбановской С.А., Противентеева И.В., Козловского А.А., Сурмели Д.Д., Горшанина Г.И., Михайлова Н.В. и др. проведены научные исследования, направленные на поиск и совершенствование антикоррозионных и антифильтрационных материалов, обеспечивающих высокие физико-механические и эксплуатационно-технические характеристики, высокую долговечность композиционных материалов для защиты гидросооружений.

В настоящее время недостаточно изучен вопрос применимости разработанных составов при проведении ремонтно-восстановительных работ ГТС в круглогодичном режиме, что отрицательно сказывается на эксплуатационной надежности сооружений водохозяйственного назначения. Недостаточно изучено также совершенствование способов прогнозирования и оценки долговечности гидросооружений с учетом применения гидроизоляционных материалов при ремонте бетонных конструкций.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Работа связана с выполнением тематического плана НИР НИИИВП 2014-2015 гг. по теме КХИ-5-059-2014 «Внедрение противофильтрационных композиций для ремонта корродированного бетона», по теме КХ-А-КХ-2018-282

«Разработка антифильтрационных и антикоррозионных защитных покрытий элементов бетонных и металлических конструкций ГТС».

**Целью исследований** является совершенствование состава холодной композиции БНК (битум наиритовый каучук) за счет улучшения технических свойств, технологии использования противофильтрационных и антикоррозионных материалов при ремонтных работах на гидротехнических сооружениях, а также разработка методики прогнозирования состояния надежности ГТС с антикоррозионным и герметизирующим защитным покрытием.

**Задачи исследований:**

анализ и оценка существующих антифильтрационных и антикоррозионных композиций для устройства защитных экранов дефектных зон бетона с целью повышения эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений;

совершенствование состава холодной композиции с целью сокращения многокомпонентности при производстве материала для улучшения технологии производства работ и проведение сравнительных испытаний характеристик свойств аналогового и усовершенствованного;

проведение натурных исследований в Ташкентском водохранилище в целях установления физико-механических и эксплуатационно-технических параметров усовершенствованного композитного материала;

создание математической модели для оценки и прогнозирования долговечности, жизнеспособности конструкций гидротехнических сооружений с антикоррозионным и герметизирующим защитным покрытием.

**Объектами исследований** являются лотковые системы, бетонные противофильтрационные облицовки каналов и плотин.

**Предметом исследований** являются элементы противофильтрационных бетонных покрытий с различной степенью долговечности карбонизированного бетона за счет глубины шелушения, а также фильтрационные процессы, математические модели массопереноса антикоррозионного покрытия, стыковые сопряжения деформационных и усадочных швов.

**Методы исследований.** В процессе исследований были использованы общепринятые методы проведения экспериментальных, полевых наблюдений, математические модели, основанные на гидромеханике, моделировании массопереноса и численных методов расчета.

**Научная новизна исследований** заключается в следующем:

усовершенствована общая закономерность композиций, необходимых для гидроизоляции элементов конструкций гидротехнических сооружений с учетом формирования структуры битумно-полимерных композиции;

усовершенствован состав холодной композиции с учетом пластифицирующих компонентов;

обоснована возможность обеспечения устойчивости и долговечности конструктивных элементов гидротехнических сооружений с учетом использования холодных композиций;

разработана математическая модель для прогнозирования долговечности конструкций гидротехнических сооружений с учетом антикоррозионных и герметизирующих защитных покрытий.

**Практическая значимость результатов исследования** заключаются в следующем:

усовершенствованы состав, технология приготовления и использования гидроизоляционного и антикоррозионного материала для повышения надежности сооружений ГТС;

разработана математическая модель, позволяющая оценивать и прогнозировать долговечность конструкций гидротехнических сооружений с антикоррозионным и гидроизоляционным защитным покрытиями;

на основе натуральных и теоретических исследований установлена долговечность конструкции ГТС Ташкентского водохранилища с защитным покрытием, составляющая 15,7 лет.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность результатов исследований обоснована усовершенствованием состава композитного материала, разработанных методик прогнозирования долговечности гидротехнических сооружений с защитным экраном сопоставлена с аналогом и решением математической модели, сравнением результатов натуральных и лабораторных исследований и внедрением результатов исследований в практику.

**Научная и практическая значимость результатов исследований.**

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке усовершенствованной холодной композиции взамен горячих сплавов, с обеспечением эффективной технологии производства изоляционных работ.

Практическая значимость работы заключается в совершенствовании технологических принципов холодного производства композиций, обеспечивающих долговечность покрытий не менее 16 лет и экономическую эффективность не менее 23 тыс. сум/м<sup>2</sup>. Результаты численных решений уравнений и натуральных исследований показали, что срок безаварийной работы элементов гидротехнических сооружений, с нанесенным на них разработанным композитным материалом, составит не менее 15,7 лет.

