

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

---

**АНДИЖОН ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ВА АГРОТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНСТИТУТИ**

**ШАКИРОВ БАХТИЯР МАХМУДОВИЧ**

**НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЎЗГАРУВЧАН ПОҒОНАЛИ СУВ  
УЗАТИШИДА ОҚИМ ТАҚСИМЛАНИШИНИ МАҚБУЛЛАШТИРУВЧИ  
АВАНКАМЕРАНИНГ НАЗАРИЙ ВА АМАЛИЙ ҲИСОБЛАШ  
УСУЛЛАРИ**

**05.09.06 - Гидротехника ва мелиорация қурилиши**

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

**Тошкент – 2020**

**Докторлик (Doctor of Science) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата докторской (Doctor of Science) диссертации**

**Contents of the of Doctoral (DSc) Dissertation Abstract**

**Шакиров Бахтияр Махмудович**

Насос станцияларининг ўзгарувчан поғонали сув узатишида оқим тақсимланишини мақбуллаштирувчи аванкамеранинг назарий ва амалий ҳисоблаш усуллари..... 3

**Шакиров Бахтияр Махмудович**

Теоретические и практические методы расчёта равномерного распределения потока в аванкамере насосной станции ..... 33

**Shakirov Baxtiyar Maxmudovich**

Theoretical and practical methods of calculating uniform flow distribution of the flood in the forebays of the pumping station at the speed feed ..... 63

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 67

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

---

**АНДИЖОН ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ВА АГРОТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНСТИТУТИ**

**ШАКИРОВ БАХТИЯР МАХМУДОВИЧ**

**НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЎЗГАРУВЧАН ПОҒОНАЛИ СУВ  
УЗАТИШИДА ОҚИМ ТАҚСИМЛАНИШИНИ МАҚБУЛЛАШТИРУВЧИ  
АВАНКАМЕРАНИНГ НАЗАРИЙ ВА АМАЛИЙ ҲИСОБЛАШ  
УСУЛЛАРИ**

**05.09.06 - Гидротехника ва мелиорация қурилиши**

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

**Тошкент – 2020**

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.1.DSc /Г211 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Андижон қишлоқ хўжалиғи ва агротехнологиялар институтида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) веб-саҳифасида ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:	Мамажонов Махмуджон техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Гловацкий Олег Яковлевич техника фанлари доктори, профессор  Жоңқобилов Улутмурад Умбарович техника фанлари доктори, доцент  Эргашев Рустам Рахимович техника фанлари доктори, доцент
Етакчи ташкилот:	Тошкент Давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалиғини механизациялаш муҳандислари институти, ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг 2020 йил «11» декабрь соат 14 даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871)-237-22-67, 237-22-09, факс: 237-54-79, e-mail: [admin@www.tiame.uz](mailto:admin@www.tiame.uz)).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалиғини механизациялаш муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишши мумкин. (141 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори Ниёзий кўч., 39, тел.: (+99871)- 237-19-45, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz).

Диссертация автореферати 2020 йил «28» ноябрь кунин тарқатилди.  
(2020 йил «2» 12 даги 141 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 қопидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (докторлик диссертацияси (DSc) аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Жаҳондаги муҳим масалаларидан бири қишлоқ хўжалик экинларига зарурий суғориш сувини керакли миқдорини етказиш билан аҳолини озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаш ҳисобланади. «Дунё бўйича 4 млрд. 886,3 млн. гектар майдонда қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштирилиб, уларнинг 43,2 фоиз қисмидаги экинларни суғориш учун сувни насос станциялари ёрдамида етказиб бериш тизимларидан фойдаланилади»<sup>1</sup>. Бу борада, дунёда суғориш майдонларини сув билан таъминлаш учун суғориш тизими насос станцияларини ишлаш самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилган, жумладан АҚШ, Қанада, Япония, Германия, Россия, Хитой ва бошқа ривожланган давлатларда ҳам маълум натижаларга эришилган.

Жаҳонда машинали сув узатиш тизимини такомиллаштириш, сув олиш иншоотларини лойиҳалаш ва уларнинг эксплуатация самарадорлигини ошириш, энергетика, сув ва материал ресурсларини тежаш бўйича конструктив тадбирларни таъминлашга қаратилган илмий изланишларга алоҳида эътибор берилмоқда. Бу борада, жумладан сув олиш иншоотлари тадқиқотида сув оқимини текис тақсимланишини ва чеккадаги насосларни лойиҳавий сув узатишини таъминлайдиган аванкамера конструкциясини ишлаб чиқиш, сув олиш иншоотларида лойқа чўкмаслигини таъминлаш, насос станцияни ҳар қил режимда ишлаши учун сув оқими тузилишини баҳолаш ЭХМ математик модели, алгоритми, шунингдек аванкамера мониторингини қилиш компьютерлаштирилган тизими ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда Республикада суғориш тизимлари насос станцияларидан фойдаланиш ва реконструкция қилиш самарадорлигини ошириш, уларнинг иш самарадорлигини таъминлаш бўйича қурилмалар ва технологияларни такомиллаштиришга қаратилган кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларга Ўзбекистон Республикасида янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида жумладан «...миллий иқтисодиётни рақобатбардошлигини ошириш учун энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, мелиорация ва ирригация объектлари тармоқларини ривожлантириш»<sup>2</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан суғориш тизими насос станцияларини самарали ишлашини, аванкамерада оқимни текис тақсимланишини таъминлаш ҳисобига чеккадаги насосларнинг сув ҳайдашини лойиҳавийсига яқинлаштириш ва насосларнинг кавитация режимида ишлашини олдини олиш, лойқа чўкишини олдини олиш бўйича конструктив тадбирлар ишлаб чиқиш, сув олиш иншоотларини лойиҳалаш ва улардан самарали фойдаланишнинг мукамал

<sup>1</sup>[www.amm.org.ua/](http://www.amm.org.ua/)Понятие и состав земель сельскохозяйственного назначения. <https://www.zerno-ua.com/journals/2010>.

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

усулларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий -тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги, 2018 йил 17 апрелдаги ПФ-5418-сон «Қишлоқ ва сув хўжалигини бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, 2017 йил 25 сентябрдаги ПҚ-3286-сон «Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини келгусида такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 27 ноябрдаги ПҚ-3405-сон «2018-2019 йиллар давомида суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ва ирригацияни ривожлантириш давлат дастури тўғрисида»ги қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожлантиришнинг VII. “Рационал табиатдан фойдаланиш ва экология” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>3</sup>.**

Ҳозирги вақтда насос станциялари эксплуатация самарадорлигини ошириш ва насос станцияларни сув олиш иншоотларини такомиллаштириш бўйича жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида амалга оширилмоқда, жумладан Department of Mechanical Engineering university of Ottawa (Қанада), Department of Electrical und Computer Engineering Texas University (АҚШ), Chuntsin University, Wuhan University (Хитой), Wageningen University (Голландия), Universität Hohenheim (Германия), Москва давлат қишлоқ хўжалик академияси, Россия мелиорация ва гидротехника илмий-тадқиқот институти, Москва давлат қурилиш университети (Россия), Тошкент давлат техника университети, “Ўзбекэнерго” АЖ илмий техника маркази, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти (ТИҚХММИ) ва Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институти (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Дунёда ўтказилган тадқиқотлар натижасида оқимни текис тақсимланишини таъминлаш ва насос станцияси сув олиш иншоотларини лойиҳалаш натижасида оқимни текис тақсимланишини таъминлаш учун компьютер программасидан фойдаланилган Wuhan University (Хитой), аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмасини гидравлик характеристикасини яхшилаш, сув узатиш тизимдаги иш жараёни таҳлил қилинган, сув олиш иншоотларини гидравлик иш шароитларини яхшилаш бўйича конструктив

---

<sup>3</sup>Диссертация бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: <http://engineering.uottawa.ca/mechanical/>, <http://www.ece.utexas.edu>, <http://international.cqu.edu.cn/>, <http://en.whu.edu.cn/>, <http://www.wur.nl/>, <https://www.uni-hohenheim.de/>, <http://ieek.timacad.ru/>, <http://www.vniig.rushydro.ru/>, <https://www.tyuiu.ru/> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган

тадбирлар ишлаб чиқилган, насос станцияларнинг сув олиш иншоотлари такомиллаштирилган, уларнинг гидравлик иш шароитини яхшилаш бўйича ижобий натижалар қўлга киритилган (Россия, Ўзбекистон ва Украина).

Жахонда насос станция аванкамераларида оқимни текис тақсимланишини таъминлаш учун конструктив тадбирлар ишлаб чиқиш бўйича сув олиш иншоотларида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, шу билан бирга сув олиш иншоотларини лойиҳалашда гидравлик иш шароитини ЭХМ да ҳисоблаб чиқиш программаси ишлаб чиқилмоқда, чўкиндиларни тозалаш техникаси ва технологиясини такомиллаштириш, аванкамерада сувни меъёрий сатҳини таъминлаш, сув олиш иншоотларини гидравлик ҳарактеристикасини яхшилаш бўйича янги рационал конструкцияларини ишлаб чиқиш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳозирги вақтда насос станцияларнинг эксплуатациясини юқори самарадорлик билан ишлашини, сув олиш иншоотларини конструкциясини такомиллаштириш ва лойиҳалашни замонавий услубларини тадбиқ этиш ва суғориш сувига катта эҳтиёж борлиги билан боғлиқлик бир неча илмий ишларда ўз ифодасини топган, жумладан В.Dhillon (Department of Mechanical Engineering University of Ottawa, Kanada), Ch.Singh (Техас университети, АҚШ), Керр, Розенберг, Расмуссен, Р.Стюарта (Германия), К.Бари, Э.Барлоу, А.Бироллини, Дж.Фране, Торнли Дж. Омари, А.Буззони (Италия), Отогаро Мийаги, Д.Конди, Г.Тойкура, Н.Кубата, М.Мураками, Х.Кумамото (Япония), Рата (Хиндистон), Д.Т.Гаевика (Швейцария), Момчилов Б., Попов Б. (Болгария), В.В.Рычагов, И.И.Накладов, В.В.Буренина, А.И.Степанов, Г.Г.Еникеев, В.Я.Карелин, М.И.Бальзанников, В.В.Елистратов, Е.Т.Зайченко, В.И.Виссарионов, О.Н.Померанцев (Россия), Ш.Х.Раҳимов, О.Я.Гловацкий, С.И.Кеберле, М.Мамажонов, М.М. Мухаммадиев (Ўзбекистон) ва бошқалар. Гидротехник қурилиш соҳасида гидротехник иншоотларни эксплуатация қилиш назарияси масалаларига катта эътибор қаратилган. Бу борада илмий тадқиқотлар Ц.Е.Мирцхулава, И.Н.Ивашенко, В.С.Пепоян, С.Г.Шульман, Д.В.Стефанишин, О.М.Финагенов (Россия), М.М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Т.З.Султанов, А.А.Янгиев (Ўзбекистон) ва бошқалар томонидан олиб борилган.

Суғориш насос станцияси сув олиш иншоотлари конструкциясини такомиллаштириш ва уларни самарадорлик билан ишлатиш масалалари бир қатор олимлар томонидан олиб борилган Т.В.Гавриленко, А.М.Магомедов, С.А.Петухов, А.Л.Раҳманов, В.А.Солнышков, В.В.Баженов, И.Э.Махмудов, К.Р.Аллаев, О.Я.Гловацкий, Ш.Х.Раҳимов, Т.С.Камалов, М.М.Мухаммадиев, М.М.Мамажанов, Р.Р.Эргашевлар илмий тадқиқот ишларида насос станцияларнинг ишлаш самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқишган. Очиқ оқимларнинг ҳисоблаш гидравликаси усулларини қўллаш бўйича ўзини илмий-тадқиқот ишлари билан Дж. Стокер (АҚШ), М. Эббот, Ж. Кюнж, П. Гластер (Англия), О.Ф. Васильев, Н.Е. Вольцингер, Р.В. Пясковский, Л. В. Овсянников, В.М. Лятхер, А.Н. Милитеев, М.Т. Гладышев, К.В. Гришанин, И.А. Шеренков, А.Н. Милитеев (Россия), О.М.Арифжанов ва Д.Р. Базаров (Ўзбекистон) катта ҳисса қўшган. Насос станцияларнинг сув олиш

иншоотларини гидравлик иш шароитини яхшилаш бўйича ўтказилган тадқиқотлар натижасида сув оқимини текис тақсимланишини яратиш бўйича аванкамера конструкциялари ишлаб чиқилган (Болонья, Италия), сув олиш иншоотларини эгри чизикли аванкамера конструкцияси яратилган (Москва давлат қурилиш университети, Россия), тўғри ва тескари нишоблик аванкамерани гидравлик ҳисобининг методикаси ишлаб чиқилган, сув оқимини асосий характеристикасини аниқлаш бўйича математик моделлаштирилган (Бордо, Франция ва Москва қишлоқ хўжалик академияси, Россия).

Бугунги кунда Республикада бу йўналишда эришилган ютуқларга қарамай, ечилиши талаб қилинадиган муаммолар мавжуд, чунки аванкамерада оқимни текис тақсимланиши мавжуд ҳисоблаш усулларига аниқлик киритиш зарур, чунки сув олиш иншоотларини лойиҳалашда кутилган натижага эришилмади. Аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмаларида лойқа чўкишини олдини олиш шароитлари, чеккадаги насосларнинг лойиҳавий сув узатишини таъминлаш, чўкиндилардан тозалаш техникаси ва технологиясини такомиллаштириш, чўкиндилар таркиби ва миқдорини ҳисоби, шунингдек аванкамерада нотекис барқарор жараёнда меъёрий сув сатҳини таъминлаш каби муаммолар етарлича ўрганилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат аграр университети Андижон филиали амалий лойиҳаларни ҚХА-7-48 “Суғориш тизими насос станцияларининг сув олиш иншоотлари иш самарадорлигини ошириш усулини ишлаб чиқиш” (2012-2014) ва ҚХА-7-054-2015 “Насос станциянинг сув олиш иншоотида лойқа чўкишга қарши янги усулини ишлаб чиқиш” (2015-2017) мавзулари лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** насос станциясининг аванкамерасида оқимни текис тақсимланишини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш ҳисобига насос станцияларнинг эксплуатацион самарадорлигини ошириш, рационал ишлаш режимини аниқлаш бўйича илмий асосланган усуллари ва аванкамерада оқимни тақсимланишини гидравлик шароитини яхшилаш бўйича конструктив тадбирлар ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

насос станциянинг аванкамерасида оқимни текис тақсимланишини назарий ва амалий ҳисоблаш усулини такомиллаштириш;

насос станциянинг аванкамерасида сув оқимини текис тақсимланишини таъминлайдиган полигонал кўндаланг кесимли аванкамерани конструкцияси ишлаб чиқиш;

насос станциянинг аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмасида лойқа ювувчи мосламани гидравлик ҳисобини такомиллаштирилган усулини ишлаб чиқиш;

сув олиш иншоотидаги лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини ҳисоблашни такомиллаштирилган усулини ишлаб чиқиш;



насос станциянинг сув қабул қилиш бўлинмасини ва насоснинг сўриш қувурини кириш диаметрини оптимал ўлчамларини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида суғориш тизими насос станцияларининг сув олиб келувчи канал, аванкамера, сув қабул қилувчи бўлинмалар ва уларда жойлашган сўриш қувурлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** аванкамерада сув оқимини текис тақсимланиши, аванкамеранинг гидравлик ишлаш шароитлари, аванкамерада, сув қабул қилиш бўлинмада ва насоснинг сўриш қувурини кириш қисмидаги гидравлик қаршилиқлар ва аванкамерада оқимни текис тақсимланишини таъминлайдиган тадбирлар.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида насос синовлари лаборатория стендларини умумлаштирилган стандарт усулларида фойдаланилган, математик ва гидравлик моделлаштириш усуллари, экспериментал натижаларига статистик ишлов бериш ва гидромеханика қонуниятлари асосида математик моделларини яратиш усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

аванкамерада сув оқимини текис тақсимланишини таъминлаш бўйича назарий ва амалий такомиллаштирилган ҳисоблаш усули Сен-Венан тенгламаси асосида ишлаб чиқилган;

сув оқимини аванкамерада бир текис тақсимланишини ва сув қабул қилиш бўлинмаларига оқимни қулай оқиб келиш шароитини инобатга олиб полигонал кўндаланг кесимли аванкамера конструкцияси ишлаб чиқилган;

аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмасидаги чўкиндиларни лойқаланишини ҳисобга олган ҳолда, насос станциянинг сув олиш иншоотидаги лойқа ювувчи мосламани гидравлик ҳисоблаш усули такомиллаштирилган;

аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмасидаги чўкиндиларни лойқаланишини ҳисобга олган ҳолда, сув олиш иншоотидаги лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини аниқлаш усули такомиллаштирилган;

насос станцияни сув қабул қилиш бўлинмасини ва насоснинг сўриш қувурини кириш диаметрини оптимал ўлчамларини аниқлаш усули оқимни киришдаги минимал гидравлик босим исрофларини ҳисобга олиш асосида ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

чеккадаги бўлинмаларга оқимни қулай киришини таъминлаш учун, аванкамерани сув сатҳи ва сув сарфини ўзгаришини ҳисобга олган насос станциянинг аванкамерасида оқимни текис тақсимланишини ҳисоблаш усули такомиллаштирилган;

бўлинмага оқимни зарбасиз киришини таъминлайдиган суғориш насос станциянинг аванкамера конструкцияси ишлаб чиқилган, босим исрофини ва сув олиш иншоотида сув уюмларини ҳосил бўлишини камайтирадиган;

берилган эркин босим қийматини ўзгармаслигини таъминлайдиган шартидан, ҳамда жиҳознинг узунлиги бўйича босим исрофини чекланишидан келиб чиқиб, лойқа ювувчи мосламани гидравлик ҳисоблаш усули такомиллаштирилган;

сув олиш иншоотидаги чўкиндиларни ювилишини ўзгариши, ҳамда жиҳоздан чиқадиган суюкликнинг ҳажми ва босимини ҳисобга олган ҳолда лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини аниқлаш усули такомиллаштирилган.

сув қабул қилиш бўлинмасига ва насос агрегатининг сўриш қувурига оқимни киришдаги босим исрофини камайишини ҳисобга олган ҳолда насос станцияни сув қабул қилиш бўлинмасини ва насоснинг сўриш қувурини кириш диаметрини ўлчамларини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ва экспериментал изланишларини натижалари таққосланиши, гидравликанинг умумий қонунларини қўллаб ва асосий назарий нисбатларини апробация қилинган математик усулларини қўлланилиши, лойқа ювувчи мосламани лойқа ювилишини ҳисоблаш усули олинган лаборатория ва дала шароитидаги натижаларини мослиги, шунингдек бошқа тадқиқотчиларни натижалари билан таққосланиб текширилганлиги билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти суғориш тизимининг насос станцияларидаги аванкамерада сув оқимини текис тақсимланиши назариясининг ҳисоблаш усулини такомиллаштириш, сув олиш иншоотидаги лойқа ювувчи мосламани гидравлик ҳисоблаш усулини такомиллаштириш, аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмадаги чўкиндиларни лойқалаштириш ҳисобига, аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмалардаги чўкиндиларни ювилишини ҳисобга олган ҳолда сув олиш иншоотида лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш, ҳамда сув қабул қилиш бўлинма ва насоснинг сўриш қувурини кириш қисмини ўлчамларини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш, минимал гидравлик исрофларини ҳисобга олиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини амалий аҳамияти сув олиш иншоотларини лойиҳалашда аванкамерада оқимни текис тақсимланишини таъминлаш асосида ва лойқаланган суғориш сувини узатишда оқим йўналтирувчи деворча ёрдамида чўкиндиларни ювиш, чеккадаги насосларнинг сув узатишини ортиши ҳисобига насос станциянинг ишлаш самарадорлигини ортиши, полигонал кўндаланг кесимли аванкамерани ва лойқа ювувчи мосламани қўллаш ҳисобига сув олиш иншоотида гидравлик босим исрофини камайиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Насос станциянинг сув олиш иншоотида оқимни текис тақсимланишини гидравлик ҳисоблаш усулини такомиллаштириш асосида:

полигонал кўндаланг кесимли аванкамерани такомиллаштирилган конструкцияси, оқимни текис тақсимланишини таъминлайдиган Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги “SUVLOYIHA” лойиҳалаштириш институти Фарғона вилоятида давлат унитар ташкилотида лойиҳалаш жараёнига жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрдаги №03/25-4361-сон

маълумотнома). Натижада чеккадаги насосларнинг сув узатишини ошириш имкони яратилган, ўртадаги насоснинг сув узатиш миқдorigа нисбатан 94,5% эришилган;

суғориш насос станциянинг аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмасидаги лойқа ювувчи мосламани гидравлик ҳисоблаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Норин-Сирдарё ирригация тизимлари хавза бошқармаси қошидаги Наманган вилояти насос станцияси ва энергетика бошқармасига қарашли “Уйчи” насос станциясида жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрдаги №03/25-4361-сон маълумотнома). Натижада чўкиндиларни ювилишига имкон яратилган ва сўриш қувурига оқимни кириш бурчагини ўзгариши ҳисобига, гидравлик қаршилиқлар камайган, насоснинг сув узатиши 5...5,5 % ва фойдали иш коэффициенти 5,9 % ортишига эришилган;

насос станциянинг аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмасида лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини аниқлаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Норин-Қорадарё ирригация тизимлари хавза бошқармаси қошидаги Андижон вилояти насос станцияси ва энергетика бошқармасига қарашли “Кўк-гумбаз” насос станциясида жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрдаги №03/25-4361-сон маълумотнома). Натижада меъёрий ишлаш режими таъминланганлиги натижасида ресурс тежамкорликни 2,3...4,5 % ортишига эришилган;

насос станциянинг сув қабул қилиш бўлинмаларини конструктив ўлчамларини ва насос агрегатининг сўриш қувурини кириш қисмини аниқлаш усули Андижон вилоятидаги “Андижон лойиҳа қидирув экспедицияси” масъулияти чекланган жамиятида лойиҳалаш жараёнига жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 12 ноябрдаги №03/25-4361-сон маълумотнома). Натижада сув олиш иншоотини гидравлик характеристикасини яхшилаш, қурилиш ва эксплуатация харажатларини камайтириш ва чеккадаги насосларнинг сув узатишини 2,8...3,3 % ортишига эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари ҳар йили Тошкент давлат аграр университетининг Андижон филиали томонидан тузилган махсус апробация комиссияси томонидан ижобий баҳоланган. Тадқиқот натижалари халқаро, республика ва институт миқёсидаги анжуманларда 11 марта маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган ҳамда маъқулланган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 44 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фан доктори (DSc) диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 14 та мақола, жумладан 11 та республика ва 3 та хорижий журналларда, 11 та халқаро анжуманларда ва 1 та халқаро илмий форумда, 17 республика анжуманларда ҳамда 1 та тавсиянома чоп этилган (5 таси Scopus базасида рўйхатдан ўтган).

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация иши 200 саҳифада ёзилган бўлиб, кириш, бешта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида Ўзбекистонда ва жаҳонда ўтказилган тадқиқотлар асосида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган бўлиб, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, тадқиқот натижаларининг ишончлилиги, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти ёритиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Суғориш насос станцияларнинг сув олиш иншоотларини ҳозирги эксплуатация ҳолатини таҳлили”** деб номланган диссертациянинг биринчи бобида суғориш тизими насос станцияларининг сув олиш иншоотлари билан боғлиқ бўлган илмий-тадқиқот ишларини таҳлили келтирилган.

Ишлаб турган насос станцияларда чеккадаги сув қабул қилиш бўлинмаларига оқимни текис оқиб келиши тامينланмайди, бунинг натижасида лойқа чўкиш содир бўлади ва чеккадаги насосларнинг сув узатиши лойиҳавийдан 8...12 % камаяди. Шунинг учун аванкамерада оқимни тақсимланишини яхшилаш ва лойқа чўкишини камайтириш бўйича Ўзбекистонда ва жаҳонда тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, конструктив тадбирлар ишлаб чиқилмоқда.

Чўкиндиларни чўкиши сув уюмлари зоналарида ҳосил бўлади ва айрим холларда чўкиндиларни ҳажми аванкамера ҳажмини 60 % ни ташкил этади. Аванкамерани чўкиндилардан тозалаш кам самарали бўлмоқда, чунки тозалангандан кейин лойқа чўкиш жараёни қайта такрорланади. Сув қабул қилиш бўлинмаларига оқимни қия “қийшиқ” кириши ҳисобига кўпинча ҳавони сўрилиши билан ҳаво уюмлари ҳосил бўлади. Ушбу ходисалар оқимни гидравлик шароитлари ва тузилишини ёмонлаштиради, бу эса насосни ишчи ғилдираги куракларига таъсир қилади, оқимни ўзгарувчанлиги таъсирида, қўшимча юкланиш ва тебранишлар пайдо бўлишига олиб келади, бунинг ҳисобига насоснинг сув узатиши камаяди, подшипникларга таъсир қиладиган кучланиш ортади.

Аванкамера билан боғлиқ муаммоларни ечиш учун, туби бўйича тескари нишобли ҳамда сув қабул қилиш бўлинмаларини фронти бўйича эгри аванкамера ишлаб чиқилган, аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмаларига бўйлама ва кўндаланг йўналтирувчи деворчалар ва бошқалар ўрнатилган ҳолда. Техник-иқтисодий ҳисоблар асосида аниқ конструктив тадбирларни танлаш учун катта насос станцияларнинг модель қурилмасида гидравлик тадқиқот ўтказиш тавсия қилинади.

Насос агрегатларини ишлаш шароитларини яхшилаш бўйича ўтказилган тадқиқотларни тахлили шуни кўрсатадики, насоснинг ишчи ғилдираги олдида текис циркуляциясиз тезликлар майдонини ҳосил қилиш мақсадида ҳар бир сув қабул қилиш бўлинмасига қулай текис тақсимланиши таъминлайдиган аванкамера шаклини такомиллаштириш ва сув қабул қилиш бўлинмадаги оқимни ёки сўриш қувиридаги оқимга таъсир қилиш билан масала ечилади, юқорида келтирилган тахлил асосида тадқиқот мақсади ва вазифалари белгиланди.

Диссертациянинг **"Насос станциянинг сув полигонал кесимли сув олиш иншоотини гидравлик характеристикасини назарий тадқиқотлари"** деб номланган иккинчи бобида насос станциянинг сув олиш иншоотларини гидравлик характеристикаларини аналитик тадқиқ қилиш, насос станцияларининг сув олиш иншоотларида сув оқимининг ҳаракатини математик ва сонли моделлаштиришни ишлаб чиқиш масалалари.

Очиқ оқимлар гидравликасининг амалий масалаларини ечишда Сен-Венаннинг икки ўлчамли ностационар тенгламалари нафақат равон ўзгарувчан балки узулувчан ҳосил бўладиган циркуляцион зоналари шаклланиши билан кескин ўзгарувчан оқимларни ҳам жуда яхши тасвирлаб берадиган асосий ҳақиқатни англаш ва улардан фойдаланиш ҳисобланади.

Узанинг тўсатдан кенгайиши, туби белгисини тўсатдан пасайиши, ёнбош оқим, шунингдек ажраладиган сув уюрмалари зоналарини пайдо бўлиши билан боғлиқ бўлган импульс йўқотишлари тубдаги ишқаланиш натижасидаги йўқотишлар билан таққосланганда кичик ёки гидравлик ишқаланиш коэффициентида махсус усулда ҳисобга олинган.  $OXYZ$  ўнг томон декарт координата тизимини киритиб ва  $OX$  ўқини узан ўқи бўйлаб қиялик билан йўналтириб, кўриб чиқилаётган участканинг эркин сув сатхининг ўртасидаги нишоблигига тенг ва  $OXZ$  текислиги вертикал қилиб танланди. Ушбу координата тизимида қабул қилинган тахминларни ҳисобга олган ҳолда ва  $OX$  ўқининг уфққа кичик бурилишини дивергент шаклидаги бир ўлчовли математик моделнинг тенгламалари қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left( QU + \frac{1}{2} g \int_{Y_1}^{Y_2} h^2 dy \right) = gi\omega - \lambda \cdot \frac{Q^2}{2\omega R} + F \quad (1)$$

$$\left. \frac{\partial \omega}{\partial t} \right|_{Z_1 = \text{const}} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (2)$$

$$\frac{\partial \omega S}{\partial t} + \frac{\partial QS}{\partial x} = -K \cdot (S - S_H) \cdot \frac{\omega}{R} \quad (3)$$

$$(1-p) \cdot \left. \frac{\partial \omega}{\partial t} \right|_{\zeta = \text{const}} = -K \cdot (S - S_H) \cdot \frac{\omega}{R} \quad (4)$$

бу ерда:  $Q$  – каналдаги сув ва чўкиндилар йиғиндисининг ҳажм сарфи;

$t$  - вақт;  $U = Q/\omega$  - оқимнинг ўртача тезлиги;  $\omega$  –каналнинг жонли кесим юзаси;  $g$  - эркин тушиш тезланиши;  $y_n$  и  $y_n$  - мос равишда, чап ва ўнг қирғоқ чизиқларининг координаталари;  $h = \zeta - z_d$  - оқим чуқурлиги;  $\zeta$  - эркин сув сатҳининг белгиси;  $z_d$  – канал тубининг белгиси;  $i = \sin \alpha \approx \alpha$  - ОХ ўқининг уфққа қиялиги;  $\lambda$  - гидравлик ишқаланиш коэффиценти;  $R = \omega/\chi$  - гидравлик радиус;  $\chi$  - каналнинг намланган периметри;  $F$  - каналнинг нопризматиклиги туфайли зичликка караганда солиштирма куч;  $q$  - ён оқимнинг солиштирма сув сарфи;  $S$  - оқимдаги чўкинди заррачаларнинг ҳажм концентрацияси;  $S_n$  - заррачаларнинг мувозанат концентрацияси;  $K$  - туб ва оқим орасидаги чўкинди алмашиш интенсивлигининг коэффиценти;  $\rho$  – грунтнинг ғоваклилиги.

(1, 2, 3, 4) тенгламалар тизимини чегаравий шартлари қуйидагилар:

$$Q_n(t) = Q(x_n, t), S_n(t) = S(x_n, t), \zeta_n(t) = \zeta(x_n, t) = \zeta_n(Q(x_n, t)).$$

Тизимни ёпиш учун (1, 2, 3, 4)  $\lambda$ ,  $F$ ,  $K$ ,  $S_n$  функциялар шаклини, шунингдек канал шакли билан белгиланадиган  $R$  ва  $h$  нинг  $\omega$  билан ўзаро боғлиқлигини кўрсатиш керак.

Гидравлик ишқаланиш коэффицентини Маннинг бўйича қабул қилинди:

$$\lambda = 2gn^2 R^{-1/3} \quad (5)$$

бу ерда:  $n = n(x, h)$ – узан сирти юзасининг ғадир-будурлик коэффиценти.

Узан призматик бўлмаган ҳолда импульснинг йўқолиши қуйидагича ифодаланилди:

$$F = - \int_{y_n}^{y_n} gh \cdot \frac{\partial z_d}{\partial x} dy \quad (6)$$

$|\partial z_d / \partial y| \ll 1$  ва  $y$  битта қийматли функцияси  $z_d = z_d(x, y, t)$  деган тахмин асосида. Вертикал йўналишда чўкиндилар алмашиш интенсивлигининг коэффиценти учун қуйидаги формуладан фойдаланамиз:

$$K = \gamma U_* \cdot \left( 1 + \frac{\beta W}{U_*} \right) \quad (7)$$

бу ерда:  $U_* = \sqrt{gnUR}^{-1/6}$  - динамик тезлик;  $W$  – грунтнинг гидравлик катталиги;  $\gamma, \beta$  - сонли коэффицентлар.

$S_n$  тўйинганлик концентрациясини аниқлаш учун физик асосга эга

Р. Бэгнольд формуласи қўлланилади, содда тузилишга эга ва дала маълумотларини таҳлил қилишда кўп "тушиб қоладиган" нуқталарни бермайдиган формуласи ишлатилган:

$$S_n = 0,4 \cdot \frac{U_*^2}{gR} \cdot \left( \frac{0,13}{\text{tg}\varphi} + 0,01 \cdot \frac{U}{W} \right) \quad (8)$$

бу ерда:  $\varphi$  - тупрокнинг сувдаги ички ишқаланиш бурчаги ( $\text{tg}\varphi \approx 0,6$ ).

Узлуксизлик тенгламаси қуйидагича аппроксимация қилинади.

$[x_i, x_{i+1}]$  кесим бўйича (2) интеграллаб, қуйидагини ҳисобга олган ҳолда:

$$\left. \frac{\partial \omega}{\partial t} \right|_{Z_d = \text{const}} = \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} \cdot \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (9)$$

Аниклиги  $\Delta_i^3$  сонлар тартиби бўйича олинган:

$$\left( \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} \right)_{i+1/2} \cdot \frac{\partial \zeta_{i+1/2}}{\partial t} \cdot \Delta_i + Q_{i+1} - Q_i = 0$$

Вақт ҳосиласини олдинга айирма билан алмаштириб ва охириги тенгликни  $\Delta_i^3$  бўлинганда қуйидаги келиб чиқади:

$$\left( \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} \right)_{i+1/2} \cdot \frac{\zeta_{i+1/2} - \tilde{\zeta}_{i+1/2}}{\tau} + \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta_i} = 0, \quad i = 1, \dots, N-1; \quad (10)$$

бу ерда:  $\tau$  - вақт поғонаси; " $\sim$ " - белгиси, пастки қатламдан вақт ичида олинган қийматни белгилайди.

Худди шундай,  $[x_{i-1/2}, x_{i+1/2}]$  кесим бўйича (1) интеграллаб,  $\Delta_{i-1/2} = 0,5 \cdot (\Delta_{i-1} + \Delta_i)$  бўлиниб ва вақт ҳосиласини олдиға айирма билан алмаштириб қуйидаги олинди:

$$\frac{Q_i - \tilde{Q}_i}{\tau} + Q_i \frac{U_{i+1} - U_{i-1/2}}{\Delta_{i-1/2}} + U_i \frac{Q_{i+1} - Q_{i-1/2}}{\Delta_{i-1/2}} + A_i = g i \omega_i - \left( \lambda \frac{Q^2}{\omega R} \right)_i \quad (11)$$

бу ерда:

$$\begin{aligned} U_{i+1/2} &= \frac{U_i + U_{i+1}}{2}, \quad U_{i-1/2} = \frac{U_{i-1} + U_i}{2}, \quad U_i = \frac{\tilde{Q}_i}{\tilde{\omega}_i}, \\ Q_{i+1/2} &= \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2}, \quad Q_{i-1/2} = \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2}, \\ \omega_i &= (\omega_{i+1/2} \cdot \Delta_{i-1} + \omega_{i-1/2} \cdot \Delta_i) / (\Delta_{i-1} - \Delta_i), \\ R_i &= (R_{i+1/2} \cdot \Delta_{i-1} + R_{i-1/2} \cdot \Delta_i) / (\Delta_{i-1} - \Delta_i). \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} A_i &= g \omega_i \cdot (\zeta_{i+1/2} - \zeta_{i-1/2}) / \Delta_{i-1/2} + \Delta A_i, \\ \Delta A_i &= \frac{1}{2} g \cdot \left[ \int_{(Yn)_{i+1/2}}^{(Yn)_{i+1/2}} h_{i+1/2}^2 dy - \int_{(Yn)_i}^{(Yn)_i} h_{i+1/2}^2 dy + \int_{(Yn)_i}^{(Yn)_i} h_{i-1/2}^2 dy - \int_{(Yn)_{i-1/2}}^{(Yn)_{i-1/2}} h_{i-1/2}^2 dy \right] / \Delta_{i-1/2} \end{aligned} \quad (13)$$

$\Delta A_i$  қийматни асосий қиймат  $A_i$  билан таққослаганда кичикдир. Бу ўзгарувчан узан кенглигидан келиб чиқади. (13) тенгликлар қуйидаги ўхшашликни ўзгартириш ёрдамида олинган:

$$\begin{aligned} F &= - \int_{Yn}^{Yn} gh \frac{\partial z_{\mu}}{\partial x} dy = - \int_{Yn}^{Yn} gh \frac{\partial (\zeta - h)}{\partial x} dy = \\ &= - \frac{\partial \zeta}{\partial x} \int_{Yn}^{Yn} gh dy + g \int_{Yn}^{Yn} h \frac{\partial h}{\partial x} dy = - g \omega \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{2} g \int_{Yn}^{Yn} h \frac{\partial h^2}{\partial x} dy \end{aligned}$$

(12) ва (13) дан фойдаланиб (11) қуйидаги кўринишга келтирилди:

$$\begin{aligned} & \frac{Q_i - \tilde{Q}_i}{\tau} + Q_i \frac{(U_{i+1} - U_{i-1}) + U_i \cdot (Q_{i+1} - Q_{i-1})}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + 2g\omega_i \frac{\zeta_{i+1/2} - \zeta_{i-1/2}}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + \Delta A_i = \\ & = gi\omega_i - \left( \frac{\lambda QU}{R} \right)_i \end{aligned} \quad (14)$$

$\zeta_{i+1/2}$  узликсизлик (10) тенгламасидан ифодаланди ва  $\partial\omega/\partial\zeta$  ўрнига  $0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2}$  қиймати олинган, бу ерда:  $B$  – каналнинг сув сатҳи бўйича эни:

$$\zeta_{i+1/2} = \tilde{\zeta}_{i+1/2} - \frac{\tau \cdot (Q_{i+1} - Q_i)}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2} \Delta_i} \quad (15)$$

Мос равишда қуйидаги ҳосил бўлади:

$$\zeta_{i-1/2} = \tilde{\zeta}_{i-1/2} - \frac{\tau \cdot (Q_i - Q_{i-1})}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i-1/2} \Delta_{i-1}} \quad (16)$$

(15) ва (16) тенгламаларини (14) қўйиб, ҳаракат тенгламасининг охириги айрима шакли қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} & \frac{Q_i - \tilde{Q}_i}{\tau} - \frac{\tilde{Q}_i}{\tau} + Q_i \frac{(U_{i+1} - U_{i-1})}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + Q_{i+1} \frac{U_i}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} - Q_{i-1} \frac{U_i}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + 2g\omega_i \frac{\tilde{\zeta}_{i+1/2} - \tilde{\zeta}_{i-1/2}}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + \\ & + Q_i \frac{4g\omega_i \tau}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} \left( \frac{1}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2} \Delta_i} + \frac{1}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i-1/2} \Delta_{i-1}} \right) - \\ & - Q_{i+1} \frac{4g\omega_i \tau}{(\Delta_{i-1} + \Delta_i) \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2} \Delta_i} - Q_{i-1} \frac{4g\omega_i \tau}{(\Delta_{i-1} + \Delta_i) \cdot (B + \tilde{B})_{i-1/2} \Delta_i} + \\ & + \Delta A_i = gi\omega_i - Q_i \left( \lambda \frac{U}{R} \right)_i, \quad i = 2, \dots, N-1 \end{aligned} \quad (17)$$

Қуйидаги шарт бажарилганда итерация тўхтатилади:

$$\max_i \left( \frac{|Q_i^{(r+1)} - Q_i^{(r)}|}{Q_{cp}} \right) < \varepsilon \quad (18)$$

бу ерда:  $p$  – итерация номери,  $Q_{cp} = \sum_i |Q_i|/N$ .

$\theta = \omega S$  и  $\theta_n = \omega S_n$  белгилар киритиб,  $[x_i, x_{i+1}]$  чегарасида (3) ва (4) интеграллаштириб ва вақт бўйича ҳосилани айрима билан олдиндан алмаштириб, қуйидаги олинди:

$$\begin{aligned} & \frac{\theta_{i+1/2} - \tilde{\theta}_{i+1/2}}{\tau} + \frac{\theta_{i+1} U_{i+1} - \theta_i U_i}{\Delta_i} = - \frac{K_{i+1/2}}{R_{i+1/2}} \cdot (\theta_{i+1/2} - \theta_{Hi+1/2}) \\ & (1-p) \cdot \frac{\omega_{i+1/2} - \tilde{\omega}_{i+1/2}}{\tau} \Big|_{\zeta=const} = - \frac{K_{i+1/2}}{R_{i+1/2}} \cdot (\theta_{i+1/2} - \theta_{Hi+1/2}) \\ & \theta_{i+1} = (\theta_{i+1/2} \Delta_{i+1} + \theta_{i+3/2} \Delta_i) / (\Delta_{i+1} + \Delta_i), \\ & \theta_i = (\theta_{i-1/2} \Delta_i + \theta_{i+1/2} \Delta_{i-1}) / (\Delta_{i-1} + \Delta_i), \quad \Delta_i = x_{i+1} - x_i, \quad \Delta_i = x_{i+2} - x_{i+1}. \end{aligned} \quad (19)$$



Ўзгаришлар бажарилгандан сўнг, кўчириш тенгламаси учун  $\theta_{i+1/2}$  нисбатан уч диагоналли матрицали тенгламалар тизими олинди:

$$\begin{aligned} & \frac{\tau U_{i+1}}{\Delta_i + \Delta_{i+1}} \theta_{i+3/2} + \theta_{i+1/2} \left[ 1 + \frac{\tau U_{i+1} \Delta_{i+1}}{\Delta_i \cdot (\Delta_i + \Delta_{i+1})} - \frac{\tau U_i \Delta_{i-1}}{\Delta_i \cdot (\Delta_i + \Delta_{i-1})} + \frac{K_{i+1/2} \tau}{R_{i+1/2}} \right] - \\ & - \frac{\tau U_i}{\Delta_i + \Delta_{i-1}} \theta_{i-1/2} = \tilde{\theta}_{i+1/2} + \frac{K_{i+1/2}}{R_{i+1/2}} \cdot \tau \theta_{H_{i+1/2}}, \quad i = 1, \dots, N-1. \end{aligned} \quad (20)$$

Ушбу тизим қуйидаги чегаравий шартларида ечилади:

$$\theta_{1/2} = \omega_{1/2} S_{1/2} = \theta_{1/2}(t); \quad \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{N-1/2} = 0 \quad (21)$$

Кейин, (19) иккинчи тенгламасидан фойдаланиб,  $\omega$  нинг қийматлари топилади.