**Внедрение результатов исследований.** На основе усовершенствования методов повышения эксплуатационной надежности бетонных гидротехнических сооружений:

усовершенствованный состав холодной композиции на основе пластифицирующих компонентов внедрен в Управлении эксплуатации водохранилищ Ташкентской области при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства №03/25-4362 от 12 ноября 2019 года). Разработанная инновационная холодная композиция БСР, помимо высоких эксплуатационно-технических и экономических характеристик



материала, обеспечивает повышенную эксплуатационную надежность ГТС, а также возможность круглогодичной применимости материала при изоляции элементов конструкций вне зависимости от температурных условий;

усовершенствованная общая закономерность композиций, необходимых для гидроизоляции элементов конструкций гидротехнических сооружений внедрена в Управлении эксплуатации водохранилищ Ташкентской области при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства №03/25-4362 от 12 ноября 2019 года). В результате были созданы фрагмента с армированием швов и экрана с антикоррозионным и антифильтрационным покрытием при эксплуатации в подводной зоне гидротехнического объекта;

применение холодных композиций для обеспечения устойчивости и долговечности конструктивных элементов гидротехнических сооружений, внедрено в Управлении эксплуатации водохранилищ Ташкентской области при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства №03/25-4362 от 12 ноября 2019 года). В результате получена возможность круглогодичного использования гидроизоляционного материала для продления безаварийного срока службы элементов гидротехнических сооружений, выполненных из бетона и железобетона;

разработанная математическая модель для прогнозирования долговечности конструкций гидротехнических сооружений с учетом антикоррозионных и герметизирующих защитных покрытий, внедрена в Управлении эксплуатации водохранилищ Ташкентской области при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства №03/25-4362 от 12 ноября 2019 года). Результат внедрения программного продукта дает возможность прогнозировать долговечность антифильтрационного гидроизоляционного экрана на основе холодной композиции при условиях агрессивной среды в зоне уровня переменного увлажнения.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследований доложены и одобрены на международной конференции, в том числе обсуждены на двух международных научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме диссертации опубликованы 7 научных работ. Из них: 4 - в республиканских и 3 - в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторской диссертации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 114 страницах текста.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**В введении** диссертации обоснована актуальность и востребованность темы диссертации на основе исследований, проведенных в Узбекистане и мире, приведены цели и задачи, объект и предмет исследований, показано

соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, обоснована достоверность полученных результатов исследований, даны предложения по внедрению результатов исследований, изложены практические результаты и научная новизна исследований, результаты опубликованных работ, представлены данные по структуре и объему диссертации.

**В первой главе диссертации «Ретроспективный анализ научных исследований и методов повышения состояния надежности гидротехнических сооружений»,** представлен обзор выполненных работ. Освещены наиболее распространенные методы совершенствования состава гидроизоляционных, антикоррозионных и герметизирующих композиций и современного состояния изученности вопроса. Анализируются действующие разновидности материалов и их основные свойства. В частности, в работах В.В.Болотина, И.И.Гольденבלата, А.Ф.Смирнова, О.Г.Циплакова, Г.И.Брызгалина, И.Ф.Образцова, В.В.Васильева, В.А.Бунакова выявлено, что в результате анизотропии упругих и термоупругих свойств в композитных материалах при изменении температуры возникают температурные напряжения, которые определяются разностью коэффициентов теплового расширения. Анизотропия свойств композиционных материалов широко обсуждается, но не всегда последовательно учитывается при проектировании и испытаниях. У композиционных материалов прочность в направлении армирования и в поперечном направлении может отличаться в несколько десятков раз. Если у металлов при некоторых видах напряженного состояния учитывать анизотропию желательно, то у композитов к этому явлению следует относиться крайне внимательно. В работах В.В.Болотина, Ю.Н.Работнова, Ю.Н.Новичкова, В.В.Парцевского, В.П.Николаева, Н.А.Панфилова, Г.Г.Портнова исследованы случаи непредвиденных отказов элементов конструкции из КМ из-за недоучета низкой межслойной прочности на сдвиг и, особенно, на отрыв. Также проведен анализ свойств горячих сплавов композиций с модифицирующими компонентами в виде синтетических каучуков на основе этиленпропиленовых, бутиловых и других разновидностей материалов, что обеспечивает не только низкое водопоглощение композиций, например типа БИТЭП (бутил этиленпропиленовые).

Основным недостатком горячих сплавов является их применимость в горячем виде, что ограничивает их применение в практике водохозяйственного строительства в виде ограниченности сроков их эксплуатации, тогда как доступность для осмотра и проведения изоляционных работ для большинства сооружений обеспечивается только в осенне-зимний сезон после опорожнения накопительных сооружений. Трудно обеспечивать качество полученных сплавов из-за возможностей пережога композиции и выполняемого защитного экрана при нанесении составов на холодный и влажный бетон.

Разновидностью материалов для антифильтрационной и антикоррозионной защиты сооружений является холодная композиция БНК (битум наирит каучук), использование которой обеспечивает не только высокую долговечность защитных экранов, но и гарантирует экономические

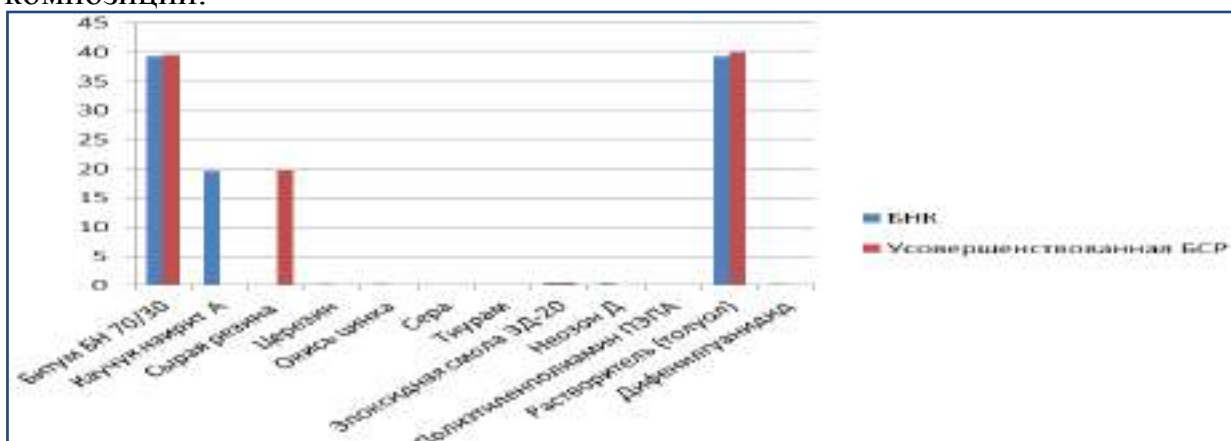
и технологические преимущества по сравнению с горячими составами за счет исключения тепловых процессов.

Серьезным препятствием, исключающим массовое внедрение композиции БНК в практику отечественного строительства при выполнении ремонтно-восстановительных работ гидротехнических сооружений, является многокомпонентность состава.

Анализ работ проведенных в диссертации показал, что есть необходимость проведения исследований по усовершенствованию аналоговой композиции по показателям технологичности, путем сокращения компонентов при приготовлении материала с обеспечением равных или близких свойств, характеризующих аналог, с подтверждением их сравнительных испытаний. Также, недостаточно изучен вопрос прогнозирования долговечности и жизнеспособности конструкций гидротехнических сооружений с антикоррозионным и герметизирующим защитным покрытием.

**Во второй главе «Усовершенствование состава гидроизоляционной и антикоррозионной битумно-полимерной композиции»** проведено обоснование выбора исходных компонентов для усовершенствования выбранного аналога и методики исследования и сопоставления усовершенствованных и аналоговых компонентов. В процессе проведения исследований по усовершенствованию составов БНК, с целью упрощения технологии производства материала, апробировались различные варианты технических решений. При этом, наиболее эффективным является вариант, при котором взамен основного пластифицирующего компонента - хлорнаиритового каучука марки А (ТУ МХП 1562-54 Р) с оптимальным соотношением добавок – ускорителей, а также вулканизирующих, стабилизирующих и антистарительных компонентов используется сырая резина с тем же соотношением ингредиентов, приготавливаемых в условиях заводов РТИ (резинотехнических изделий).

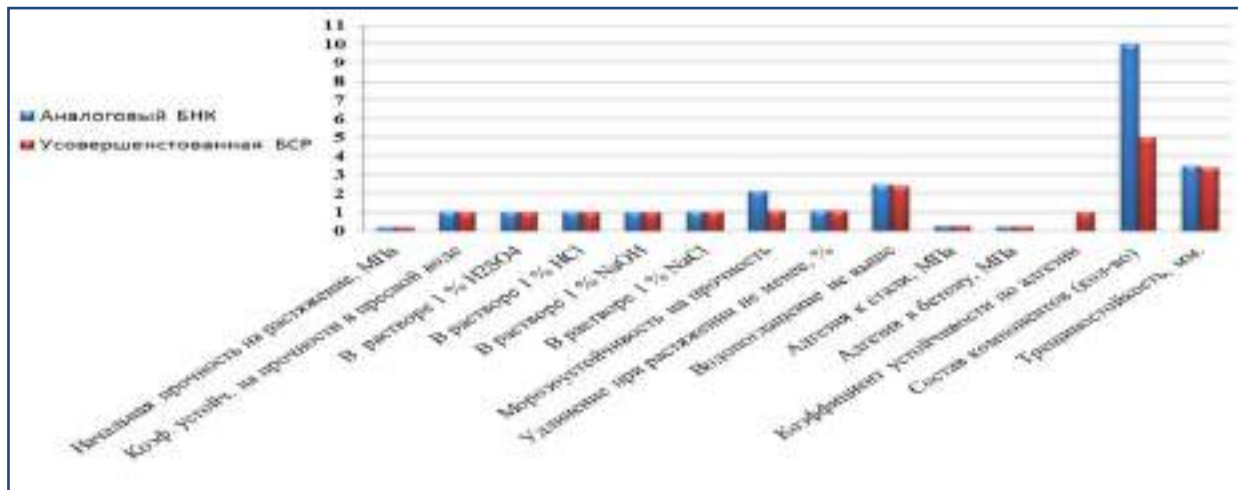
Проведены эксперименты по исследованию и сопоставлению физико-механических свойств аналоговых и усовершенствованных холодных композиций.



**Рис 1. Оптимальные соотношения компонентов аналоговых и усовершенствованных исходных составов в процентном соотношении**