Икки ўлчовли Сен-Венан тенгламаларининг сонли ечимига асосланган ёндашувлар узанли оқимларини моделлаштириш учун юқори самарадорлик ва етарлича аниқликни кўрсатди.

Икки ўлчовли чўкиндилар мувозанати тенгламаси (Экснер тенгламаси) кўпинча шу мақсадда ишлатилади:

$$(1-p) \frac{\partial Z_b}{\partial t} = - \frac{\partial U S_* h}{\partial x} - \frac{\partial V S_* h}{\partial y} \quad (22)$$

бу ерда:  $U$  ва  $V$  – мос равишда  $x, y$  ўқлари бўйлаб ўртача сув тезлиги векторнинг таркибий қисмлари;  $h(x, y, t)$  – оқим чуқурлиги;  $S_*(x, y, t)$  – тўйинган лойқалик.

Деформацияланадиган туби учун оқимларининг сонли ҳисоб-китоблари учун қисман ҳосилалар ва ёпилиш муносабатларида икки ўлчовли Сен-Венан тенгламалари тизими томонидан тавсифланган математик моделдан фойдаланиш тавсия этилади:

$$\frac{\partial h S}{\partial t} + \frac{\partial U S h}{\partial x} + \frac{\partial V S h}{\partial y} = -K(S - S_*) \quad (23)$$

$$(1-p) \frac{\partial Z_b}{\partial t} = K(S - S_*) + \frac{\partial}{\partial x} D \frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} D \frac{\partial Z_b}{\partial y} \quad (24)$$

$$K = \begin{cases} \alpha U_* + (1-\alpha)W, & U_* \geq W \\ W, & U_* \leq W \end{cases} \quad 0 \leq \alpha < 1 \quad (25)$$

$$D = \beta \tilde{S} h W \quad (26)$$

$$S_* = \alpha_1 \frac{\lambda \rho}{2\rho_s} \frac{(|\vec{U}| - U_N)^2}{gh} \left( \frac{0.13}{tg \varphi} + 0.01 \frac{|\vec{U}|}{W} \right), \quad \lambda = 2gn^2 h^{-1/3} \quad (27)$$

бу ерда:  $t$  - вақт;  $h$  – каналдаги сувнинг чуқурлиги;  $U$  ва  $V$  – мос равишда  $X$  ва  $Y$  ўқлари бўйлаб оқим тезлигининг таркибий қисмлари;  
 $S$  - оқимдаги чўкинди зарраларининг ҳажм концентрацияси;  $S_*$  - ўзгарувчан Бэгнольд формуласи бўйича олинадиган заррачаларнинг мувозанат ҳажмли концентрацияси (тўйинганлик концентрацияси);  $K$  - туб ва оқим ўртасида чўкмаларнинг вертикал алмашиш интенсивлиги коэффициенти;  $p$  - тупроқ ғоваклилиги (ғовак ҳажмининг ғовакли барча тупроқ ҳажмига нисбати);  
 $\rho_s, \rho$  - мос равишда тупроқ ва сув зичлиги;  $\varphi$  - тупроқнинг ички ишқаланиш бурчаги;  $W$  - тупроқнинг гидравлик катталиги;  $U_*$  - динамик тезлик; ва  $|\bar{U}|$  и  $U_N$  - мос равишда, вертикал ўртача оқим тезлигининг модули ва силжимас тезлик;  $\lambda$  - Маннинг формуласи бўйича ҳисобланган гидравлик ишқаланиш коэффициенти;  $n$  - ғадир-будурлик коэффициенти.

Диффузия коэффицентини (7) ҳисоблашда қуйидаги учта формуладан фойдаланилган:

а) силжувчи ва муаллақ оқизикларнинг умумий мувозанат концентрацияси бўйича:

$$\tilde{S} = S_* \quad (28)$$

б) тубдаги мувозанат концентрацияси бўйича:

$$\tilde{S} = \alpha_1 \frac{\lambda \rho}{2\rho_s} \frac{(|\bar{U}| - U_N)^2 \cdot 0.13}{gh \operatorname{tg} \varphi}, \quad (29)$$

в) “квадратсиз” тубдаги концентрацияси бўйича:

$$\tilde{S} = \alpha_1 \frac{\lambda \rho}{2\rho_s} \frac{(|\bar{U}| - U_N)|\bar{U}| \cdot 0.13}{gh \operatorname{tg} \varphi}, \quad (30)$$

Дастлабки шартлар сифатида бошланғич тубининг сирти  $Z(x,y,0)$  берилган унга мос келадиган тезликнинг  $\bar{U}(x,y,0)$  майдонлари, чуқурликлар  $h(x,y,0)$  ва  $S(x,y,0)$  концентрацияси берилган.

Насос станциясининг аванкамерасида оқимни ҳаракати нотекис ва аста ўзгарувчан. Ўрнатилган нотекис реал суюқликнинг аванкамерадаги оқим чуқурлиги динамикасини аниқлаш учун Д.Бернулли тенламасидан фойдаландик. Аванкамерада босимсиз, нотекис режимли оқим ҳаракати ҳосил бўлади, у қуйидаги шартлари билан характерланади:

$$h \neq \text{const} \text{ (оқим бўйлаб)}; \quad v \neq \text{const} \text{ (оқим бўйлаб)}$$

Бернулли тенграмаси оқимни аванкамерага қиришда ва чиқишдаги кесимлари учун аванкамеранинг туби бўйича О-О текисликка нисбатан тузилган (2.1- расм):

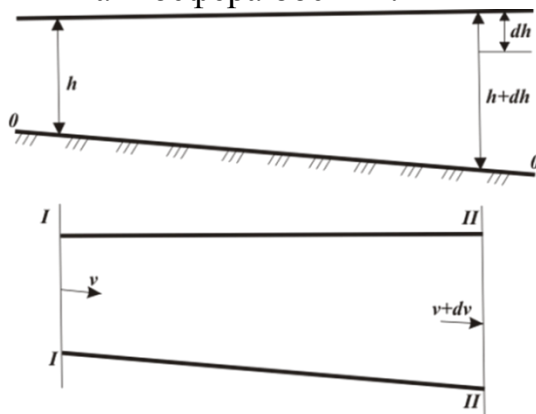
$$h + idS + \frac{p_a}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + dh + \frac{p_a}{\rho g} + \frac{\alpha(v - dv)^2}{2g} + dh_1 \quad (31)$$

бу ерда:  $h$  - аванкамерадаги оқимнинг чуқурлиги;

$i$  - аванкамера тубининг нишоблиги;

$S$  – ҳисобий кесимлар орасидаги масофа;

$v$  - аванкамерадаги оқимни ўртача тезлиги;  
 $P_a$  - сирт босими, яъни атмосфера босими.



**2.1-расм. Насос станция аванкамерасининг ҳисобий схемаси**

Аванкамерада маҳаллий босим исрофларини йўқ деб ҳисобланса, барқарор нотекис ҳаракатида маҳаллий босим исрофлари барқарор текис ҳаракати ҳолатидаги оқим каби аниқланади:

$$h_f \approx h_l, \quad J_e = \frac{dh_l}{dS} = \frac{v^2}{C^2 R} \text{ бундан қуйидаги келиб чиқади: } dh_e = \frac{v^2 dS}{C^2 R}$$

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$h + idS + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + dh + \frac{\alpha v^2}{2g} - \frac{2\alpha v \cdot dv}{2g} + \frac{\alpha dv^2}{2g} + \frac{v^2 dS}{C^2 R} \quad (32)$$

Бир хил қийматларга эга баъзи параметрлар қисқартирилгандан сўнг, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$idS = dh + \frac{dv^2}{g} + \frac{v^2}{C^2 R} dS \quad (33)$$

Бундан ташқари, тенгламанинг барча параметрларини  $dS$  га бўлинганди:

$$i = \frac{dh}{dS} + \frac{dv^2}{2g dS} + \frac{v^2}{C^2 R} \quad (34)$$

Тенгламага ўртача тезликнинг қийматини киритиб, у нобарқарорлик тенгламасидан  $v = Q/\omega$  қуйидагича аниқланади:

$$\frac{dv^2}{dS} = \frac{d(Q/\omega)^2}{dS} = -2 \frac{Q}{\omega^3} \frac{d\omega}{dS} \quad (35)$$

Буни ҳисобга олган ҳолда, қуйидаги ҳосил бўлади:

$$i = \frac{dh}{dS} - \frac{\alpha Q^2}{\omega^3 g} \frac{d\omega}{dS} + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (36)$$

Аванкамеранинг узунлиги бўйича кенгайишини ҳисобга олиб  $\omega = f(h, S)$ , дифференциалнинг кўриниши қуйидагича:

$$\frac{d\omega}{ds} = \left( \frac{\partial\omega}{\partial l} \frac{dl}{\partial s} + \frac{\partial\omega}{\partial h} \frac{\partial h}{\partial l} \right) = \left( \frac{\partial\omega}{\partial s} \frac{dl}{\partial s} + B \frac{\partial h}{\partial s} \right) \quad (37)$$

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда, тенглама қуйидаги кўриниш эга:

$$i - \frac{dh}{ds} = -\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial\omega}{\partial h} \frac{dh}{\partial s} - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial\omega}{\partial S} \frac{\partial S}{\partial s} + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (38)$$

$$i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} + \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial\omega}{\partial S} \frac{\partial S}{\partial s} = i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g\omega} \frac{\partial\omega}{\partial S} \frac{\partial S}{\partial s} \right) = \frac{dh}{ds} \left( 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} B \right) \quad (39)$$

бу ерда:  $\frac{\partial\omega}{\partial h} = B$

$\frac{\partial h}{\partial S}$  нисбатан тенгламанинг ечими амалга оширилади, бунинг натижасида, насос станциясининг аванкамерасидаги оқим чуқурлиги динамикасини аниқлаш имконини берувчи тенгламани кўриниши қуйидагича:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g\omega} \frac{\partial\omega}{\partial S} \frac{\partial S}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}} \quad (40)$$

Амалий масалаларни ечиш учун мураккаб гипотезаларни талаб қилмайдиган, аммо бўлинмада оқимни текис тақсимланишини моделлаштиришга имкон берадиган оддий тенгламаларни қўллаш мақсадга мувофиқдир. Таққослаш ишлари бажарилиб назарий ва тажриба натижалари билан яхши мос келишини кўрсатди.

Диссертациянинг **"Насос станцияларининг сув олиш иншоотларини экспериментал тадқиқот қилиш"** деб номланган учинчи бобида насос станциянинг аванкамерасини гидравлик жараёнини моделлаштириш шартлари, тажриба ўтказиш учун экспериментал қурилмаси ва тадқиқот методологияси келтирилган ҳамда аванкамера, сув қабул қилиш бўлинмаси ва сўриш қувурларни гидравлик ишлаш режимини тадқиқотлари бажарилган.

Аванкамеранинг гидравлик иш режимини тадқиқотлари насос агрегатлари сони аралаш бир вақтда ишлаётган насос агрегатлари учун бажарилган.

Транзит оқимнинг аста-секин кенгайиб боришига қарамай, аванкамеранинг жонли кесим юзасидан фойдаланиши кичик бир қисмини ташкил этади. Биринчи вариантга кўра, 5 насос ишлаган ҳолат учун дастлаб транзит оқим 100% бутун кесимни эгаллайди, ундан кейин транзит оқим эгаллаган 42,3% гача пасаяди ва солиштирма вазни аванкамеранинг охирида у 52,7% ни ташкил қилади.

Транзит оқим эгаллаган майдон камаяди, бир вақтнинг ўзида ишлайдиган насослар ўчирилганда, ва битта насос ишлаганда қуйидаги майдон 32,3% гача камаяди, бу эса сув уюрмаларини кенгайишига олиб келади.

2-вариант бўйича 5 насос ишлаганда транзит оқимни юзасини минимал қийматини 59,7% ташкил қилади, бу эса 1 вариантга нисбатан 17,4% га кўпдир. Ушбу ҳолат ишлайдиган насослар сони ўзгаргандаги режимлар учун ҳам кузатилади.

Транзит оқимнинг кенгайиш даражаси ёки оқим тезлигининг камайиш даражаси қанча кичик ва кенгайиш зонаси қисқа бўлса транзит оқимда лойқа чўкиши шунча кам бўлади. 1 вариант бўйича тажрибалар ўтказилганда, 5 та насос бир вақтнинг ўзида ишлаганда, ўртадаги 3 насоснинг сув узатиши 0,0051 м<sup>3</sup>/с, 2 ва 4 насосларники мос равишда 0,0046 ва 0,0045 м<sup>3</sup>/с ҳамда 1 ва 5 насослар учун мос равишда 0,00414 м<sup>3</sup>/с ва 0,00421 м<sup>3</sup>/с. Оқимни бир текис тақсимланишини бузилиши аванкамерада сув уюрмаларини ҳосил бўлиши ва сув қабул қилиш бўлинмаларига оқимнинг кириш бурчагини ортиши ҳисобига сўриш қувурнинг кириш қисмини олдида оқимда кўндаланг циркуляция ҳосил бўлишига сабаб содир бўлади, бу эса гидравлик қаршиликларни ортишига олиб келади. Шунинг учун 3 насос билан таққослаганда, 1 ва 5 насосларни сув хайдаши 18,8 ... 17,4% га ва 4 ва 2 насосларда 11,7 ... 9,8% камайганлиги кузатилди.

Иккинчи вариант бўйича ўртадаги насоснинг сув хайдаши унча ўзгармайди 0,0051 м<sup>3</sup>/с, 2 ва 4 насосларда мос равишда 0,00483 м<sup>3</sup>/с ва 0,00485 м<sup>3</sup>/с, 1 ва 5 насосларда мос равишда 0,00462 ва 0,00467 м<sup>3</sup>/с. Демак, 1 ва 5 насосларда 9,3 ... 8,4 %, 2 ва 4 насосларда 5,3 ... 4,9 % ўртадаги 3 насосга таққослаганда сув узатиши камайган.

1 ва 2 вариантдаги аванкамералар таққосланганда, 2 вариантда чеккадаги насосларнинг сув узатиши 1,8 баровар ёки 1 вариантга нисбатан насосларни сув узатиши 5,3 ... 6,5% кўпроқ. Демак, аванкамеранинг 2-вариантида, сув уюрмалари зоналари юзасини камайиши ҳисобига транзит оқим ҳажми ортади ва бу оқимни сув қабул қилиш бўлинмаларига текис тақсимланишини яхшилайдди.

Лаборатория тадқиқотлари натижалари шуни кўрсатдики, насослар биргаликда ишлаганда, ўрта ва чеккадаги насосларнинг сув қабул қилиш бўлинмаларининг гидравлик ишлаш шароитлари турлича.

Сув олиш иншоотдаги босим исрофи  $h_{ав}$  аванкамерадаги, сув қабул қилиш бўлинмага  $h_{куп}$  тўғри киришда, бўлинмага “қийшиқ” киришда  $h_{бур}$  ва сув қабул қилиш бўлинмани узунлиги бўйича босимлар йиғиндисидан ташкил топади  $h_{l,кам}$ :

$$\Sigma h = h_{ав} + h_{куп} + h_{бур} + h_{l,бўл} \quad (41)$$

(41) формуладаги ҳар бир ташкил қилувчи алоҳида кўриб чиқилади. Аванкамерадаги босим исрофи оқимнинг кенгайишидаги ва узунлик бўйича босим исрофини йиғиндисидан аниқланади:

$$h_{ав} = h_{кен} + h_{l,ав} \quad (42)$$

бу ерда:  $h_{кен}$  - аванкамерада оқимни кенгайиши бўйича босим исрофи;  $h_{l,ав}$  - аванкамерани узунлиги бўйича босим исрофи.

Сув қабул қилиш бўлинмасига тўғри киришдаги босим исрофи:

$$h_{\text{кур}} = \xi_{\text{кур}}^1 \cdot \frac{V_{\text{бўл}}^2}{2g} \quad (43)$$

Сув қабул қилиш бўлинмасига оқимни қия “қийшиқ” киришдаги босим исрофи куйидагича ҳисобланади:

$$h_{\text{бўл}} = \frac{V_{\text{бўл}}^2 \cdot \text{tg}^2 \theta^0}{2g} \quad (44)$$

Бурилишдаги босим  $h_{\text{бур}}$  исрофини тезлик босимига нисбати қаршилик коэффициентига мос келади:

$$h_{\text{бур}} = \xi_{\text{бур}}^1 \cdot \frac{V_{\text{бўл}}^2}{2g} \quad (45)$$

5 насослар бир вақтда ишлаганда, аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмаларнинг қаршилик коэффициентларини йиғиндиси чеккадаги бўлинмалар учун  $\sum \xi_{\text{чек.ум}} = 1,07$  ва марказий бўлинма учун  $\sum \xi_{\text{ўр.ум}} = 0,064$ , куйидаги қаршилик коэффициентларнинг нисбати 16,7 га тенг ва умумий қаршилик коэффициенти  $\sum \xi_{\text{ум}} = 0,567$  га тенг. 1-вариант бўйича ишлайдиган 2 (1 + 2) насослар учун, чеккадаги бўлинмалар  $\sum \xi_{\text{чек.ум}} = 0,99$ , ўртадаги бўлинма учун  $\sum \xi_{\text{ум}} = 0,62$ : уларнинг нисбати 3,96 ва умумий қаршилик коэффициенти  $\sum \xi_{\text{ум}} = 0,62$ . Чеккадаги насос ишлаганда умумий қаршилик коэффициенти  $\sum \xi_{\text{чек.ум}} = 0,98$  ва марказий битта насос ишлаганда  $\sum \xi_{\text{ўр.ум}} = 0,51$  (3.1-расм).

Аванкамеранинг 2-варианти бўйича бир вақтнинг ўзида 5 насос ишлаганда чеккадаги бўлинмалар учун умумий қаршилик коэффициенти  $\sum \xi_{\text{чек.ум}} = 0,78$  ва ўрта бўлинма учун  $\sum \xi_{\text{ўр.ум}} = 0,162$ , уларнинг нисбати мос равишда 4,81 ва умумий қаршилик коэффициентининг йиғиндисини жами  $\sum \xi_{\text{ум}} = 0,471$  тенг.

1-вариантдаги аванкамерани 2 вариантдаги билан таққосланганда  $\sum \xi_{\text{чек.ум}}$  камаяди, аммо  $\sum \xi_{\text{ўр.ум}}$  ортади, умумий қаршилик коэффициенти  $\sum \xi_{\text{ум}} 0,096$  га камаяди, яъни 17 %. Ўрта ва чеккадаги бўлинмаларни қаршилик коэффициентини фарқи анча камаяди.

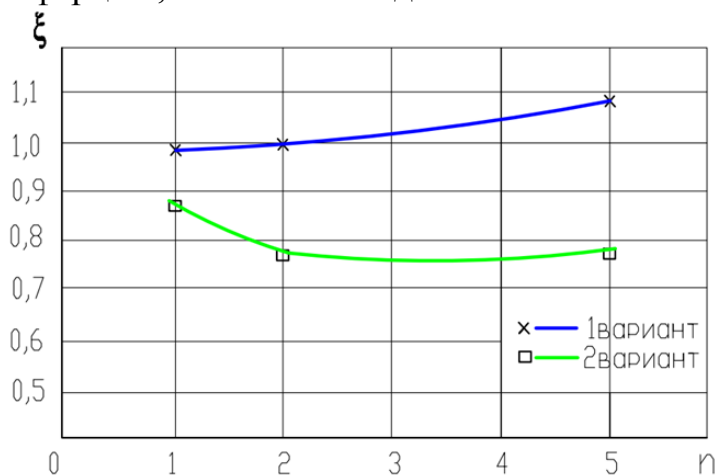
2 (1 + 2) насослар ишлаганда чеккадаги бўлинманинг умумий қаршилик коэффициентини йиғиндиси  $\sum \xi_{\text{чек.ум}} = 0,783$  ва ўртадаги бўлинманики  $\sum \xi_{\text{ўр.ум}} = 0,41$ , уларнинг нисбати 1,9 ва  $\sum \xi_{\text{ум}} = 0,563$  ташкил қилади.

1 вариантдаги аванкамера билан таққосланганда  $\sum \xi_{\text{чек.ум}}$  камаяди,  $\sum \xi_{\text{ўр.ум}}$  ортади, ҳамда умумий қаршилик коэффициенти 0,047 га ёки 8,1% га камаяди.

Шунингдек чеккадаги ва ўртадаги бўлинмалар орасидаги қаршилик коэффициентлар фарқи камайди. Аванкамерани 2 вариантыда чеккадаги битта насос ишлаганда умумий қаршилик коэффициенти 0,87 тенг, аванкамерани 1-вариантга нисбатан 0,11 га ёки 11,2% кам. Ўртадаги насос агрегати ишлаганда умумий қаршилик коэффициенти 0,63 тенг, 1 вариант билан таққосланганда 0,12 ортиқ (3.1-расм).