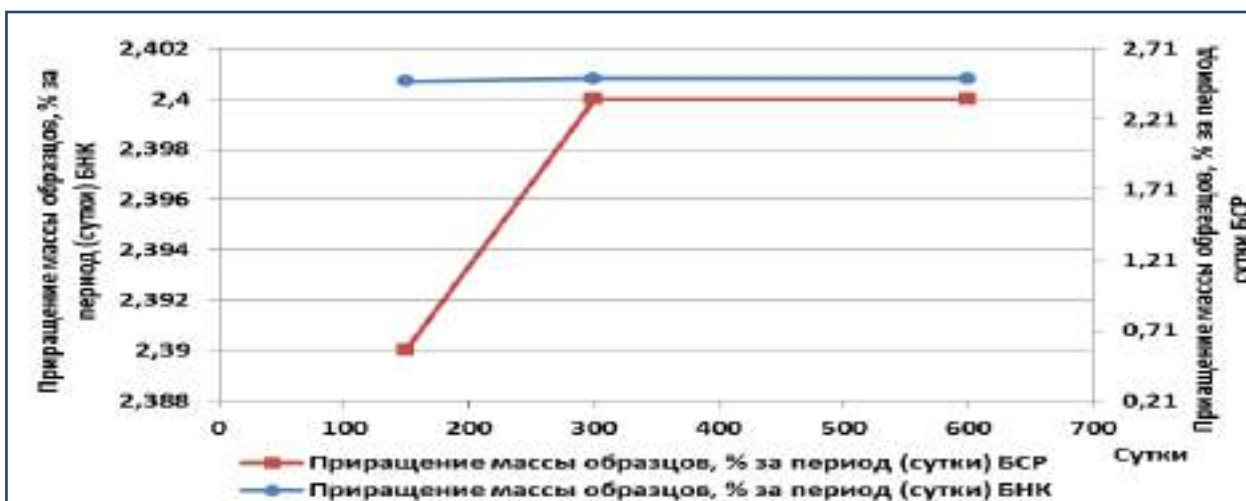
В ходе исследований изготавливались образцы материалов с оптимальным соотношением исходных компонентов аналоговых и усовершенствованных составов (рис.1).

Составы композиций, принятые для исследований и сопоставления свойств аналоговых и усовершенствованных материалов, приведены в нижеследующем рисунке (рис.2).



**Рис 2. Сводная диаграмма основных свойств аналоговых и усовершенствованных составов холодных битумно-полимерных композиций**

Учитывая данные основных физико-механических и эксплуатационно-технических свойств испытываемых материалов, были получены нижеследующие результаты (рис. 3).



**Рис 3. Показатели водопоглощения опытных образцов материалов**

Анализ свойств материалов, испытанных аналоговых и усовершенствованных композиций показывает, что они обладают достаточными характеристиками для обеспечения длительной эксплуатационной надежности, что в целом гарантирует, даже в худшем случае, продление жизнеспособности водохозяйственного объекта ГТС.

Вовлечение в отечественную практику холодных композиций возможно за счет круглогодичности производства изоляционных работ, где выбор типа материала определяется большей технологичностью производства составов, которыми обладают усовершенствованные композиции БСР. Технология приготовления холодной композиции из подготовленных материалов может быть как активной, так и пассивной.

При активной технологии растворение компонентов осуществляется с применением перемешивающих устройств. При пассивной технологии подготовительные компоненты загружаются в емкости, куда затем вводится растворитель, и оставляются в покое до естественного получения растворов.

Учитывая высокие физико-механические и эксплуатационно-технические характеристики, сочетаемые с высокой пластоэластичностью материала холодной композиции, они, помимо основного назначения, могут применяться как герметизирующая композиция для уплотнения стыковых сопряжений элементов.

При опытно-производственном внедрении разработки, осуществленном в 2015 г. на Ташкентском водохранилище, осуществлено опытное внедрение холодных композиций БСР в качестве оклеечных герметиков разуплотненных стыковых сопряжений в зоне переменного уровня, расположенного в девятом ряду элементов бетонных противофильтрационных покрытий.

Расчет экономической эффективности разработанной и внедренной антикоррозионной холодной битумно-полимерной композиции БСР взамен широко используемой горячей композиции БИТЭП показал нижеследующие результаты. – себестоимость изоляции 1 м<sup>2</sup>. бетона при применении базового варианта (БИТЭП) составляет 58809 сум, а усовершенствованной технологии (БСР) 37245 сум/м<sup>2</sup>, что обеспечивает экономический эффект не менее 21,5 тыс. сум/м<sup>2</sup>. Помимо этого, применение композиции БСР обеспечивает снижение затрат труда не менее чем на 37 % с возможной экономией средств в пределах до 15,5 тыс. сум/м<sup>2</sup>.

**В третьей главе диссертации «Прогнозирование долговечности гидросооружений с учетом применения гидроизоляционных материалов при ремонте бетонных конструкций»** выведена математическая модель массопереноса железобетонных конструкций ГТС с антикоррозионной и герметизирующей защитой в условиях агрессивной среды.

Деградация материалов и конструкций в агрессивных средах происходит в результате химического взаимодействия их компонентов с компонентами защитного материала. В зависимости от соотношения скоростей диффузии и химического воздействия, разрушение происходит в одной из трех областей: внешней диффузионно-кинетической, когда скорость диффузии среды меньше скорости деструкции и разрушение материала происходит в поверхностным слое-гетерогенная деградация; внутренней кинетической, когда скорость диффузии среды больше скорости химических реакций и разрушению подвергается весь объем материала-гомогенная деградация;

внутренней диффузионно-кинетической, когда скорость химической реакции соизмерима со скоростью диффузии и разрушительные процессы накапливаются с течением времени-диффузионная деградация.

Изучен процесс массопереноса железобетонных конструкции ГТС с защитным композитным материалом в условиях агрессивной среды. Благодаря заранее принимаемой симметрии начального распределения и условий изменения концентрации материала, распределение концентрации в различные моменты времени останется симметричным. Ясно, что процесс изменения концентрации завершается установлением концентрации на уровне окружающей среды.