Бундан келиб чиқадики, насос станциянинг барча иш режимларида сув қабул қилиш бўлинмаларини эни кичайтирилганда аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмаларида гидравлик қаршиликларни камайишига олиб келади.

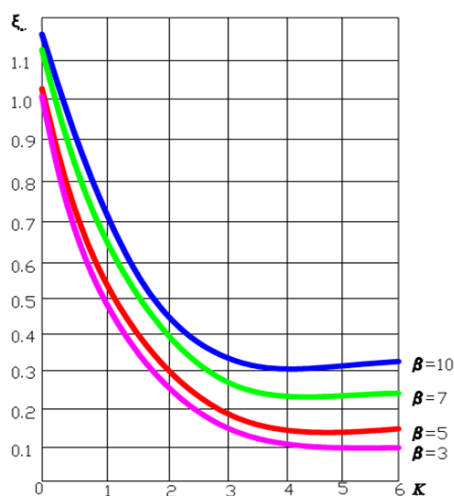
Аванкамеранинг биринчи варианты бўйича ҳисобий қаршилик коэффицентининг йиғиндисининг умумий қиймати  $\sum \xi_{ум} = 0,52$ , тадқиқот натижалари билан фарқи 0,567 ташкил этди, бу 8,1% ташкил этди, аванкамерани 2 варианты бўйича ҳисобий қиймати  $\sum \xi_{ум} = 0,412$ , тадқиқот натижалари 0,451 фарқи 8,6% ташкил этди.



**3.1-расм. 1 ва 2-вариант бўйича турли сондаги насослар ишлагандаги чеккадаги бўлинмалар учун қаршилик коэффицентлари**

Насос станцияларининг турли иш режимларида сув қабул қилиш бўлинмаларига кириши тўғри киришдагидан фарқ қилади. Насос агрегатларининг биргаликдаги ишлаш режимида, чеккадаги бўлинмаларга оқимнинг “қийшиқ” кириши ўртадаги бўлинмага нисбатан кўп, бу чеккадаги бўлинмаларга босим исрофини ортишига олиб келади.

Сув қабул қилиш бўлинмани ўлчамларини аниқлаш учун насоснинг сўриш қувурининг кириш қисмини шакли ва ўлчамларини аниқлаш талаб қилинади.



**3.2-расм.  $\xi_{тр}$  қаршилик коэффицентини  $\beta=3; 5; 7; 10$  тенг бўлганда  $K$  конуслик билан боғланиши**

$k$  ва  $\beta$  боғлиқ ҳамда  $\chi = const$  бўлганда Н.А.Грецов тавсия қилган қаршилик коэффицентини аниқлаш формуласидан фойдаланилади:

$$\xi_{кон} = \left[ \frac{2}{k} - \frac{\beta^2}{k(\beta - 0,294(\sqrt{k} - 1))^2} \right]^2 + \chi \frac{\sqrt{k+1}}{2} \sqrt{0,25(\sqrt{k}-1)^2 + \beta^2} \quad (46)$$

бу ерда: 
$$K = \left( \frac{D_{кур}}{d} \right)^2 = \frac{\omega_{кур}}{\omega_{чик}} ; \beta = \frac{\ell_{кон}}{d}$$

$\lambda$  – узунлик бўйича ишқаланиш коэффицентини.

(46) формуладан фойдаланишда қулай бўлиши учун 3.2 расмда  $\chi = 0,017$  тенглигида  $\xi_{кон} = f(k, \beta)$  графиги келтирилган. Темирли конфузорлар учун  $\chi$  коэффицентини 0,011...0,020 чегарасида қабул қилиш тавсия қилинади.

Сув қабул қилиш бўлинма энини  $b_{бўл} = 2D_{кур}$  дан  $1,2D_{кур}$  гача камайиши, чеккадаги бўлинмаларнинг босим исрофини 1,8 марта камайишига олиб келади, бу эса ўртадаги ва чеккадаги бўлинмаларни иш шароитларини яқинлаштиради.

Диссертациянинг **“Насос станцияларнинг сув олиш иншоотларини рационал конструкциясини ишлаб чиқиш”** деб номланган тўртинчи бобида ишлаётган насос станцияларнинг тадқиқот натижалари, сув қабул қилиш бўлинмадаги ўрнатилган оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мосламани тадқиқот натижалари, лойқа ювувчи мосламани гидравлик ҳисоблаш ва сув олиш иншоотидаги лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини аниқлаш усуллари келтирилган.

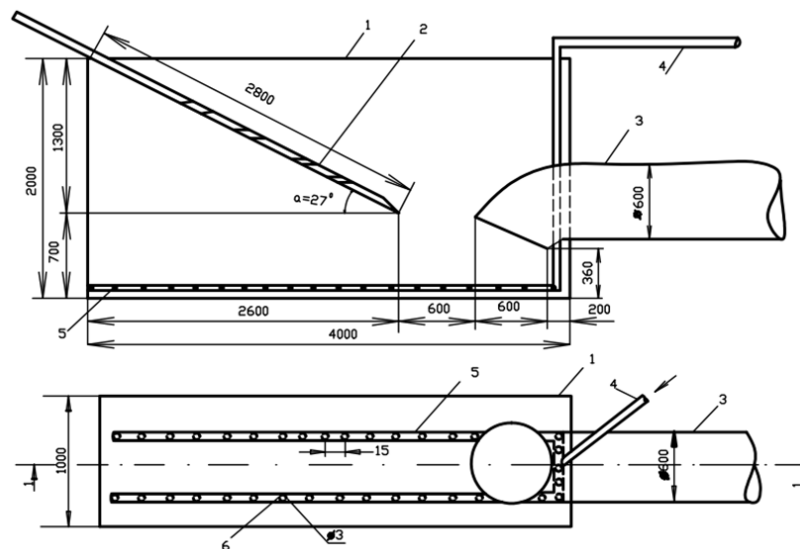
Насоснинг параметрик синовларини ўтказишдан мақсад, оқим йўналтирувчи деворчани лойқа ювувчи мосламани қўллаш ҳисобига насос агрегатини гидравлик ишлаш шароитини яхшилашдаги самарадорлигини аниқлаш, насоснинг ишчи характеристикасини қуриш билан унинг завод характеристикаси билан таққослаш. Лаборатория шароитида насос станция модели қурилмасида экспериментлар оқим йўналтирувчи деворча  $\mathcal{L} = 0, 30, 45^\circ$  ўрнатилган бурчакларда ўтказилди (4.1, 4.2, 4.3-расмлар).

Насос станцияда Д2000-34 русумли иккита насос агрегатлари ўрнатилган (18НДс  $n=750$  айл/мин) минимал сўриш баландлиги  $h_s = 0,5$  м. Сув қабул қилиш бўлинманинг ўлчамлари синаш учун, қуйидагича қабул қилинган:  $B_{бўл} = 1,65D_{кур}$ ;  $L_{бўл} = 6,5D_{кур}$ ;  $h_1 = 0,6D_{кур}$ ;  $h_2 = 0,725D_{кур}$ ;  $L_0 = 2,5D_{кур}$ ;  $\varphi = 27^\circ$ ;  $D_{кур} = 0,6$  м бу бўлинма узунлиги 4 м, эни 1 м, баландлиги 2 м тўғри келади. Тадқиқотлар учта вариант бўйича олиб борилган: 1 вариант – лойқа чўкканда, 2 вариант- бўлинма лойқадан ювилгандан кейин, 3 вариант-



бўлинмага оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мослама ўртатилганда.

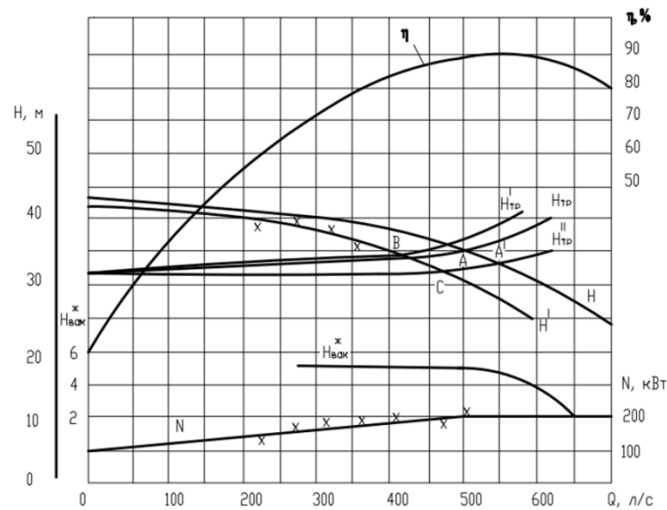
Насоснинг  $H = f(Q)$  ва қувурнинг  $H_{mp} = f(Q)$  гидродинамик характеристикасига насоснинг сув узатишини ўзгариши боғлиқлиги аниқланди, бу оқимдаги кўндаланг циркуляцияни ўзгариши ҳисобига содир бўлади.



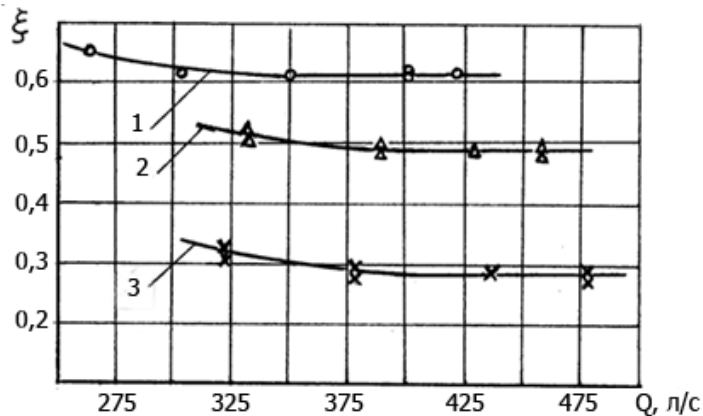
**4.1-расм. Оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мосламали сув қабул қилиш бўлинмаси**

Сув қабул қилиш бўлинмада оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мосламани қўллаш ҳисобига чўккан лойқалар ювилади, оқимни сўриш қувурига киришдаги гидравлик қаршиликлар камаяди, шунинг учун насоснинг сув узатиши 424 л/с дан 476 л/с ортади, яъни 52 л/с ортди (4.2-расм).

Лойқа чўккан бўлинма учун  $\xi$  қаршилик коэффиценти  $\xi=0,61$  ташкил қилди, лойқа ювилиши ҳисобига  $\xi=0,491$  тенг. Бўлинмага оқим йўналтирувчи деворчани лойқа ювувчи мослама билан ўрнатилганда сўриш қувурнинг қаршилик коэффиценти намунавий бўлинмага нисбатан 42,6 % камайди, лойқа чўккан бўлинмага нисбатан 55,3 %.



**4.2-расм. Д2000-34 (18НДс n=750 айл/мин) насоснинг лойихавий ишлаш режимини дала синов натижалари билан таққослаш:  $H, N, H_{вак}^{юс}$ ,  $\eta$ - завод характеристикаси бўйича босим, қувват, рухсат этилган сўриш баландлиги ва ФИК;  $H_{mp}$  – синов вақтидаги насоснинг ҳақиқий босим характеристикаси;  $H_{mp}$  – қувурнинг гидродинамик эгри чизиги:  $A$  – насоснинг лойихавий ишчи нуқтаси;  $B$  – сув қабул қилиш бўлинмасига лойқа чўккандаги насоснинг ишчи нуқтаси;  $C$  – оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мосламани сув қабул қилиш бўлинмасига ўрнатилганда насоснинг ишчи нуқтаси.**



**4.3 – расм. Д2000-34 (18НДс n=750 айл/мин) насоснинг сув узатишини сўриш қувурини қаршилиқ коэффициентига боғланиш графиги: 1 – лойқа чўкканда; 2 - бўлинма лойқадан ювилгандан кейи; 3 - бўлинмага оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мослама ўрнатилганда**

Ишлаб чиқилган сув қабул қилиш бўлинма оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мослама билан жиҳозланганда, дала тадқиқотлари натижаларига кўра насоснинг ФИК ортиши аниқланди:

$$\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1 = 9,81 \left( \frac{Q_2 H_2}{N_2} - \frac{Q_1 H_1}{N_1} \right) \cdot 100 = 9,81 \left( \frac{0,476 \cdot 34,5}{200} - \frac{0,424 \cdot 33}{184} \right) \cdot 100 = 5,9\%$$

бу ерда:  $Q_1$  ва  $Q_2$ ,  $H_1$  ва  $H_2$  - насоснинг мос равишда сув узатиши ва босими, бўлинмага оқим йўналтирувчи деворча ва лойқа ювувчи мосламани ўрнатишдан олдин ва кейин;

$N_1$  ва  $N_2$  - истеъмол қилинаётган қувват, намунавий ва ишлаб чиқилган бўлинма конструкцияси учун.

Лаборатория ва дала тадқиқот натижалари яхши мос келишини кўрсатди, ишлаб чиқилган конструкция бўйича насоснинг ФИК 5,9 % ва сув узатиши намунавий бўлинмага нисбатан 12,2 % ортди.

Оқим йўналтирувчи деворчани мавжудлиги оқимда кўндаланг циркуляцияга йўл қўймайди, ҳамда алохида циркуляцион оқимларни ювилиб кетишига ва оқим йўналтирувчи деворчадан кейинги тезликларни тенглаштиришга имкон яратади.

Аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмадаги чўккан лойқаларни лойқалаштириш вақтини аниқлаш, суюқлик билан тўлган муҳитга тирқишдан суюқликни оқиш назарияси асосида ишлаб чиқилган.

Сув олиш иншоотини юзаси туби бўйича қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$\omega_{с.и.} = n_{бўл} \cdot \omega_{бўл} + \omega_{ав} \quad (47)$$

бу ерда:  $n_{бўл}$  - сув қабул қилиш бўлинмалар сони;  $\omega_{бўл}$  - битта сув қабул қилиш бўлинмани юзаси;

$\omega_{ав}$  - аванкамера юзаси.

Сув олиш иншооти учун лойқа ювувчи мосламадаги тешикчалар сони қуйидаги нисбатдан ҳисобланади.

$$n_{тир} = \frac{\omega_{сув.ол.ин.}}{\omega_{оқим}} \quad (48)$$

бу ерда:  $\omega_{сув.ол.ин.}$  - сув олиш иншоотининг юзаси;  $\omega_{оқим}$  - оқимчаларнинг таъсир қиладиган юзаси.

Оқим сиртнинг баландлиги  $t$  вақт давомида  $y$  тенг, ҳамда оқим текис сиртининг  $S(y)$  юзаси ва  $\Delta t$  вақт ичида суюқлик сатҳи  $\Delta y$  қийматга ортади деб ҳисобланганда фараз қилинади.

$y = h + h_{чўк}$  қийматида чўқиндилар лойқалашади ва шу ҳолатга етиб келиши вақти қуйидаги тенгламадан аниқланади:

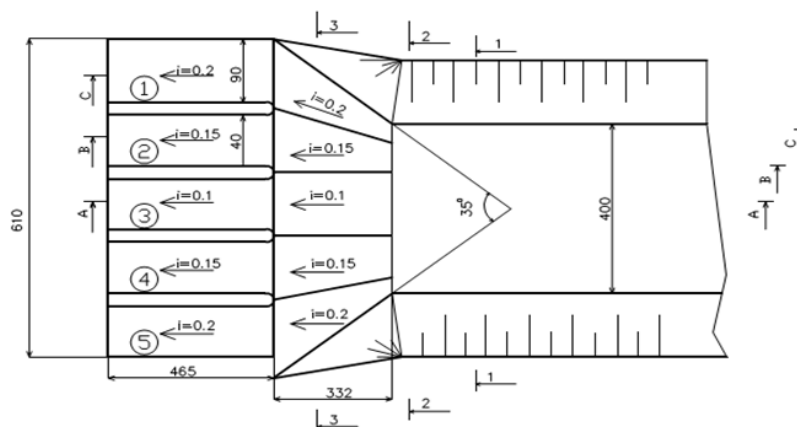
$$t = \frac{\frac{2}{5} \pi (6,8a)^2 \left( y^{\frac{5}{2}} - h^{\frac{5}{2}} \right)}{\mu \omega (2g)^{\frac{1}{2}}} \quad (49)$$

Насос станциянинг сув олиш иншоотига (49) қўллаш ҳисобига лойқа ювувчи мосламани ишлаш вақтини аниқлаш мумкин, бу эса ёрдамчи насос ишлаш учун кетган электр энергия миқдорини камайтиришга ва сув олиш иншоотини лойқадан тозалашга ва бунинг ҳисобига эксплуатация харажатларини камайишига имкон яратади.

Диссертациянинг “Полигонал кесим юзали аванкамерани гидравлик ишлаш режимини тадқиқоти” деб номланган бешинчи бобида полигонал кесим юзали аванкамерани гидравлик ишлаш режими, улардаги гидравлик қаршиликлар ва ишлаб чиқилган конструкцияни техник-иқтисодий самарадорлиги асосланган.

Аванкамерани туб қисмидаги оқимни фаоллаштириш ва сув қабул қилиш бўлинмаларига тенг тақсимланиши ҳамда унга кириш бурчагини камайтириш мақсадида сув олиш иншоотининг янги полигонал кесим юзали конструкцияси ишлаб чиқилган (5.1, 5.2, 5.3- расмлар).

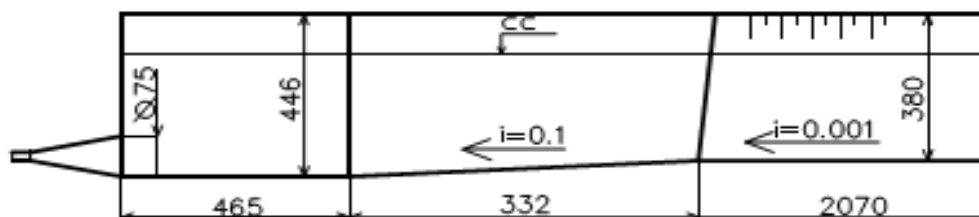
Ўртадаги 3-бўлинмага борувчи аванкамера тубининг бўйлама нишоблиги  $i=0,1$ , уни икки ёнидаги 2 ва 4-бўлинмаларга канал тубини боғланиш бўйлама нишоблиги  $0,15$ , чеккадаги 1 ва 5- бўлинмаларга канал тубини боғланиш бўйлама нишоблиги  $0,2$  қабул қилинган.



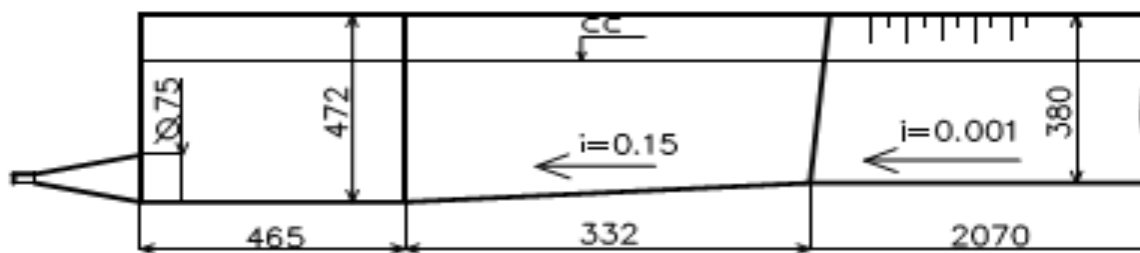
**5.1-расм. Полигонал кесим юзали аванкамеранинг режаси**

Бундан ташқари ҳар бир бўйлама туби кўндаланг нишобликка эга яъни ўртадаги 3-бўлинмани кўндаланг нишоблиги  $i_k=0$ , ўнг томонидаги 1 ва 2-бўлинмаларни кўндаланг нишоблиги чап томонга  $i_k=0,1$ , чап томонидаги 4 ва 5 бўлинмаларни кўндаланг нишоблиги  $i_k=0,1$  тенг. Аванкамерани пландаги кенгайиш бурчаги  $\alpha=35^\circ$  ва сув қабул қилиш бўлинмани эни  $v_{бўл} = 1,2D_{кур}$  тенг қилиб қабул қилинган.