Произведено моделирование процесса массопереноса железобетонных конструкций ГТС с антикоррозионной и герметизирующей защитой в условиях агрессивной среды. При этом предположено, что концентрация зависит только от одной координаты  $x$  и допущено, что поле концентрации одномерное. С таким предположением использовано дифференциальное уравнение массопереноса для одномерной постановки.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - a \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1), \quad \text{где: } D = \frac{4R^2}{\pi^2 \Delta t} \ln \left( \frac{Q(t_2) - Q(t_1)}{Q(t_3) - Q(t_1)} \right) \quad (1)$$

Массообмен между поверхностью защитного слоя бетона и потоком воды в случае естественной конвекции ведётся по критерию подобия Нуссельта. Критерий подобия Нуссельта  $Nu = \frac{al}{D}$  - характеризует соотношение между конвективным массопереносом от жидкости (воды) к поверхности композитного материала,

где:  $a$ -коэффициент массоотдачи, м/с;  $l$ -характерный линейный размер, м.;

$D$ -коэффициент диффузии, м<sup>2</sup>/с.

Вводятся безразмерные параметры  $x = l\hat{x}$ ,  $t = \frac{l}{a}\tau$ . После соответствующих математических операций получено решение уравнения (1):

$$C(\hat{x}, \tau) = \frac{\exp(-\lambda\tau)}{\Delta} \left\{ \begin{aligned} & \left[ \exp\left(\frac{1-\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{\phi}\right) - \exp(\lambda \cdot \hat{\phi}) \right] \exp\left(\frac{1+\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{x}\right) + \\ & \left[ \exp(\lambda \cdot \hat{\phi}) - \exp\left(\frac{1+\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{\phi}\right) \right] \exp\left(\frac{1-\sqrt{D_1}}{2} Nu \cdot \hat{x}\right). \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Результаты численного уравнения (2) представлены в виде графика (рис.4).

Сопоставление результатов экспериментального и численных экспериментов приведено на рис. 5.

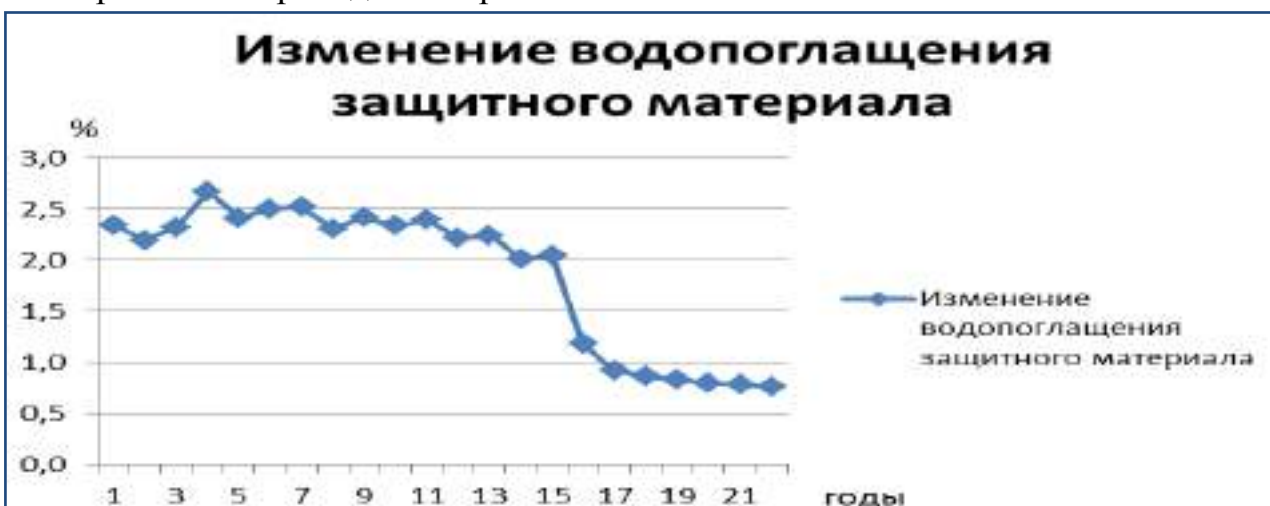


Рис 4. График функции  $C(\hat{x}, \tau)$

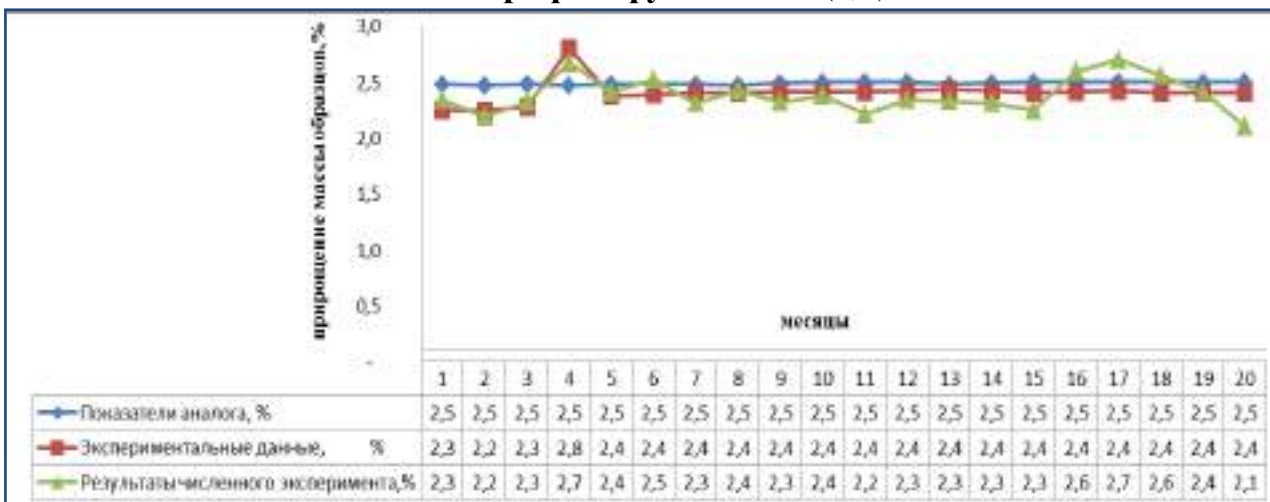


Рис 5. Сопоставление результатов, экспериментального и численного эксперимента. Погрешность не более 5%

Предположив, что  $\tau = \tau^*$ , получим уравнение для определения времени,  $\tau^*$  надежной работоспособности железобетонных элементов ГТС с антикоррозионной и герметизирующей защитой в условиях агрессивной среды:

$$\tau^* = \ln\left(\frac{C^*}{\Phi(\hat{x})}\right)^{\frac{1}{\lambda}} \quad (3)$$

Другими словами, разработана математическая модель изменения параметров водопоглощения гидроизоляционного материала в случае естественной конвекции для произвольного момента времени, получена зависимость для определения времени надежной работоспособности железобетонных элементов ГТС с антикоррозионной и герметизирующей защитой в условиях агрессивной среды.

Также рассмотрена модель прогнозирования долговечности и жизнеспособности конструкций гидротехнических сооружений с антикоррозионным и герметизирующим защитным покрытиями.

Длительное действие агрессивных сред на бетон сопровождается ухудшением (деградацией) структуры и свойств материала. При этом визуально и инструментально можно выделить следующие явления: изменение прочности, жесткости, набухание, пластифицирование или охрупчивание композита, уменьшение концентрации одних структурообразующих компонентов и накопление других, изменение показателей поровой структуры, изменение цвета, размеров, веса образцов.

Поставлено решение задачи по проявлению взаимодействия защитного материала с агрессивной средой. Учитывая, что деградация - это процесс ухудшения эксплуатационных показателей качества строительных материалов и конструкций, интенсивность которого связана с действием силовых факторов, физических полей, химических веществ, живых организмов, искомую деградационную функцию можно представить следующим выражением:

$$D = f(t, T, \sigma, c, h, \alpha, a) \text{ или } \varphi\left(\frac{D}{\pi}, t, \sigma, c, h, \alpha, a\right) \quad (4)$$

где:  $t$  - время;  $T$  - температура;  $\sigma$  - напряжение;  $c$  - концентрация агрессивной среды (гидрохимические показатели воды);  $h$  - геометрическая характеристика конструкции ГТС;  $\alpha$  и  $a$  - параметры деградации конструкции ГТС.

Уравнение (4) содержит  $n = 7$  членов, а число основных размерных единиц  $m = 3$ . Согласно  $\Pi$ -теоремы получено уравнение, состоящее из  $n-m=4$  безразмерных  $\Pi$ -членов:

$$\Phi(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0 \quad (5)$$

Каждый такой  $\Pi$ -член содержит 4 переменные. Принимая в качестве основных переменных время -  $t$ ,  $T$  - температура,  $\sigma$  - напряжение и, комбинируя их с остальными входящими в уравнение (4) переменными, получено:

$$D = T \cdot \left[ F\left(\frac{c}{t^2 \cdot \sigma \cdot h}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot \alpha}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot a}\right) \right]^{-1}$$

Учитывая [1], получено:

$$D = T \cdot \left[ F\left(\frac{c}{t^2 \cdot \sigma \cdot h}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot \alpha}, \frac{1}{t^2 \cdot \sigma \cdot c \cdot a}\right) \right]^{-1} \approx \approx 1 - \frac{\xi \cdot \omega\left(1 - \frac{R_k}{R_b}\right)}{1 - 0,5\xi_0} \quad (6)$$

$$\frac{R_k}{R_b} = 1 - \lambda_0 B(t) \cdot t^\alpha \quad (7)$$



где:  $\xi = x_1/h$ ;  $\xi_0 = x/h$ ,  $R_k, R_b$  - расчетные прочностные характеристики композитного материала и железобетона,  $x$  - высота деградированной зоны,  $h$  - высота сечения,  $\lambda_0$  - уровень дефектности структуры,  $B(t)$  - уровень воздействия агрессивной среды,  $\omega$  - коэффициент прочности железобетона ГТС: ( $0,5 \leq \omega \leq 1$ ).

Учитывая (6) и (7), получено:

$$D = 1 - \frac{\xi \omega \cdot \lambda_0 B(t) \cdot t^\alpha}{1 - 0,5 \xi_0} \quad (8)$$

Из уравнения (8) получено выражение для гарантийного срока службы железобетонных элементов ГТС с защитным материалом

$$t^\alpha = \frac{(1 - D)(1 - 0,5 \xi_0)}{\xi \omega \cdot \lambda_0 \cdot B(t)} \quad (9)$$

В работе [1] предлагается, что структурные элементы ГТС имеют скрытые дефекты и являются стареющими, а значение параметров  $\alpha$  в первом приближении приняты равными 1. На основе натуральных параметров объекта  $D = 0.1$ ;  $\xi = 0.5$ ;  $\xi_0 = 0.25$ ;  $\omega = 1$ ;  $\lambda_0 = 0.5$ ;  $B = 0.2$  производим численное решение уравнения (9).