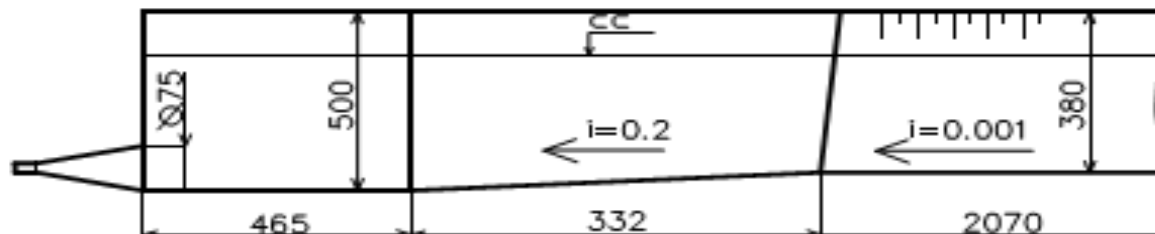
А – А қирқими



В – В қирқими

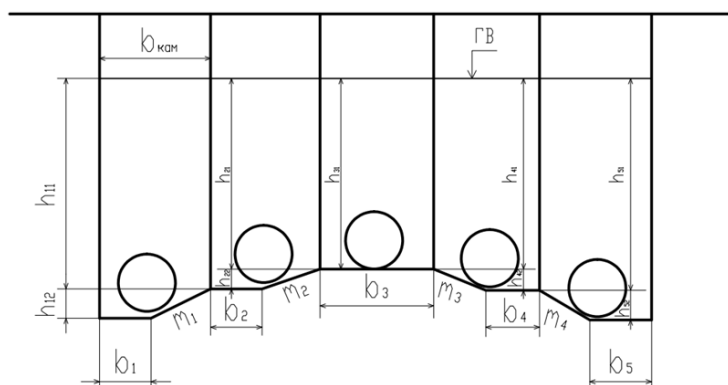


С – С қирқими



5.2-расм. Полигонал кесим юзали аванкамеранинг бўйлама кесимлари

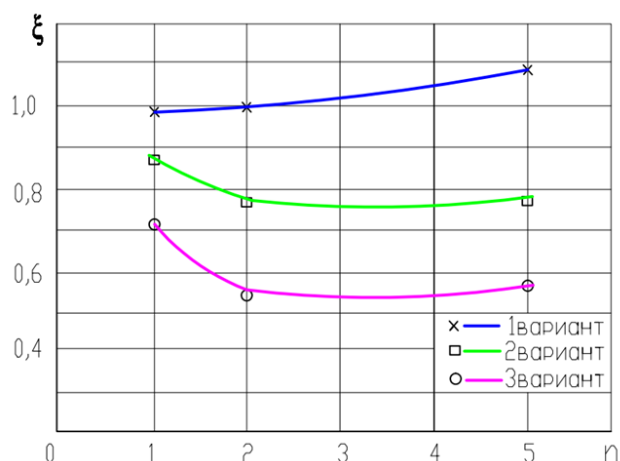
3 – 3 кесим



5.3-расм. Полигонал кесим юзали аванкамерани кўндаланг кесими

Олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатдики 5 та насослар ишлаган ҳолда 3-вариантда чекка бўлинманинг умумий қаршилик коэффициенти  $\Sigma \xi_{ум,ч} = 0,567$  ва 2-вариантда эса  $\Sigma \xi_{ум,ч} = 0,7$  га тенг яъни қаршилик коэффицентини камайиши  $\Delta \Sigma \xi_{ум,ч} = 0,139$  ни ташкил этди. Ўрта бўлинмада 3-вариантда  $\Sigma \xi_{ум,ўр} = 0,16$  ва 2-вариантда  $\Sigma \xi_{ум,ўр} = 0,158$  яъни ўзгариши сезиларли эмас.

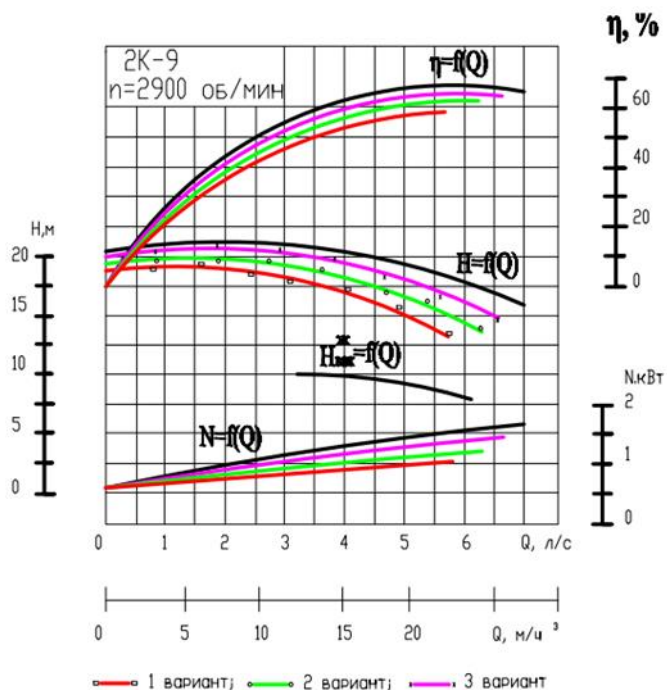
Қаршилик коэффициенти йиғиндиси  $\Sigma \xi_{ум} = 0,363$  3-вариантда ва  $\Sigma \xi_{ум} = 0,429$  2-вариантда, камайиши  $\Delta \Sigma \xi_{ум} = 0,066$  га тенг (5.4-расм).



**5.4-расм. Ишлаётган насослар сонига қараб аванкамеранинг қаршилик коэффицентлари**

Қаршилик коэффиценти яъни босим исрофларини аванкамера- бўлинма участкасида камайиши асосан чеккадаги бўлинмаларга оқимни кириш ҳолати яхшиланиши ҳисобига бўлади.

Оқимни ҳам режада, ҳам вертикал кенгайиши аванкамера тубидаги оқимни фаоллаштиради, транзит оқимни кенгайиш даражаси ва тезликни пасайиш даражасини камайтиради ва унда лойқа чўкишига қаршилик кўрсатади. Тажрибалар ўтказиш давомида насосларнинг сув узатиши ва босимлари ўлчанган. 5 та насос баробар ишлаганда, ўртадаги 3-насосни сув узатиши  $0,0051 \text{ м}^3/\text{с}$ , 2 ва 4-насосларда  $0,00498...0,00504 \text{ м}^3/\text{с}$ , 1 ва 5- насосларда  $0,00478$  ва  $0,00481 \text{ м}^3/\text{с}$  тенглиги аниқланди (5.5-расм).



**5.5-расм. Сув қабул қилиш бўлинмани жойланишига қараб 2К-15/20 насоснинг характеристикаси**

Демак аванкамерадаги оқимни сув қабул қилиш бўлинмаларининг тубидан киришдаги оқимни тенг тақсимланиши ва киришдан бурилиш

бурчагини камайиши ҳисобига сўриш қувур кириш қисмини олдида оқимдаги кўндаланг циркуляция йўқолиб, оқимни тарқалиш тезлиги тенглашади ва гидравлик қаршилиқлар камаяди. Шу сабабли 3-насосни сув узатиши ўзгармайди, лекин 1 ва 5 насослар 3-насосга нисбатан 5,7...6,3 % 2 ва 4 насослар эса, 1,2...2,4 % кам сув узатади. Учинчи вариантда чеккадаги 1 ва 5 насосларнинг сув узатиши иккинчи вариантга нисбатан 4,9...6,3 % , биринчи вариантга нисбатан 9,4...10,3 % ортади.

Ишлаб чиқилган полигонал кўндаланг кесимли аванкамерада сув уюрма зоналарини бўлинмага кириш бурчагини камайиши ва тубидан кириш ҳисобига циркуляцион жараён камаяди, бунинг натижасида чеккадаги насосларнинг сув узатиши ўртадаги насоснинг сув узатишига яқинлашади ва ўртадаги насоснинг 94,5 % ташкил қилади.

Насос станцияларни бўлинмаларни сув олиш иншоотларини мавжуд ва ишлаб чиқилган аванкамерани конструкцияси таққосланганда, мавжуд Д12500-24(48Д-22) насослар билан жиҳозланган тўққиз агрегатли “Оби-Ҳаёт” НС таъкомиллашган аванкамерани конструкцияси қўлланилиши ҳисобига, кутилаётган йиллик иқтисодий самара 26,07 млн. сўмни ташкил қилди.

## ХУЛОСАЛАР

«Насос станцияларининг ўзгарувчан поғонали сув узатишида оқим тақсимланишини мақбуллаштирувчи аванкамеранинг назарий ва амалий ҳисоблаш усуллари» мавзусидаги докторлик (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Аванкамерани катта ўлчамларда бўлиши унда катта ўлчамдаги сув уюрмалари ҳосил бўлишига ва лойқа чўкишига олиб келади. Бу жараён насос станциянинг барча иш режимларида, айниқса насосларнинг бир қисми тўхтаб турган ҳолатда кенг намоён бўлади. Аванкамерани ўлчамлари энг аввало сув қабул қилиш бўлинмалари эни ўлчамлари  $b_{бўл}$ , аванкамеранинг кенгайиш бурчаги  $\alpha^\circ$  ва сўриш қувурнинг кириш қисмини сувга ботирилган баландлиги  $h_2$  билан аниқланади.

2. Сув қабул қилиш бўлинма эни  $b_{бўл} = 2D_{куп}$  дан  $1,2D_{куп}$  гача камайганда, сув олиш fronti узунлиги  $B_{фр}$  ва аванкамерани узунлиги тахминан 2 маротабага ва сув уюрмалари ҳажми 2,5...3 марта қисқаради. Бу ўз навбатида лойқа чўкиш даражасини камайтириш имкониятини беради.

3. Сув олиш иншооти ўлчамларини камайиши сув қабул қилиш бўлинмаларига оқимни кириш шароитини ҳамда сўриш қувурдаги босим исрофини ўзгартиради. Бўлинма эни  $b_{бўл} = 2D_{куп}$  дан  $1,2D_{куп}$  гача ўзгариши, бўлинмага оқимни кириш шароитини яхшилайти, бўлинмага оқимни қия “қийшиқ” кириш ҳисобига ҳосил бўладиган сув уюрма зоналари ва чеккадаги бўлинмаларда босим исрофлари камаяди, бу эса чеккадаги бўлинмаларни ишлаш шароитлари мувозанатлаштиради.

4. Олинган экспериментал тадқиқотлар натижалари асосида полигонал кўндаланг кесимли аванкамерани гидравлик ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган.

5. Полигонал кесим юзаси сув олиш иншооти қўлланганда, оқимни барча бўлинмаларга тўғри зарбасиз тубидан кириши таъминланади, босим исрофи камаяди ва оқимни “қийшиқ” киришидаги сув уюрмалари ҳосил бўлишини олди олинади.

6. Полигонал кесим юзаси сув олиш ишоотини лойиҳалашда кўп миқдорли чўкинди бўлган суғориш сувини узатишда қуйидаги ўлчамларни қабул қилиш тавсия қилинади:

а) сувни сўриш қувурига кириш тезлиги  $0,8...1\text{ м/с}$  бўлганда, сув қабул қилиш бўлинмани эни  $v_{\text{бўл}} = (1,1...1,2)D_{\text{қур}}$ ;

б) сўриш қувури кириш қисмини сув сатҳидан минимал ботирилиш чуқурлиги  $h_2 = 0,6D_{\text{қур}}$ ;

в) сув келтириш каналдаги оқим тезлиги  $0,7...1,0\text{ м/с}$  бўлганда аванкамерани марказий кенгайиш конуслик бурчаги  $\alpha = 35...45^\circ$ ;

г) ўртадаги 3-бўлинмага борувчи аванкамера тубининг бўйлама нишоблиги  $i=0,1$ , уни икки ёнидаги 2 ва 4-бўлинмаларга канал тубини боғланиш бўйлама нишоблиги  $0,15$ , чеккадаги 1 ва 5- бўлинмаларга канал тубини боғланиш бўйлама нишоблиги  $0,2$  қабул қилинган, бундан ташқари ўртадаги 3-бўлинмани кўндаланг нишоблиги  $i_k=0$ , ўнг томонидаги 1 ва 2- бўлинмаларни кўндаланг нишоблиги чап томонга  $i_k=0,1$ , чап томонидаги 4 ва 5 бўлинмаларни кўндаланг нишоблиги  $i_k=0,1$  тенг.

7. Таклиф этилаётган полигонал кесим юзаси сув олиш иншоотининг аванкамерасида сув уюрмалари ҳосил бўлиши қисқариши, бўлинмаларга оқимни кириш бурчагини камайиши ва тубидан кириши натижасида унда циркуляция ҳосил бўлиш жараёнини пасайиши сабабли чеккадаги насосларнинг сув узатиш миқдори ўртадаги насоснинг сув узатишига яқинлашади ва ўртадаги насоснинг сув узатиш миқдорини  $94,5\%$  ташкил этади.

8. Иккинчи вариант билан таққосланганда, чеккадаги насослар учинчи вариантда  $4,9...5,3\%$  кўп ва биринчи вариантдагига нисбатан  $9,4...10,3\%$  ортиқ сув узатади.

9. Сув олиш иншоотларининг 1, 2 ва 3 – вариантлар бўйича қурилиш баҳолари таққосланганда, бир – биридан катта фарқ бўлмайди. Аванкамерани гидравлик қаршиликларини камайиши натижасида учинчи вариант бўйича сув узатиши ва ФИК ортади, йиллик эксплуатация ҳаражатларини қисқаришига имконият яратади.

10. Ишлаб чиқилган полигонал кўндаланг кесимли аванкамера конструкцияси бўйича лабораторияда олинган натижалари ва ҳисоблар чеккадаги насосларни сув узатиши  $8,31\%$  ва ФИК  $5,2\%$  базовий конструкцияга нисбатан ортиши аниқланди. Таклиф қилинган тадбирларни тадбиқ қилиш ҳисобига мавжуд Д12500-24(48Д-22) насослар билан жиҳозланган тўққиз агрегатли “Оби-Ҳаёт” НС такомиллашган аванкамерани конструкцияси қўлланилиши ҳисобига, кутилаётган йиллик иқтисодий самара  $26,07$  млн. сўмни ташкил қилди.



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

---

**АНДИЖАНСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И  
АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

**ШАКИРОВ БАХТИЯР МАХМУДОВИЧ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА  
РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА В АВАНКАМЕРЕ  
НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**

**05.09.06 - Гидротехническое и мелиоративное строительство**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2020**

Тема диссертации доктора наук (DSc) по техническим наукам зарегистрирована в этой аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2018.1.DSc /T211

Диссертация выполнена в Андижанском институте сельского хозяйства и агротехнологий.

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

**Научный консультант:**

**Мамажонов Махмуджон**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Гловацкий Олег Яковлевич**  
доктор технических наук, профессор

**Жонкобилов Улугмурад Умбарович**  
доктор технических наук, доцент

**Эргашев Рустам Рахимович**  
доктор технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «11» декабрь 2020 г. 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 по адресу: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязий, 39, тел. (+99871)-237-22-67, 237-22-09, факс: 237-54-79, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz).

С докторской диссертацией (DSc) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер 841 Адрес 100000, г. Ташкент, Кары Ниязий, 39, тел. (+99871)-237-19-45, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)

Автореферат диссертации разослан «22» ноябрь 2020 г.  
(протокол рассылки № 141 от «2» 12 2020 г.)



**Т.З.Султонов**  
Председатель научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**А.А.Янгиев**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

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

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации (DSc) )**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Одной из актуальных задач является обеспечение продовольственной безопасности населения за счёт обеспечения необходимой потребности сельскохозяйственных культур в орошаемой воде. «В мире сельскохозяйственная продукция выращивается на площади 4 млрд 886,3 млн. гектаров, из которых на 43,2 процентах земель для орошения культур используются системы насосных станций»<sup>1</sup>. В этом направлении, в мире для обеспечения орошаемых площадей поливной водой большое внимание уделяется повышению эффективности эксплуатации насосных станций оросительных систем, достигнуты определённые успехи в США, Канаде, Японии, Германии, России, КНР и других развитых странах.

В мире особое внимание уделяется научным исследованиям, направленным на совершенствование систем машинного водоподъёма, вопросам проектирования водоприёмных сооружений и повышения эффективности их эксплуатации, разработке конструктивных мероприятий по обеспечению экономии водных, энергетических и материальных ресурсов. В этом направлении, исследования водоприёмных сооружений по равномерному распределению потока, по разработке конструкций аванкамеры обеспечивающей близкую к проектной подачу крайних насосов, обеспечение не заиливания водоприёмных сооружений, разработка математической модели, алгоритма и программы расчета на ЭВМ для оценки структуры потока в различных режимах работы насосной станции, а также компьютеризированной системы мониторинга работы аванкамеры являются одними из важных задач.

В настоящее время в республике проводятся широкомасштабные мероприятия, направленные на повышение эффективности эксплуатации и реконструкции насосных станций оросительных систем, модернизации устройств и технологий по обеспечению эффективности их работы. В Стратегии действий на 2017-2021 годы по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отмечены задачи, в том числе, «...снижение расхода энергии и ресурсов для повышения конкурентоспособности национальной экономики, развитие сетей мелиоративных и ирригационных объектов»<sup>2</sup>. Для выполнения поставленных задач, актуальное значение приобретает проведение научно-исследовательских работ, направленных на разработку рационального использования насосных станций оросительных систем, вопрос обеспечения равномерного растекания потока в аванкамере для обеспечения проектной подачи и предотвращения работы насосов в кавитационном режиме, разработка конструктивных мероприятий по предотвращению заиливания, проектирования конструкций водоприёмных сооружений и разработка совершенных способов их эффективного использования.

<sup>1</sup>[www.amm.org.ua/Понятие и состав земель сельскохозяйственного назначения. https://www.zerno-ua.com/journals/2010](http://www.amm.org.ua/Понятие_и_состав_земель_сельскохозяйственного_назначения._https://www.zerno-ua.com/journals/2010).

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7-февраля 2017 года «Стратегия дальнейшего развития Республики Узбекистан».

Настоящая диссертационная работа в определенной степени служит для выполнения поставленных задач в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 17 апреля 2018 года № УП-5418 «О мерах по коренному совершенствованию системы управления сельского и водного хозяйств», в Постановлениях от 25 сентября 2017 года № ПП-3286 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», от 27 ноября 2017 года № ПП-3405 «О Государственной программе улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель и развития ирригации в 2018-2019 годы», а также в других нормативно-правовых документах относящихся к данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Рациональное природопользование и экология».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>3</sup>.** В настоящее время проводятся широкомасштабные научно-исследовательские работы по повышению эффективности эксплуатации и совершенствования конструкции водоприёмных сооружений насосных станций ведущими научными центрами и высшими учебными заведениями, в том числе Department of Mechanical Engineering university of Ottawa (Канада), Department of Elektrical und Computer Engineering Texas University (США), Chuntsin University, Wuhan University (Китай), Wageningen University (Голландия), Universität Hohenheim (Германия), Московская государственная сельскохозяйственная академия, Российский научно-исследовательский институт мелиорации и гидротехники, Московский государственный строительный университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет, Научный технический центр АО «Узбекэнерго», Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ), научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (Узбекистан).

В результате проводимых исследований в мире по способам расчёта равномерного растекания потока и совершенствованию конструкции водоприёмных сооружений насосных станций при проектировании получены способы обеспечения равномерного растекания потока на основе составления компьютерной программы Wuhan University (Китай), улучшение гидравлических характеристик аванкамеры и водоприёмных камер, проведен анализ рабочих процессов в системе водоподачи, разработаны конструктивные мероприятия повышения гидравлических условий работы водоприёмных сооружений, усовершенствованы водоприёмные сооружения насосных станций

---

<sup>3</sup>Обзор международных научных исследований по теме диссертации разработана на основе: <http://www.ece.utexas.edu/>; <http://international.cqu.edu.cn/>; <http://en.whu.edu.cn/>; <http://www.wur.nl/>; <https://www.uni-hohenheim.de/>; <http://ieek.timacad.ru/>; <http://www.vniig.rushydro.ru/>; <https://www.tyuiu.ru/> и др.

и достигнуты определенные положительные результаты по повышению их гидравлических условий работы (Россия, Узбекистан и Украина).

В мире проводится ряд научных исследований по созданию расчётных способов равномерного растекания потока в водоприёмных сооружениях, по разработке конструктивных мероприятий по обеспечению равномерного растекания потока в аванкамере насосных станций, в том числе разработка программ вычисления на ЭВМ гидравлических условий работы при проектировании водоприёмного сооружения, совершенствование технологии и техники очистки наносов, обеспечение нормального уровня воды в аванкамере, разработка новых рациональных конструкций для улучшения гидравлических характеристик водоприёмных сооружений.

**Степень изученности проблемы.** В настоящее время проблемы, связанные с повышением эффективности эксплуатации насосных станций, совершенствования конструкции водоприёмных сооружений и внедрения современных методов проектирования с учётом возрастающего дефицита оросительной воды подробно отражены в научных работах и получены положительные результаты рядом исследователей, в том числе В.Dhillon (Department of Mechanical Engineering University of Ottawa. Kanada), Ch.Singh (Университет Техаса, США), Керр, Розенберг, Расмуссен, Р.Стюарта (Германия), К.Бари, Э.Барлоу, А.Биролини, Дж.Фране, Торнли Дж. Омари, А.Буззони (Италия), Отогаро Мийаги, Д.Конди, Г.Тойкура, Н.Кубата, М.Мураками, Х.Кумамото (Япония), Рата (Индия), Д.Т.Гаевика (Швейцария), Б.Момчилов, Б.Попов (Болгария), В.В.Рычагов, Н.Н.Накладов, В.В.Буренина, А.И.Степанов, Г.Г.Еникеев, В.Я.Карелин, М.И.Бальзанников, В.В.Елистратов, Е.Т.Зайченко, В.И.Виссарионов, О.Н.Померанцев (Россия), Ш.Х.Рахимов, О.Я.Гловацкий, С.И.Кеберле, М.Мамажонов, М.М. Мухаммадиев (Узбекистан) и другие. В области гидротехнического строительства много внимания уделено вопросам теории эксплуатации гидротехнических сооружений. В этом направлении научные исследования провели Ц.Е.Мирцхулава, И.Н.Ивашенко, В.С.Пепоян, С.Г.Шульман, Д.В.Стефанишин, О.М.Финагенов (Россия), М.М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Т.З.Султанов, А.А.Янгиев (Узбекистан) и другие.

С созданием и усовершенствованием конструкции водоприёмных сооружений, вопросами их эффективной эксплуатации занимались Т.В.Гавриленко, А.М.Магомедов, С.А.Петухов, А.Л.Рахманов, В.А.Солнышков, В.В.Баженов, И.Э.Махмудов. В научных исследованиях К.Р.Аллаева, О.Я.Гловацкого, Ш.Х.Рахимова, Т.С.Камалова, М.М.Мухаммадиева, М.М.Мамажанова, Р.Р.Эргашева разработаны рекомендации по повышению эффективности эксплуатации насосных станций. В научно-исследовательские работы по вопросам применения методов вычислительной гидравлики открытых потоков большой вклад внесли Дж. Стокер (США), М. Эббот, Ж. Кюнж, П. Гластер (Англия), О.Ф. Васильев, Н.Е. Вольцингер, Р.В. Пясковский, Л. В. Овсянников, В.М. Лятхер, А.Н. Милитеев, М.Т. Гладышев, К.В. Гришанин, И.А. Шеренков, А.Н. Милитеев (Россия), О.М.Арифжанов и Д.Р.

Базаров (Узбекистан). В результате проведенных исследований по улучшению гидравлических условий работы водоприёмных сооружений насосных станций разработаны конструкции аванкамеры для создания равномерного распределения потока (Болонья, Италия), созданы конструкции аванкамеры с криволинейным фронтом водозабора (Московская сельскохозяйственная академия, Россия), разработаны методики гидравлического расчёта аванкамеры с прямым и обратным уклоном, математические модели по определению основных характеристик потока (Бордо, Франция и Московская сельскохозяйственная академия, Россия).

В настоящее время в республике, несмотря на достигнутые успехи в этом направлении, существуют проблемы требующие решения, потому что существующие методы расчёта равномерного растекания потока в аванкамере требуют уточнений, так как не удалось получить ожидаемые результаты при проектировании водоприёмных сооружений. Недостаточно изучены условия предупреждения отложения наносов в аванкамере и водоприёмных камерах, обеспечение проектной подачи крайних насосов, совершенствование технологии и техники очистки от наносов, учета состава и размера отложения наносов, а также обеспечения нормального уровня воды в аванкамере при неустановившихся процессах.

**Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов по темам научно-исследовательских планов Андижанского филиала Ташкентского государственного аграрного университета по темам прикладных проектов КХА-7-048 «Разработка способа повышения эффективности эксплуатации водоприёмных сооружений насосных станций оросительных систем» (2012-2014) и КХА-7-054-2015 «Разработка нового способа против заилиения водоприёмных сооружений насосных станций» (2015-2017)

**Цель исследования** состоит в повышении эффективности эксплуатации насосных станций за счёт совершенствования способов расчётного обоснования равномерного растекания потока в аванкамере насосной станции, разработки научно-обоснованных способов выявления рациональных режимов работы и разработка конструктивных мероприятий по улучшению гидравлических условий растекания потока в аванкамере.

**Задачи исследования:**

совершенствование теоретических и практических методов расчёта равномерного растекания потока в аванкамере насосной станции;

разработка конструкции полигонального поперечного сечения аванкамеры для обеспечения равномерного растекания потока в аванкамере насосной станции;

совершенствование методики гидравлического расчёта нанососмывающего устройства в аванкамере и водоприёмной камере насосной станции;

совершенствование методики расчёта времени работы

нанососмывающего устройства в водоприёмном сооружении;

разработка методики расчёта оптимальных геометрических параметров водоприёмной камеры и диаметра входной части всасывающего трубопровода.

**Объект исследования:** в качестве объекта исследований приняты подводный канал, аванкамера и водоприёмные камеры насосных станций оросительных систем с расположенными в них всасывающими трубопроводами насосов.

**Предмет исследования:** равномерное растекание потока в аванкамере, гидравлические условия работы аванкамеры, гидравлические сопротивления в аванкамере, водоприёмной камере и входной части всасывающего трубопровода насоса и мероприятия по обеспечению равномерного растекания потока в аванкамере.

**Методы исследования.** В процессе исследований использованы общепринятые стандартные методы лабораторно-стендовых испытаний насосов, методы математического и гидравлического моделирования, методы статистической обработки результатов и создания математических моделей на основе законов гидромеханики.

**Научной новизной исследований** являются следующие:

усовершенствованы теоретические и практические методы расчёта равномерного растекания потока в аванкамере насосной станции на основе уравнений Сен-Венана;

разработана конструкция аванкамеры полигонального поперечного сечения, с учётом равномерного растекания потока в аванкамере и благоприятного условия подвода потока к водоприёмным камерам;

усовершенствован метод гидравлического расчёта нанососмывающего устройства в водоприёмном сооружении с учётом взмучивания отложения наносов в аванкамере и водоприёмной камере насосной станции;

усовершенствован метод расчёта времени работы нанососмывающего устройства в водоприёмном сооружении с учётом взмучивания отложения наносов в аванкамере и водоприёмной камере;

разработан метод расчёта оптимальных параметров водоприёмной камеры насосной станции и диаметра входной части всасывающего трубопровода насоса на основе минимальных гидравлических потерь напора на входе.

**Практические результаты исследования** состоят в следующем:

усовершенствован метод расчёта равномерного растекания потока в аванкамере насосной станции с учётом изменения уровней воды и расходов в аванкамере, для создания благоприятных условий подвода потока к крайним камерам;

разработана конструкция аванкамеры оросительной насосной станции обеспечивающая безударный вход потока в камеры, уменьшающая потери напора и образование водоворотных зон в водоприёмном сооружении;

усовершенствован метод гидравлического расчёта нанососмывающего устройства при условии сохранения заданной величины свободного напора за счёт ограничения потерь напора по длине устройства;

усовершенствован метод установления времени работы нанососмывающего устройства с учётом объёма жидкости покидающего устройство и напора, при изменении смыва отложения наносов в водоприёмном сооружении;

разработан метод расчёта размеров водоприёмной камеры насосной станции и диаметра входной части всасывающего трубопровода за счёт уменьшения потерь напора при входе потока в водоприёмные камеры и всасывающий трубопровод насосного агрегата.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований обосновывается сопоставлением результатов теоретических и экспериментальных исследований; использованием общих законов гидравлики и апробированных математических способов разработки основных теоретических соотношений; адекватностью рекомендуемых методик расчёта нанососмывающего устройства на смыв наносов с полученными данными в лабораторных и натуральных условиях; сравнительной проверкой с результатами других исследователей.

**Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.** Теоретическая значимость результатов исследований заключается в совершенствовании метода расчёта равномерного растекания потока в аванкамере насосной станции, совершенствовании методики гидравлического расчёта нанососмывающего устройства в водоприёмном сооружении с учётом взмучивания отложения наносов в аванкамере и водоприёмной камере, совершенствовании методики расчёта времени работы нанососмывающего устройства в водоприёмном сооружении с учётом смыва отложения наносов из аванкамеры и водоприёмной камеры, а также в разработке методики расчёта параметров водоприёмной камеры и входной части всасывающего трубопровода насоса, обосновывается с учётом минимальных гидравлических потерь.

Практическая значимость результатов исследований заключается в достижении ресурсосбережения при проектировании водоприёмных сооружений на основе обеспечения равномерного растекания потока в аванкамере и смыва отложения наносов с помощью струенаправляющей стенки при перекачивании оросительной мутной воды, повышении эффективности эксплуатации насосных станций за счёт увеличения подачи крайних насосов, в результате применения аванкамеры полигонального поперечного сечения и нанососмывающего устройства, снижении гидравлических потерь напора в водоприёмном сооружении.

**Внедрение результатов исследования.** На основе совершенствования способов гидравлического расчёта равномерного растекания потока в водоприёмном сооружении насосной станции:

усовершенствованная конструкция аванкамеры полигонального поперечного сечения для обеспечения равномерного растекания потока внедрена в процесс проектирования в проектно-институте “SUVLOYINA” в государственном унитарном предприятии Ферганской области при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства



№03/25-4361 от 12 ноября 2019 года). В результате стало возможным повышение подачи крайних насосных агрегатов, что составляет по сравнению с подачей центрального насоса 94,5 %;

нанососмывающее устройство в аванкамере и водоприёмной камере оросительной насосной станции внедрено на насосной станции «Уйчи» Уйчинского района в управлении областной насосной станции и энергетики при Нарын-Сырдарьинском бассейновом управлении ирригационных систем при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства №03/25-4361 от 12 ноября 2019 года). В результате за счёт смыва отложения наносов и изменения угла входа потока во всасывающий трубопровод, уменьшаются гидравлические сопротивления, возрастает подача насосов на 5,0...5,5 % и коэффициент полезного действия на 5,9 %;

метод определения времени работы нанососмывающего устройства в аванкамере и водоприёмной камере насосной станции внедрен на насосной станции «Кўк-гумбаз» Андижанского района в управлении областной насосной станции и энергетики при Нарын-Карадарьинском бассейновом управлении ирригационных систем при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства №03/25-4361 от 12 ноября 2019 года). В результате достигнуто повышение ресурсосберегаемости на 2,3...4,5 % вследствие обеспечения нормального режима работы насосной станции «Кўк-гумбаз»;

метод определения конструктивных размеров водоприёмной камеры насосной станции и входного сечения всасывающего трубопровода насосного агрегата внедрен в процесс проектирования «Андижон лойиха-кидирув экспедицияси» общества с ограниченной ответственностью Андижанской области (справка Министерства водного хозяйства №03/25-4361 от 12 ноября 2019 года). В результате создана возможность улучшения гидравлических характеристик водоприёмных сооружений, уменьшения строительных и эксплуатационных расходов, и повышения подачи крайних насосов на 2,8...3,3 %.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования ежегодно положительно оценивались специальной апробационной комиссией, созданной Андижанским филиалом Ташкентского государственного аграрного университета. Результаты исследования были заслушаны и одобрены в 11 международных, республиканских и институтских конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 44 научных работ, из них 14 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора наук (DSc), в том числе 11 статей на республиканских, 3 статьи на международных журналах, 11 на международных конференциях и 1 на международном научном форуме, 17 на республиканских конференциях, а также 1 рекомендация (5 статей зарегистрированных на базе Scopus).

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа написана на 200 страницах, состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность диссертационной темы на основе выполненных исследований в Узбекистане и в мире, сформулированы цель и задачи работы, объект и предмет исследований, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Приведены научная новизна и практические результаты, достоверность результатов исследований, освещены теоретическая и практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследования в практику, опубликованность результатов и сведения по структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния эксплуатации водоприёмных сооружений оросительных насосных станций»** приведен анализ научно-исследовательских работ связанных с водоприёмными сооружениями насосных станций оросительных систем.

В находящихся в эксплуатации насосных станциях не обеспечивается равномерный подвод потока к крайним водоприёмным камерам, вследствие чего происходит заиливание и уменьшение подачи крайних насосов ниже проектных на 8...12%. Поэтому в мире и Узбекистане ведутся исследования и разрабатываются конструктивные мероприятия для улучшения условий растекания потока в аванкамере и уменьшения отложения наносов.

Отложение наносов происходит в водоворотных зонах и объём отложения наносов в отдельных случаях достигает до 60% объёма аванкамеры. Очистка аванкамеры от отложения наносов оказывается малоэффективной, так как процесс заиливания после её очистки опять повторяется. Из-за “косого” входа потока в водоприёмные камеры происходит образование вихревых воздушных воронок, часто с подсосом воздуха. Все эти явления ухудшают гидравлические условия и структуру потока, что воздействует на лопасти рабочего колеса насоса, испытывают переменное воздействие потока, дополнительные нагрузки и вибрации, при этом подача насоса снижается, а нагрузка на подшипники увеличиваются.

Для решения проблемы разработаны аванкамеры с обратным уклоном дна, а также с криволинейным по фронту водоприёмных камер, установкой направляющих продольных или поперечных стенок в аванкамере и водоприёмных камерах и др. Для крупных насосных станций рекомендуется проведение гидравлических исследований на модельной установке для выбора конкретных конструктивных мероприятий на основании технико-экономических расчетов.

Анализ проведённых исследований по улучшению условий работы насосных агрегатов выявил, что вопрос можно решить усовершенствованием формы аванкамеры, обеспечивающий благоприятный равномерный подвод потока к каждой водоприёмной камере и воздействием на поток в

водоприёмной камере или во всасывающем трубопроводе с целью создания равномерного безциркуляционного поля скоростей перед рабочим колесом насоса, на основе выше приведённого анализа обозначены цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации «Теоретические исследования гидравлических характеристик водоприёмных сооружений полигонального профиля» рассмотрены вопросы по разработке математического и численного моделирования движения водного потока в водоприёмных сооружениях насосных станций.

При решении практических задач гидравлики открытых потоков одним из ключевых моментов является использование того принципиального факта, что двумерные нестационарные уравнения Сен-Венана достаточно хорошо описывают не только плавно изменяющиеся, но и резко изменяющиеся течения с образованием отрывных (циркуляционных) зон.

Потери импульса, связанные с внезапными расширениями русла, внезапными перепадами отметок дна, боковым притоком, а также с возникновением отрывных водоворотных зон малы по сравнению с потерями трения о дно, либо уже учтены в коэффициенте гидравлического трения специальным образом. Введя правую декартову систему координат  $OXYZ$ , направляем ось  $OX$  вдоль оси русла с наклоном, равным среднему уклону свободной поверхности воды в русле на рассматриваемом участке, а плоскость  $OXZ$  выбирается вертикальной. В данной системе координат с учетом принятых допущений и малого наклона оси  $OX$  к горизонту уравнения одномерной математической модели в дивергентной форме имеют вид:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left( QU + \frac{1}{2} g \int_{Y_n}^{Y_n} h^2 dy \right) = gi\omega - \lambda \cdot \frac{Q^2}{2\omega R} + F \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} \Big|_{z_d = \text{const}} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (2)$$

$$\frac{\partial \omega S}{\partial t} + \frac{\partial QS}{\partial x} = -K \cdot (S - S_n) \cdot \frac{\omega}{R} \quad (3)$$

$$(1-p) \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t} \Big|_{\zeta = \text{const}} = -K \cdot (S - S_n) \cdot \frac{\omega}{R} \quad (4)$$

где:  $Q$  – суммарный объёмный расход воды и наносов в канале;

$t$  – время;  $U = Q/\omega$  – средняя скорость течения;  $\omega$  – площадь живого сечения канала;  $g$  – ускорение свободного падения;  $y_n$  и  $y_n$  – соответственно координаты урезов на левом и правом берегу;  $h = \zeta - z_d$  – глубина потока;

$\zeta$  – отметка свободной поверхности воды;  $z_d$  – отметка дна;  $i = \sin \alpha \approx \alpha$  – наклон оси  $OX$  к горизонту;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;  $R = \omega/\chi$  – гидравлический радиус;  $\chi$  – смоченный периметр канала;  $F$  – удельная сила, отнесенная к плотности, обусловленная непризматичностью

русла;  $q$  – удельный расход бокового притока;  $S$  – объёмная концентрация частиц наносов в потоке;  $S_n$  – равновесная концентрация частиц;  $K$  – коэффициент интенсивности обмена наносами между дном и потоком;  $p$  – пористость грунта канала.

Граничными условиями для системы уравнений (1, 2, 3, 4) являются следующие:

$$Q_n(t) = Q(x_n, t), S_n(t) = S(x_n, t), \zeta_n(t) = \zeta(x_n, t) = \zeta_n(Q(x_n, t)).$$

Для замыкания системы (1, 2, 3, 4) необходимо задать вид функций  $\lambda$ ,  $F$ ,  $K$ ,  $S_n$ , а также связи  $R$  и  $h$  с  $\omega$ , которые определяются формой русла.

Коэффициент гидравлического трения принято по Маннингу:

$$\lambda = 2gn^2 R^{-1/3} \quad (5)$$

где:  $n = n(x, h)$  – коэффициент шероховатости поверхности русла.

Потери импульса из-за непризматичности русла представим в виде:

$$F = - \int_{y_n}^{y_n} gh \cdot \frac{\partial z_d}{\partial x} dy \quad (6)$$

в предположении, что  $z_d = z_d(x, y, t)$  является однозначной функцией  $y$  и  $|\partial z_d / \partial y| \ll 1$ . Для коэффициента интенсивности обмена наносами в вертикальном направлении используется формула:

$$K = \gamma U_* \cdot \left( 1 + \frac{\beta W}{U_*} \right) \quad (7)$$

где:  $U_* = \sqrt{gnUR}^{-1/6}$  – динамическая скорость;  $W$  – гидравлическая крупность грунта;  $\gamma, \beta$  – числовые коэффициенты.

Для определения концентрации насыщения  $S_n$  использовалась формула Р. Бэгнольда имеющая физическое обоснование, простую структуру и не дающая сильно «выпадающих» точек при анализе натуральных данных:

$$S_n = 0,4 \cdot \frac{U_*^2}{gR} \cdot \left( \frac{0,13}{tg\varphi} + 0,01 \cdot \frac{U}{W} \right) \quad (8)$$

где:  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта в воде ( $tg\varphi \approx 0,6$ ).

Уравнения неразрывности аппроксимируются следующим образом. Интегрируя (2) по отрезку  $[x_i, x_{i+1}]$  с учетом того, что:

$$\left. \frac{\partial \omega}{\partial t} \right|_{z_d = \text{const}} = \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} \cdot \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (9)$$

получено с точностью до членов порядка  $\Delta_i^3$ :

$$\left( \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} \right)_{i+1/2} \cdot \frac{\partial \zeta_{i+1/2}}{\partial t} \cdot \Delta_i + Q_{i+1} - Q_i = 0$$

Заменяя производную по времени разностью вперед и деля последнее равенство на  $\Delta_i$ , получается:

$$\left( \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} \right)_{i+1/2} \cdot \frac{\zeta_{i+1/2} - \tilde{\zeta}_{i+1/2}}{\tau} + \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta_i} = 0, \quad i = 1, \dots, N-1; \quad (10)$$

где:  $\tau$  – шаг по времени, символ "~" помечает величину, взятую с нижнего слоя по времени.