Тогда, долговечность конструкционного элемента ГТС с битумно-полимерной гидроизоляционной защитой составит в пределах 15,7 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) на тему: **“Совершенствование методов повышения эксплуатационной надежности бетонных гидротехнических сооружений”** представлены следующие выводы:

1. Ретроспективный анализ работ отечественной и мировой практики, посвященных научно-техническим проблемам долговечности ГТС показал, что состав и существующие технологии использования горячих, холодных и терморезистивных противофильтрационных и антикоррозионных материалов не на достаточном уровне обеспечивают эксплуатационную надежность элементов бетонных конструкций в подводных и подземных частях гидротехнических сооружений.

2. На основе экспериментальных исследований выбран аналог - холодная композиция БНК (битум-наирит-каучук) с наиболее высокими технологическими, физико-механическими и эксплуатационно-техническими характеристиками. Композиция БНК, взятая за аналог, состоит из 11 компонентов. Усовершенствованная композиция БСР (битум синтетическая резина) содержит 5 компонентов, что обеспечивает большую технологичность и экономичность её производства на действующих объектах гидротехнического назначения.

3. Разработана математическая модель изменения параметров водопоглощения композиции БСР в случае естественной конвекции для

произвольного момента времени. Получена зависимость для определения времени работоспособности железобетонных элементов ГТС с антикоррозионной и герметизирующей защитой в условиях агрессивной среды.

4. Разработанная компьютерная программа на основе математической модели прогнозирования долговечности конструкций гидротехнических сооружений с антикоррозионным и герметизирующим защитным покрытием БСР внедрена на Ташкентском водохранилище. Результат внедрения программного продукта позволил прогнозировать долговечность антифильтрационного и антикоррозионного экрана на основе холодной композиции, при условиях агрессивной среды в зоне уровня переменного увлажнения.

5. Для установления взаимодействия БСР с агрессивной средой произведено моделирование процесса массопереноса железобетонных конструкций ГТС с антикоррозионной и герметизирующей защитой. Выведена закономерность процесса ухудшения (деградации) эксплуатационных показателей качества строительных материалов и конструкций, интенсивность которого связана с действием силовых факторов, физических полей, химических веществ, живых организмов;

6. На основе теоретических и натурных исследований процесса массопереноса между агрессивной средой и железобетонных конструкций с защитным экраном БСР в условиях агрессивной среды, разработано уравнение, прогнозирующее безаварийный срок эксплуатации элементов ГТС. Результаты численного и натурального эксперимента показывают, что безаварийный срок эксплуатации находится в пределах 15,7 лет.

7. Опытно-экспериментальное внедрение усовершенствованной композиции для антикоррозионной защиты элементов карбонизированного бетона, а также для герметизации разуплотненных швов показали, что по сравнению с термореактивными композициями и материалами горячего типа приготовления, экономичность разработки составляет не более 23 тыс. сум/м<sup>2</sup> как антикоррозионного экрана, а также герметизирующего - не менее 5 тыс. сум. п. м.

8. Применение композиции БСР обеспечивает снижение затрат труда не менее чем на 37 % с возможной экономией средств в пределах до 15,5 тыс. сум/м<sup>2</sup>.

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

---

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

**PETROV ANDREY ALEKSANDROVICH**

**IMPROVEMENT OF METHODS FOR INCREASING OPERATIONAL  
RELIABILITY OF CONCRETE HYDROTECHNICAL STRUCTURES**

**05.09.06 – Hydrotechnical and reclamation construction**

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

**Tashkent – 2020**

The theme of doctoral dissertation (PhD) on technical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with number B2019.2.PhD/T1230.

The doctoral dissertation has been prepared at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on website ([admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)) and information-educational portal ZivoNet at the address ([www.zivonet.uz](http://www.zivonet.uz)).

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Makhmudov Ilkhomjon Ernazarovich</b> doctor of technical science, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Rustam Khujakulov</b> doctor of technical science, professor
	<b>Anvar Gulomovich Sherov</b> doctor of technical science, professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Tashkent institute of architecture and construction</b>

The defense of the thesis will be held 25 Dec 2020 at 16<sup>00</sup> hours at the meeting of the Scientific council № DSc.03/30.12.2019.T.10.02 at the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization of Agriculture Engineers (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-22-09; Fax: (99871) 237-54-79, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (registered with № 151) at the address: 100000, Tashkent, Kari Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-19-45;

Abstract of dissertation was sent 12 y 12 2020.

(register of the distribution protocol № 157 from 12 y 12 2020).



**T.Z.Sultanov**

Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor.

**A.A. Yangiev**

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor.

**M.R. Bakiev**

Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor.

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research** is to improve the composition of the cold composition BNR (bitumen-nairite rubber) by improving the technical properties, the technology of using anti-filtration and anti-corrosion materials during repair work on hydraulic structures, as well as the development of a method for predicting the state of reliability of hydraulic structures with anti-corrosion and sealing protective coating.

**The objects of research** are chute systems, concrete impervious linings of canals and dams.

**The scientific novelty** of the research is as follows:

the general regularity of the compositions necessary for waterproofing structural elements of hydraulic structures was improved, taking into account the formation of the structure of bitumen-polymer compositions;

improved composition of the cold composition, taking into account the plasticizing components;

substantiated the possibility of ensuring the stability and durability of structural elements of hydraulic structures, taking into account the use of cold compositions;

a mathematical model has been developed for predicting the durability of structures of hydraulic structures, taking into account anti-corrosion and sealing protective coatings.

**Implementation of research results.** Doctor of Philosophy (PhD) on the theme "Improvement of methods for increasing operational reliability of concrete hydrotechnical structures.