Аналогично, интегрируя (1) по отрезку  $[x_{i-1/2}, x_{i+1/2}]$ , деля на  $\Delta_{i-1/2} = 0,5 \cdot (\Delta_{i-1} + \Delta_i)$  и заменяя производную по времени разностью вперед, получено:

$$\frac{Q_i - \tilde{Q}_i}{\tau} + Q_i \frac{U_{i+1} - U_{i-1/2}}{\Delta_{i-1/2}} + U_i \frac{Q_{i+1} - Q_{i-1/2}}{\Delta_{i-1/2}} + A_i = gi\omega_i - \left( \lambda \frac{Q^2}{\omega R} \right)_i \quad (11)$$

где:

$$U_{i+1/2} = \frac{U_i + U_{i+1}}{2}, \quad U_{i-1/2} = \frac{U_{i-1} + U_i}{2}, \quad U_i = \frac{\tilde{Q}_i}{\tilde{\omega}_i}, \quad (12)$$

$$Q_{i+1/2} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2}, \quad Q_{i-1/2} = \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2},$$

$$\omega_i = (\omega_{i+1/2} \cdot \Delta_{i-1} + \omega_{i-1/2} \cdot \Delta_i) / (\Delta_{i-1} - \Delta_i),$$

$$R_i = (R_{i+1/2} \cdot \Delta_{i-1} + R_{i-1/2} \cdot \Delta_i) / (\Delta_{i-1} - \Delta_i).$$

$$A_i = g\omega_i \cdot (\zeta_{i+1/2} - \zeta_{i-1/2}) / \Delta_{i-1/2} + \Delta A_i, \quad (13)$$

$$\Delta A_i = \frac{1}{2} g \cdot \left[ \int_{(Yn)_{i+1/2}}^{(Yn)_{i+1/2}} h_{i+1/2}^2 dy - \int_{(Yn)_i}^{(Yn)_i} h_{i+1/2}^2 dy + \int_{(Yn)_i}^{(Yn)_i} h_{i-1/2}^2 dy - \int_{(Yn)_{i-1/2}}^{(Yn)_{i-1/2}} h_{i-1/2}^2 dy \right] / \Delta_{i-1/2}$$

Величина  $\Delta A_i$  является малой по сравнению с главным членом в выражении для  $A_i$ . Она возникает из-за переменной ширины русла. Равенства (13) получены с использованием следующего тождественного преобразования:

$$F = - \int_{Yn}^{Yn} gh \frac{\partial z_n}{\partial x} dy = - \int_{Yn}^{Yn} gh \frac{\partial(\zeta - h)}{\partial x} dy =$$

$$= - \frac{\partial \zeta}{\partial x} \int_{Yn}^{Yn} gh dy + g \int_{Yn}^{Yn} h \frac{\partial h}{\partial x} dy = -g\omega \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{2} g \int_{Yn}^{Yn} h \frac{\partial h^2}{\partial x} dy$$

Используя (12) и (13), преобразуем (11) к виду:

$$\frac{Q_i - \tilde{Q}_i}{\tau} + Q_i \frac{(U_{i+1} - U_{i-1}) + U_i \cdot (Q_{i+1} - Q_{i-1})}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + 2g\omega_i \frac{\zeta_{i+1/2} - \zeta_{i-1/2}}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + \Delta A_i = \quad (14)$$

$$= gi\omega_i - \left( \frac{\lambda Q U}{R} \right)_i$$

Выразим теперь  $\zeta_{i+1/2}$  из уравнения неразрывности (10), причем  $\partial\omega/\partial\zeta$  заменена величиной  $0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2}$ , где:  $B$  – ширина русла по урезу:

$$\zeta_{i+1/2} = \tilde{\zeta}_{i+1/2} - \frac{\tau \cdot (Q_{i+1} - Q_i)}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2} \Delta_i} \quad (15)$$

Соответственно будем иметь:

$$\zeta_{i-1/2} = \tilde{\zeta}_{i-1/2} - \frac{\tau \cdot (Q_i - Q_{i-1})}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i-1/2} \Delta_{i-1}} \quad (16)$$

Подставив (15), (16) в (14), получается окончательная разностная форма уравнения движения в следующем виде:

$$\begin{aligned}
& \frac{Q_i}{\tau} - \frac{\tilde{Q}_i}{\tau} + Q_i \frac{(U_{i+1} - U_{i-1})}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + Q_{i+1} \frac{U_i}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} - Q_{i-1} \frac{U_i}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + 2g\omega_i \frac{\tilde{\zeta}_{i+1/2} - \tilde{\zeta}_{i-1/2}}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} + \\
& + Q_i \frac{4g\omega_i\tau}{\Delta_{i-1} + \Delta_i} \left( \frac{1}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2} \Delta_i} + \frac{1}{0,5 \cdot (B + \tilde{B})_{i-1/2} \Delta_{i-1}} \right) - \\
& - Q_{i+1} \frac{4g\omega_i\tau}{(\Delta_{i-1} + \Delta_i) \cdot (B + \tilde{B})_{i+1/2} \Delta_i} - Q_{i-1} \frac{4g\omega_i\tau}{(\Delta_{i-1} + \Delta_i) \cdot (B + \tilde{B})_{i-1/2} \Delta_i} + \\
& + \Delta A_i = gi\omega_i - Q_i \left( \lambda \frac{U}{R} \right)_i, \quad i = 2, \dots, N-1
\end{aligned} \tag{17}$$

Итерации прекращаются при выполнении условия:

$$\max_i \left( \frac{|Q_i^{(r+1)} - Q_i^{(r)}|}{Q_{cp}} \right) < \varepsilon \tag{18}$$

где:  $r$  – номер итерации,  $Q_{cp} = \sum_i |Q_i|/N$ .

Вводя обозначения  $\theta = \omega S$ ,  $\theta_n = \omega S_n$ , интегрируя (3) и (4) по отрезку  $[x_i, x_{i+1}]$  и заменяя производную по времени разностью вперед, получено:

$$\begin{aligned}
& \frac{\theta_{i+1/2} - \tilde{\theta}_{i+1/2}}{\tau} + \frac{\theta_{i+1} U_{i+1} - \theta_i U_i}{\Delta_i} = - \frac{K_{i+1/2}}{R_{i+1/2}} \cdot (\theta_{i+1/2} - \theta_{Hi+1/2}) \\
& (1-p) \cdot \frac{\omega_{i+1/2} - \tilde{\omega}_{i+1/2}}{\tau} \Big|_{\zeta=const} = - \frac{K_{i+1/2}}{R_{i+1/2}} \cdot (\theta_{i+1/2} - \theta_{Hi+1/2})
\end{aligned} \tag{19}$$

$$\theta_{i+1} = (\theta_{i+1/2} \Delta_{i+1} + \theta_{i+3/2} \Delta_i) / (\Delta_{i+1} + \Delta_i),$$

$$\theta_i = (\theta_{i-1/2} \Delta_i + \theta_{i+1/2} \Delta_{i-1}) / (\Delta_{i-1} + \Delta_i), \quad \Delta_i = x_{i+1} - x_i, \quad \Delta_i = x_{i+2} - x_{i+1}.$$

После преобразований получено для уравнения переноса системы уравнений относительно  $\theta_{i+1/2}$  с трехдиагональной матрицей:

$$\begin{aligned}
& \frac{\tau U_{i+1}}{\Delta_i + \Delta_{i+1}} \theta_{i+3/2} + \theta_{i+1/2} \left[ 1 + \frac{\tau U_{i+1} \Delta_{i+1}}{\Delta_i \cdot (\Delta_i + \Delta_{i+1})} - \frac{\tau U_i \Delta_{i-1}}{\Delta_i \cdot (\Delta_i + \Delta_{i-1})} + \frac{K_{i+1/2} \tau}{R_{i+1/2}} \right] - \\
& - \frac{\tau U_i}{\Delta_i + \Delta_{i-1}} \theta_{i-1/2} = \tilde{\theta}_{i+1/2} + \frac{K_{i+1/2}}{R_{i+1/2}} \cdot \tau \theta_{Hi+1/2}, \quad i = 1, \dots, N-1.
\end{aligned} \tag{20}$$

Эта система решается при следующих граничных условиях:

$$\theta_{1/2} = \omega_{1/2} S_{1/2} = \theta_{1/2}(t); \quad \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{N-1/2} = 0 \tag{21}$$

Затем по второму уравнению (19) находятся значения  $\omega$ .

Для моделирования русловых потоков высокую эффективность и достаточную точность показали подходы, основанные на численном решении двумерных уравнений Сен-Венана.

Зачастую для этой цели применяется так называемое двумерное уравнение баланса наносов (уравнение Экснера):

$$(1-p)\frac{\partial Z_b}{\partial t} = -\frac{\partial US_*h}{\partial x} - \frac{\partial VS_*h}{\partial y}; \quad (22)$$

где:  $U$  и  $V$  – соответственно составляющие вектора средней по глубине скорости воды по осям  $x, y$ ;  $h(x, y, t)$  – глубина потока;  $S_*(x, y, t)$  – насыщающая мутность.

Для численных расчетов речных течений с деформируемым дном предлагается применять математическую модель, описываемую системой двумерных уравнений Сен-Венана в частных производных и замыкающих соотношений:

$$\frac{\partial hS}{\partial t} + \frac{\partial USh}{\partial x} + \frac{\partial VSh}{\partial y} = -K(S - S_*) \quad (23)$$

$$(1-p)\frac{\partial Z_b}{\partial t} = K(S - S_*) + \frac{\partial}{\partial x} D \frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} D \frac{\partial Z_b}{\partial y} \quad (24)$$

$$K = \begin{cases} \alpha U_* + (1-\alpha)W, & U_* \geq W \\ W, & U_* \leq W \end{cases} \quad 0 \leq \alpha < 1; \quad (25)$$

$$D = \beta \tilde{S} h W \quad (26)$$

$$S_* = \alpha_1 \frac{\lambda \rho}{2\rho_s} \frac{(|\vec{U}| - U_N)^2}{gh} \left( \frac{0.13}{\operatorname{tg} \varphi} + 0.01 \frac{|\vec{U}|}{W} \right), \quad \lambda = 2gn^2 h^{-1/3} \quad (27)$$

где:  $t$  - время;  $h$  - глубина потока в канале;  $U$  и  $V$  – соответственно составляющие скорости течения по оси  $X$  и  $Y$ ;  $|\vec{U}| = \sqrt{U^2 + V^2}$ ;  $S$  - объемная концентрация частиц наносов в потоке;  $S_*$  - равновесная объемная концентрация частиц, принимаемая по видоизмененной формуле Бэгнольда;  $K$  - коэффициент интенсивности вертикального обмена наносами между дном и потоком;  $p$  - пористость грунта канала;  $\rho_s, \rho$  - соответственно плотности грунта и воды;  $\varphi$  - угол внутреннего трения грунта;

$W$  – гидравлическая крупность грунта;  $U_*$  - динамическая скорость;  $|\vec{U}|$  и  $U_N$  - соответственно модуль средней на вертикали скорости потока и несдвигающая скорость;  $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения, вычисляемый по формуле Маннинга;  $n$  – коэффициент шероховатости.

При расчете коэффициента диффузии (7) использовались три варианта формул для  $\tilde{S}$ :

а) по суммарной равновесной концентрации влекомых и взвешенных наносов:

$$\tilde{S} = S_* \quad (28)$$

б) по придонной равновесной концентрации:

$$\tilde{S} = \alpha_1 \frac{\lambda \rho}{2 \rho_s} \frac{(|\bar{U}| - U_N)^2 \cdot 0.13}{gh \operatorname{tg} \varphi}, \quad (29)$$

в) по придонной концентрации “без квадрата”:

$$\tilde{S} = \alpha_1 \frac{\lambda \rho}{2 \rho_s} \frac{(|\bar{U}| - U_N) |\bar{U}| \cdot 0.13}{gh \operatorname{tg} \varphi}, \quad (30)$$

В качестве начальных условий задавались начальная поверхность дна  $Z(x,y,0)$ , соответствующие ей мгновенные поля скорости  $\bar{U}(x,y,0)$ , глубины  $h(x,y,0)$  и концентрации  $S(x,y,0)$ .

Движение потока воды в аванкамере насосной станции неравномерное, медленно изменяющееся. С помощью уравнения Д.Бернулли определяется динамика уровня воды в аванкамере для установившегося неравномерного движения реальной жидкости. В аванкамере возникает безнапорный неравномерный режим движения потока воды, который характеризуется следующими условиями:

$h \neq \text{const}$  (по течению потока);  $v \neq \text{const}$  (по течению потока).

Уравнение Д.Бернулли составляется для сечения на входе и на выходе потока из аванкамеры относительно плоскости  $O-O$  проходящая по дну аванкамеры (рис. 2.1):

$$h + idS + \frac{P_a}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + dh + \frac{P_a}{\rho g} + \frac{\alpha(v-dv)^2}{2g} + dh_1, \quad (31)$$

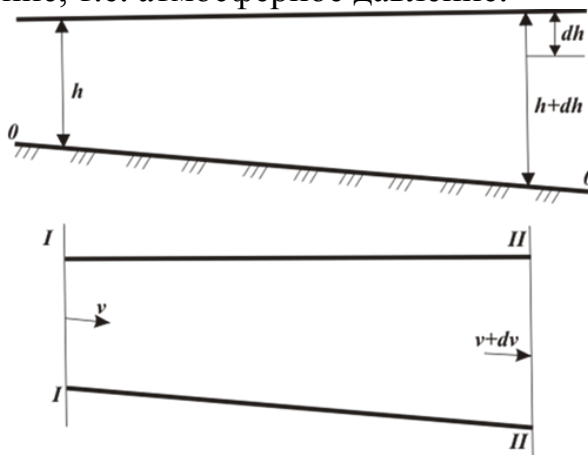
где:  $h$  - глубина потока воды в аванкамере;

$i$  - уклон дна аванкамеры;

$S$  - расстояние между расчетными сечениями;

$v$  - средняя скорость потока в аванкамере;

$P_a$  - поверхностное давление, т.е. атмосферное давление.



**Рис. 2.1. Расчётная схема аванкамеры насосной станции**

Принимая допущение, что в аванкамере отсутствуют местные потери, потери напора при установившемся неравномерном движении определяются как при установившемся равномерном движении потока:

$$h_f \approx h_l, \quad J_e = \frac{dh_l}{dS} = \frac{v^2}{C^2 R} \text{ отсюда имеем: } dh_e = \frac{v^2 dS}{C^2 R}$$



С учетом вышеизложенного уравнение Бернулли принимает следующий вид:

$$h + idS + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + dh + \frac{\alpha v^2}{2g} - \frac{2\alpha v \cdot dv}{2g} + \frac{\alpha dv^2}{2g} + \frac{v^2 dS}{C^2 R} \quad (32)$$

После сокращения некоторых параметров с одинаковыми значениями получается:

$$idS = dh + \frac{dv^2}{g} + \frac{v^2}{C^2 R} dS \quad (33)$$

Разделив все параметры уравнения на  $dS$  имеем:

$$i = \frac{dh}{dS} + \frac{dv^2}{2g} \frac{1}{dS} + \frac{v^2}{C^2 R} \quad (34)$$

Введя в уравнение значение средней скорости, который определяется из уравнения неразрывности,  $v = Q/\omega$  получаем следующее:

$$\frac{dv^2}{dS} = \frac{d(Q/\omega)^2}{dS} = -2 \frac{Q}{\omega^3} \frac{d\omega}{dS} \quad (35)$$

С учетом этого:

$$i = \frac{dh}{dS} - \frac{\alpha Q^2}{\omega^3 g} \frac{d\omega}{dS} + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (36)$$

Учитывая расширение аванкамеры по длине  $\omega = f(h, S)$  получим разложение дифференциала в следующем виде:

$$\frac{d\omega}{ds} = \left( \frac{\partial \omega}{\partial l} \frac{dl}{ds} + \frac{\partial \omega}{\partial h} \frac{dh}{dl} \right) = \left( \frac{\partial \omega}{\partial s} \frac{dl}{ds} + B \frac{dh}{ds} \right) \quad (37)$$

С учетом вышеизложенного уравнение получается в следующем виде:

$$i - \frac{dh}{ds} = -\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial h} \frac{dh}{ds} - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial s} \frac{dl}{ds} + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}, \quad \text{или} \quad (38)$$

$$i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} + \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial s} \frac{dl}{ds} = i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \frac{dl}{ds} \right) = \frac{dh}{ds} \left( 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} B \right) \quad (39)$$

где  $\frac{\partial \omega}{\partial h} = B$

Выполняя решение уравнения относительно  $\frac{dh}{dS}$ , получается уравнение позволяющее установить динамику глубины потока в аванкамере насосной станции в следующем виде:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \frac{dl}{ds} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}} \quad (40)$$

Для решения практических задач наиболее оправдано применение в расчетах простейших уравнений, не требующих сложных гипотез для их замыкания но, тем не менее позволяющих моделировать равномерное

растекание потока в аванкамере. Выполненное сопоставление с данными экспериментальных исследований показало хорошую сходимость результатов.

В третьей главе диссертации **“Экспериментальные исследования водоприёмных сооружений насосных станций”** приведены условия моделирования гидравлических явлений в аванкамере насосной станции, экспериментальная установка для проведения опытов и методика исследований, исследованы гидравлический режим работы аванкамеры, водоприёмных камер и всасывающих трубопроводов.

Исследования гидравлического режима работы аванкамеры проводились при различном числе и сочетании одновременно работающих насосных агрегатов.

Несмотря на постепенное расширение транзитного потока, площади живых сечений аванкамеры незначительно изменяются. Для схемы аванкамеры по первому варианту при работе 5 насосов в начале транзитный поток 100 % занимает всё сечение, потом удельный вес занимаемый транзитным потоком уменьшается до 42,3%, а в конце аванкамеры составляет 52,7 %.

Площадь занимаемая транзитным потоком уменьшается при отключении количества одновременно работающих насосов, а когда работает 1 насос данная площадь снижается до 32,3 %, что приводит к расширению водоворотных зон.

При работе 5 насосов по 2 варианту 59,7 % составляет минимальное значение площади транзитного потока, что по сравнению с 1 вариантом на 17,4 % больше. Данная ситуация наблюдается для режимов при изменении числа работающих насосов.

Осаждение наносов в транзитном потоке тем меньше, чем меньше степень расширения транзитного потока или степень убывания скорости потока и короткая зона расширения. При проведении экспериментов по 1 варианту аванкамеры, когда 5 насосов работали одновременно, подача среднего 3 насоса составила 0,0051 м<sup>3</sup>/с, 2 и 4 насоса соответственно 0,0046 и 0,0045 м<sup>3</sup>/с и для 1 и 5 насоса соответственно 0,00414 и 0,00421 м<sup>3</sup>/с. Нарушение равномерного растекания потока происходит за счёт образования в аванкамере водоворотных зон и вследствие увеличения угла входа потока в водоприёмные камеры приводящий к образованию поперечной циркуляции в потоке около входной части всасывающего трубопровода и возрастанию гидравлического сопротивления. Поэтому у 1 и 5 насосов по сравнению со средним 3 насосом подача меньше на 18,8...17,4 %, у 4 и 2 насоса на 11,7...9,8 %.

По 2 варианту, подача среднего насоса неизменна 0,0051 м<sup>3</sup>/с, у 2 и 4 насоса подача соответственно 0,00483 м<sup>3</sup>/с и 0,00485 м<sup>3</sup>/с, у 1 и 5 насоса подача соответственно равна 0,00462 и 0,00467 м<sup>3</sup>/с. Значит, в этом случае у 1 и 5 насоса на 9,3...8,4 %, у 2 и 4 насоса на 5,3...4,9 % подача меньше по сравнению с подачей 3 среднего насоса.

При сопоставлении аванкамеры по 1 и 2 варианту, во втором варианте уменьшение подачи крайних насосов  $\Delta Q$  примерно в 1,8 раза или относительно 1 варианта подача насосов на 5,3...6,5 % больше. Значит, во 2 варианте аванкамеры за счёт уменьшения площади водоворотной зоны увеличивается

объём транзитного потока, что улучшает равномерное растекание потока в водоприёмные камеры.

Результаты лабораторных исследований показывают, что при совместной работе насосов гидравлические условия работы водоприёмных камер средних и крайних насосов различны.

Потери напора в водоприёмных сооружениях состоят из суммы потерь в аванкамере  $h_{ав}$  на прямой вход в водоприёмные камеры  $h_{ex}$ , на косой вход в камеру  $h_{нов}$  и потери напора по длине водоприёмных камер  $h_{l,кам}$ :

$$\Sigma h = h_{ав} + h_{ex} + h_{нов} + h_{l,кам} \quad (41)$$

Каждая составляющая формулы (43) рассматривается отдельно. Потери напора в аванкамере определяется как сумма потерь напора при расширении потока и потерь напора по длине:

$$h_{ав} = h_{расш} + h_{l,ав} \quad (42)$$

где:  $h_{расш}$  – величина потерь напора при расширении потока в аванкамере;  $h_{l,ав}$  – значение потерь напора по длине аванкамеры.

Потери напора на прямой вход потока в водоприёмные камеры:

$$h_{ex} = \xi_{ex}^1 \cdot \frac{v_{кам}^2}{2g} \quad (43)$$

Потери напора при “косом” входе потока в водоприёмную камеру определяются следующим образом:

$$h_{кам} = \frac{V_{кам}^2 \cdot tg^2 \theta^0}{2g} \quad (44)$$

Частные потери напора при повороте  $h_{нов}$  от скоростного напора соответствуют коэффициенту сопротивлений:

$$h_{нов} = \xi_{нов}^1 \cdot \frac{v_{кам}^2}{2g} \quad (45)$$

Суммарные коэффициенты сопротивления, состоящие из коэффициентов сопротивлений аванкамеры и водоприёмных камер при одновременной работе 5 насосов для крайней камеры  $\Sigma \xi_{общ,кр} = 1,07$  и центральной камеры  $\Sigma \xi_{общ,ср} = 0,064$  отношение данных коэффициентов сопротивлений равно 16,7, общий коэффициент сопротивлений составляет  $\Sigma \xi_{общ} = 0,567$ . Для 2(1+2) насосов работающих по 1 варианту, для крайней камеры  $\Sigma \xi_{общ,кр} = 0,99$ , для средней камеры  $\Sigma \xi_{общ,ср} = 0,62$ , их отношение 3,96 и общий коэффициент сопротивлений  $\Sigma \xi_{общ} = 0,62$ . Общий коэффициент сопротивлений при работе крайнего насоса  $\Sigma \xi_{общ,кр} = 0,98$ , и при работе одного центрального насоса  $\Sigma \xi_{общ,ср} = 0,51$  (рис. 3.1).

При одновременной работе 5 насосов по 2 варианту аванкамеры суммарный коэффициент сопротивлений для крайней камеры  $\Sigma \xi_{общ,кр} = 0,78$ , а для средней камеры  $\Sigma \xi_{общ,ср} = 0,162$ , соответственно их отношение составляет 4,81 и суммарный общий коэффициент  $\Sigma \xi_{общ} = 0,471$ .