Based on the improvement of methods for increasing the operational reliability of concrete hydraulic structures:

The improved composition of the cold composition based on plasticizing components has been introduced in the Administration for the Operation of Reservoirs of the Tashkent Region under the Ministry of Water Resources (Reference of the Ministry of Water Resources No. 03 / 25-4362 dated November 12, 2019). The developed innovative cold composition BSR, in addition to the high operational, technical and economic characteristics of the material, provides an increased operational reliability of the GTC, as well as the possibility of year-round applicability of the material when insulating structural elements regardless of temperature conditions.

An improved general regularity of the compositions required for waterproofing structural elements of hydraulic structures has been introduced in the Administration for the Operation of Reservoirs of the Tashkent Region under the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 03 / 25-4362 dated November 12, 2019). As a result, a fragment was created with reinforcement of seams and a screen with an anti-corrosion and anti-filtration coating during operation in the underwater zone of a hydraulic facility.

The use of cold compositions to ensure the stability and durability of structural elements of hydraulic structures was introduced in the Administration for

the Operation of Reservoirs of the Tashkent Region under the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 03 / 25-4362 dated November 12, 2019). As a result, the possibility of year-round use of waterproofing material was obtained to extend the trouble-free service life of elements of hydraulic structures made of concrete and reinforced concrete.

The developed mathematical model for predicting the durability of structures of hydraulic structures, taking into account anticorrosive and sealing protective coatings, was introduced in the Administration for the operation of reservoirs in the Tashkent region under the Ministry of Water Resources (Reference of the Ministry of Water Resources No. 03 / 25-4362 dated November 12, 2019). The result of the implementation of the software product makes it possible to predict the durability of an anti-filtration waterproofing screen based on a cold composition under conditions of an aggressive environment in the zone of variable moisture level.

**The volume and structure of the dissertation:** Dissertation consist of introduction part, three chapters, summary, list of references and annexes. The volume of dissertation is 114 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Петров А. А., Садиев У. А. Прогнозирование долговечности конструкций ГТС с антикоррозионным и герметизирующим покрытием. Журнал Гидротехника. № 3 (56) 2019 г. С. 76-77. (05.00.00; №33).

2. Петров А.А., Казаков Э.А. Холодные битумно-полимерные композиции для антикоррозионной и гидроизоляционной защиты бетонных конструкций ГТС в подводных частях и зонах переменного уровня. Журнал Архитектура строительство дизайн, № 2, 2019 г. С. 260-262. (05.00.00; №4).

3. Петров А.А., Махмудов И.Э. Технология производства холодной композиции в условиях приобъектных баз ГТС и её применение для антикоррозионной и антифильтрационной защиты элементов сооружений. Журнал Узбекистонинг кишлок ва сув хужалиги, № 7 2019 г. 42 с. (05.00.00; №8).

4. Петров А.А., Махмудов И.Э. Битумные погонажные профильные герметики для ликвидации проточек воды через дефектные стыковые сопряжения лотковых элементов. Журнал Агро Илм, № 4, 2019 г., С. 92-93. (05.00.00; №3).

5. Петров А.А. Ремонт бетонных конструкций накопительных сооружений. Журнал Гидротехническое строительство, № 7, 2019 г С.18-20. (05.00.00; №24)

6. Петров А.А. Холодные битумно-полимерные композиции для антикоррозионной и герметизирующей защиты элементов конструкций ГТС. Журнал Гидротехника XXI век, №2 2019 г. 50 с. (05.00.00; №57).

7. У. Садиев., А. Петров, А. Эрназаров, Ирригация каналларида сув сарфининг экспоненциал узгариш конуни. Журнал Агро Илм, № 5, 2019 г., С. 77-79. (05.00.00; №3).

**II бўлим (II часть; II part)**

8. Петров А.А. Холодные композиции как материала для уплотнения дефектных зон стыковых сопряжений лотковых систем. Материалы международной конференции, опубликованные в European multi science journal, № 26, Венгрия 2019 г. С. 25-26.

9. Петров А.А. Холодные композиции как экран для антикоррозионной защиты гидротехнических сооружений. Материалы международной конференции, опубликованные в European multi science journal, № 26, Венгрия 2019 г. 26 с.

10. Зуев О.В., Шипилов В.М., Петров А.А. Новые пластовязкие клеевые композиции для заделки трещин и разломов бетонных конструкций.

Материалы республиканской научно-практической конференции: «Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель». Ташкент 2011 г. С. 209-212.

11. [Зуев О.В., Шипилов В.М., Петров А.А. Производство битумно-полимерных герметиков на стендовой площадке. Материалы республиканской научно-практической конференции: «Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель». Ташкент 2011 г. С. 212-216.

12. [Зуев О.В., Шипилов В.М., Петров А.А. Повышение надежности гидромелиоративных сооружений путем применения гибких межэлементных сопряжений. Материалы республиканской научно-практической конференции: «Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель». Ташкент 2011 г. С. 216-220.



Автореферат “IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA” илмий журнали таҳриятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (тезис) тилларидаги матнларини мослиги текширилди (5.10.2020 й.)

Босишга рухсат этилди: \_\_\_\_\_ йил  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>, “Times New Roman”  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 2,75. Адади: \_\_\_\_\_. Буюртма: № \_\_\_\_  
Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат босмаҳонасида чоп этилди.  
Манзил: 100100, Тошкент ш., Шохжаҳон кўчаси, 5- уй