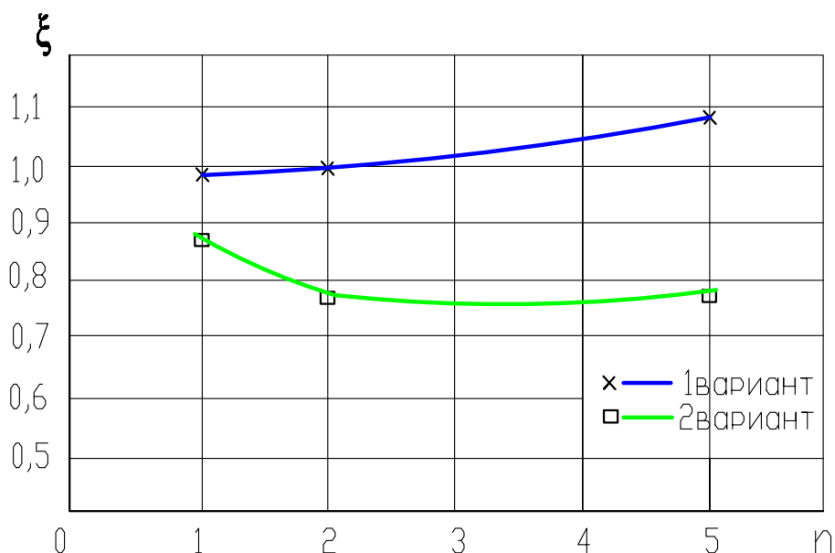
При сравнении аванкамеры по 1 варианту во 2 варианте  $\sum \xi_{общ,кр}$  уменьшается, а  $\sum \xi_{общ,ср}$  возрастает, общий коэффициент сопротивлений  $\sum \xi_{общ}$  уменьшается на 0,096 т.е. на 17 %. Разница коэффициентов сопротивления средней и крайней камеры значительно уменьшается.

Когда работают 2(1+2) насоса соответственно суммарный коэффициент сопротивлений для крайней камеры  $\sum \xi_{общ,кр} = 0,783$  и средней  $\sum \xi_{общ,ср} = 0,41$ , их отношение составляет 1,9 и  $\sum \xi_{общ} = 0,563$ . При сравнении с аванкамерой 1 варианта  $\sum \xi_{общ,кр}$  уменьшается,  $\sum \xi_{общ,ср}$  возрастает, а также общий коэффициент сопротивлений уменьшается на 0,047 или на 8,1 %.

Также обеспечено уменьшение разницы коэффициентов сопротивления крайней и средней камеры. Во 2 варианте аванкамеры при работе одного крайнего насоса общий коэффициент сопротивления равен 0,87 по сравнению с 1 вариантом аванкамеры на 0,11 или на 11,2 % меньше. При работе среднего насосного агрегата общий коэффициент сопротивлений составил 0,63, по сравнению с 1 вариантом на 0,12 больше (рис. 3.1).

Отсюда вытекает, что при всех режимах работы насосной станции, уменьшение ширины водоприёмной камеры приводит к уменьшению гидравлических сопротивлений в аванкамере и водоприёмных камерах.

По 1 варианту аванкамеры расчётные значения суммарного общего коэффициента сопротивления равны  $\sum \xi_{общ} = 0,52$ , а разница с опытными данными составила 0,567, что составляло 8,1 %, по 2 варианту аванкамеры расчётные значения  $\sum \xi_{общ} = 0,412$ , а опытные данные 0,451, разница составила 8,6 %.

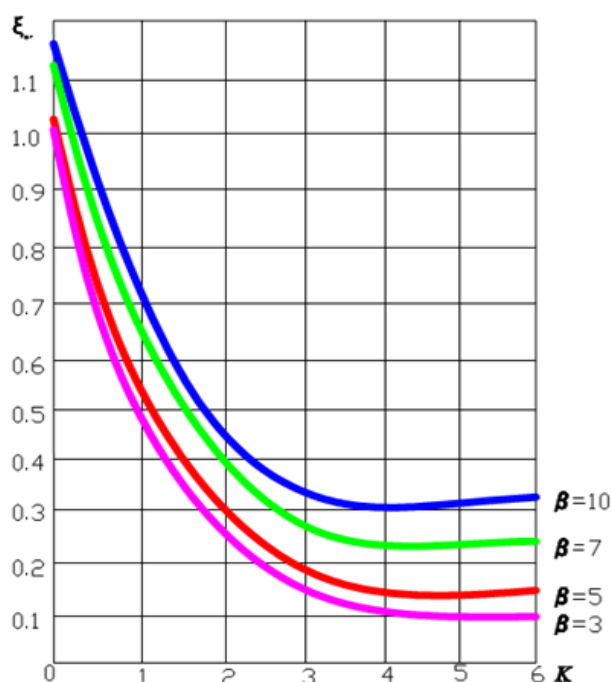


**Рис. 3.1 Коэффициент сопротивлений для крайних камер при различном сочетании работающих насосов по 1 и 2 варианту**

При различных режимах работы насосной станции вход потока в водоприёмные камеры отличается от прямого входа. При совместном режиме работы насосных агрегатов “косой” вход потока в крайние камеры

сравнительно больше, чем в средней камере, что является причиной возрастания потери напорь в крайних камерах.

Для выбора размеров водоприёмной камеры требуется определить размеры и форму входной части всасывающего трубопровода насоса.



**Рис. 3.2** График зависимости коэффициента сопротивлений  $\xi_{гр}$  при  $\beta=3; 5; 7; 10$  от конусности  $K$

Для определения коэффициента сопротивлений конфузора  $\xi_{кон}$  всасывающего трубопровода в зависимости от  $k$  и  $\beta$  при  $\chi = \text{const}$  использована формула Н.А.Грецова:

$$\xi_{кон} = \left[ \frac{2}{k} - \frac{\beta^2}{k(\beta - 0,294(\sqrt{k} - 1))^2} \right]^2 + \chi \frac{\sqrt{k+1}}{2} \sqrt{0,25(\sqrt{k} - 1)^2 + \beta^2} \quad (46)$$

где:  $K = \left( \frac{D_{вх}}{d} \right)^2 = \frac{\omega_{вх}}{\omega_{вых}}$  ;  $\beta = \frac{\ell_{кон}}{d}$

$\lambda$  – коэффициент гидравлического трения по длине.

Для удобства пользования формулой (46) на рисунке 3.2 приведен график  $\xi_{кон} = f(k, \beta)$  при  $\chi = 0,017$ . Для металлических конфузоров коэффициент  $\chi$  рекомендуется принимать в пределах 0,017...0,020.

Сокращения ширины водоприёмной камеры с  $v_{кам} = 2D_{вх}$  до  $v_{кам} = 1,2D_{вх}$ , приводит к уменьшению гидравлических сопротивлений в крайних камерах в 1,8 раза, это приближает условия работы средних и крайних камер.

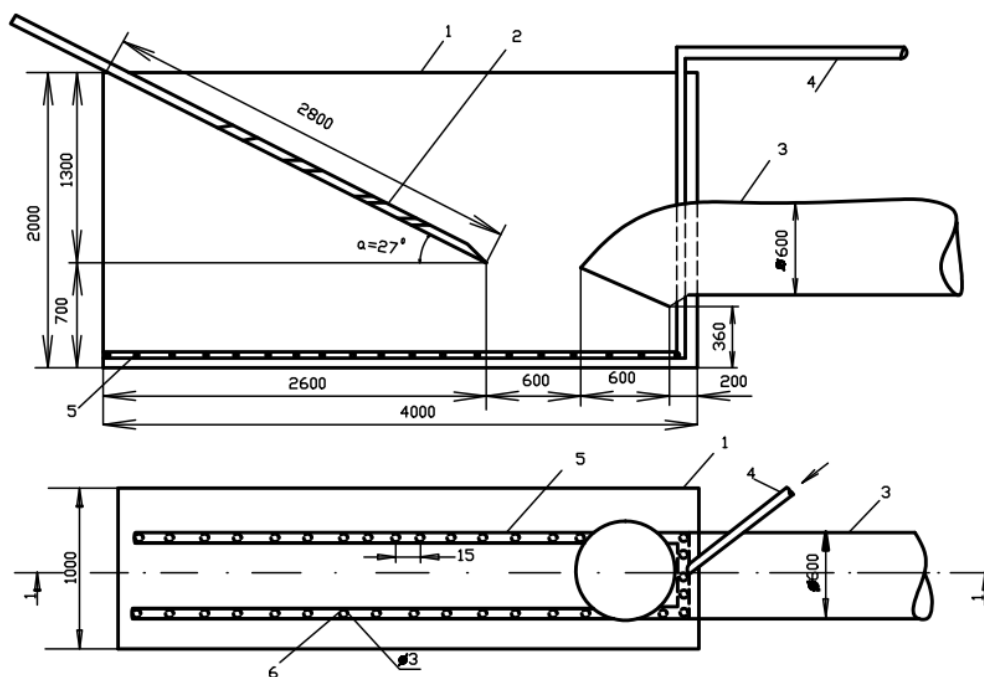
В четвёртой главе диссертации «Разработка рациональной конструкции водоприёмных камер насосных станций» приводятся результаты натурных исследований водоприёмного сооружения насосной станции, водоприёмной камеры с струенаправляющей стенкой и

нанососмывающим устройством, гидравлический расчёт нанососмывающего устройства и способ расчёта времени работы нанососмывающего устройства водоприёмного сооружения.

Параметрические испытания насоса проводились с целью проверки эффективности использования струенаправляющей стенки с нанососмывающим устройством для непосредственного улучшения гидравлических условий работы насосного агрегата, путём построения рабочей характеристики насоса для её сравнения с заводской характеристикой. В лабораторных условиях на модельной установке эксперименты проводились при углах струенаправляющей стенки  $\alpha = 0^\circ; 30^\circ; 45^\circ$  (рис. 4.1, 4.2, 4.3).

На насосной станции установлены 2 насосных агрегата (1 запасной) марки Д2000-34 (18НДс  $n=750$  об/мин) с минимальной высотой всасывания  $h_s=0,5$  м. Размеры водоприёмной камеры для испытаний приняты следующие:  $B_k=1,65D_{ex}$ ;  $L_k=6,5D_{ex}$ ;  $h_1=0,6D_{ex}$ ;  $h_2=0,725D_{ex}$ ;  $L_0=2,5D_{ex}$ ;  $\varphi=27^\circ$ ;  $D_{ex}=0,6$  м, что соответствует длине камеры 4 м, ширине 1 м, высоте 2 м. Исследования были проведены в трёх вариантах: 1 вариант – при заилении камеры, 2 вариант – после смыва отложения наносов из камеры, 3 вариант – для камеры с установленной струенаправляющей стенкой и нанососмывающим устройством.

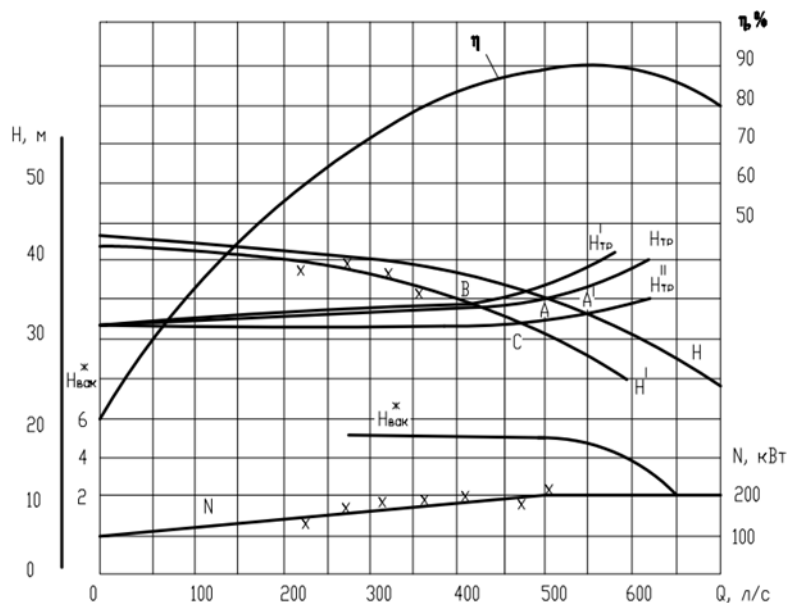
От характеристики насоса  $H=f(Q)$  и гидродинамической характеристики трубопровода  $H_{mp}=f(Q)$  зависит изменение подачи насоса, который происходит за счёт изменения поперечной циркуляции в потоке.



**Рис. 4.1** Водоприёмная камера с струенаправляющей стенкой и нанососмывающим устройством

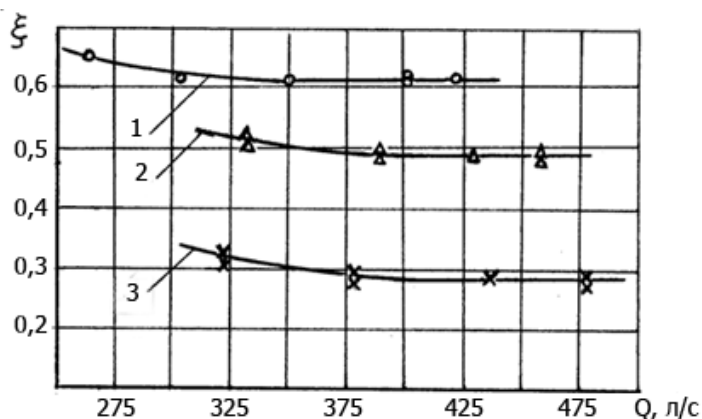
За счёт применения водоприёмной камеры с струенаправляющей стенкой и нанососмывающим устройством вследствие смыва отложения наносов гидравлические сопротивления при входе потока во впускной

трубопровод уменьшаются, поэтому подача насоса с 424 л/с повысилась до 476 л/с, то есть возросло на 52 л/с (рис. 4.2).



**Рис. 4.2 Сравнение проектного режима работы насоса Д2000-34 (18НДс  $n=750$  об/мин) с данными натуральных испытаний:  $H$ ,  $N$ ,  $H_{васк}^{доп}$ ;  $\eta$  – кривые напора, мощности, допустимой высоты всасывания и КПД насоса по заводской характеристике;  $H^1$  - действительная напорная характеристика насоса на момент исследований;  $H_{тр}, H_{тр}^I, H_{тр}^{II}$  - гидродинамическая кривая трубопровода;  $A$  - проектная рабочая точка насоса;  $B$  - рабочая точка насоса при заилении водоприёмной камеры;  $C$  - рабочая точка насоса для водоприёмной камеры с струнаправляющей стенкой и нанососмывающим устройством**

Коэффициент сопротивления  $\xi$  для камеры с осаждением наносов составляет  $\xi=0,61$ , при смыве отложения наносов равен  $\xi=0,491$ . При установке в камере струнаправляющей стенки с нанососмывающим устройством коэффициент сопротивления всасывающего трубопровода уменьшилось по сравнению с типовой камерой на 42,6%, а относительно заилённой камеры на 55,3 %.



**Рис. 4.3 График зависимости коэффициента сопротивления всасывающего трубопровода от подачи насоса Д2000-34 (18НДс  $n = 750$**

**об/мин):** 1 – для камеры с осаждением наносов; 2 – для типовой камеры со смывом отложения наносов; 3 – для камеры с струенаправляющей стенкой и нанососмывающим устройством.

Для разработанной конструкции водоприёмной камеры с струенаправляющей стенкой и нанососмывающим устройством, на основании результатов натурных исследований определены увеличение КПД насоса:

$$\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1 = 9,81 \left( \frac{Q_2 H_2}{N_2} - \frac{Q_1 H_1}{N_1} \right) \cdot 100 = 9,81 \left( \frac{0,476 \cdot 34,5}{200} - \frac{0,424 \cdot 33}{184} \right) \cdot 100 = 5,9\%$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$ ,  $H_1$  и  $H_2$ - соответственно подача и напор насоса до и после установки струенаправляющей стенки с нанососмывающим устройством в камере;

$N_1$  и  $N_2$  – потребляемая мощность насосного агрегата для типовой и разработанной конструкции камеры.

Результаты лабораторных и натурных исследований показали хорошую сходимость, по разработанной конструкции КПД насоса возросло на 5,9%, а подача возросло на 12,2 % по отношению к типовой камере.

Наличие струенаправляющей стенки препятствует образованию поперечной циркуляции в потоке, а также создаёт возможность размывания отдельных циркуляционных течений и выравнивания скоростей потока за струенаправляющей стенкой.

Формула для определения времени взмучивания осаждённых наносов в аванкамере и водоприёмной камере, разработана на основе теории истечения жидкости из отверстия в затопленную среду.

Площадь водоприёмного сооружения по дну вычисляется по формуле:

$$\omega_{в.с.} = n_{кам} \omega_{кам} + \omega_{ав} \quad (47)$$

где:  $n_{кам}$  - количество водоприёмных камер;  $\omega_{кам}$  - площадь одной водоприёмной камеры;  $\omega_{ав}$  – площадь аванкамеры.

Количество отверстий в нанососмывающем устройстве для водоприёмного сооружения определяется из соотношения:

$$n_{отв} = \frac{\omega_{в.с.}}{\omega_{отв}} \quad (48)$$

где:  $\omega_{в.с.}$  - площадь водоприёмного сооружения;  $\omega_{отв}$  - площадь охватываемая струёй.

При вычислении допускается, что высота поверхности струи в момент времени  $t$  равна  $y$ , а площадь свободной поверхности струи  $S(y)$  и за время  $\Delta t$  уровень жидкости повышается на величину  $\Delta y$ .

При величине  $y = h + h_{заул}$  наносы полностью взмучиваются, а время необходимое для достижения такого положения поверхности определяется из формулы:

$$t = \frac{\frac{2}{5} \pi (6,8a)^2 \left( y^{\frac{5}{2}} - h^{\frac{5}{2}} \right)}{\mu \omega (2g)^{\frac{1}{2}}} \quad (49)$$

Для водоприёмного сооружения НС используя уравнение (49) можно



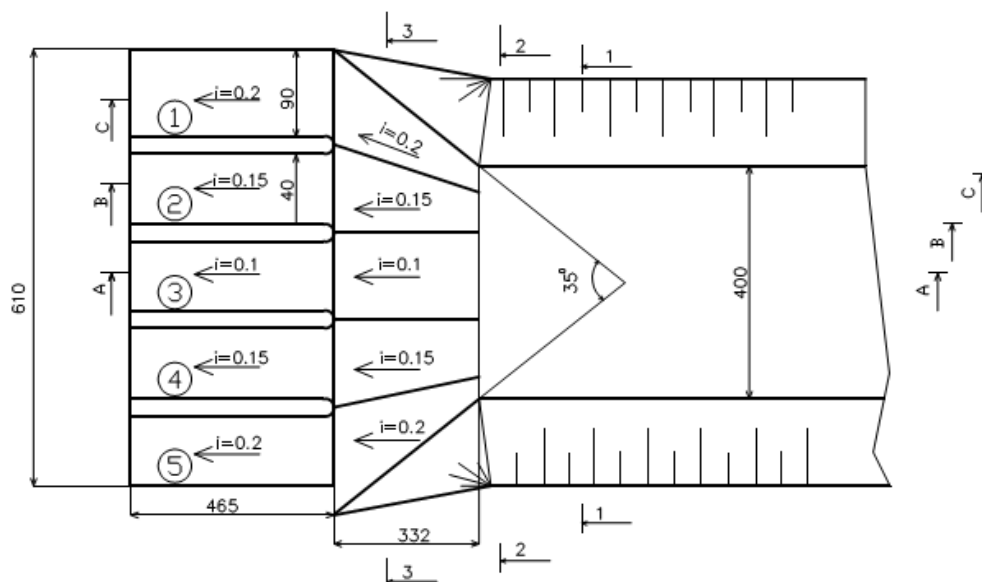
определить время работы нанососмывающего устройства, что позволяет уменьшить расходы на электроэнергию при работе вспомогательного насоса и очистки водоприёмного сооружения от отложения наносов, что в итоге уменьшают эксплуатационные расходы.

В пятой главе диссертации «Исследования гидравлического режима работы аванкамеры полигонального поперечного сечения» приводятся результаты проведенных гидравлических исследований аванкамеры полигонального поперечного сечения.

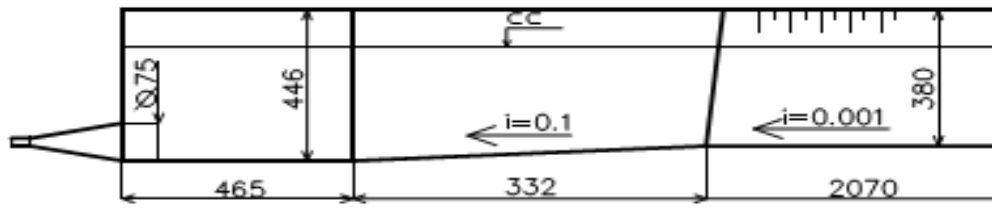
Для активизация потока в донной части аванкамеры и равномерного растекания потока в водоприёмные камеры, а также в целях уменьшения угла входа потока была разработана новая конструкция аванкамеры полигонального поперечного сечения (рис. 5.1, 5.2, 5.3).

Продольный уклон в сторону средней камеры по дну аванкамеры составляет  $i=0,1$ , соседний с ним с двух сторон 2 и 4 камеры с дном канала соединяются по продольному уклону равным  $0,15$ , у крайних камер 1 и 5 продольный уклон соединения с дном канала составляет  $0,2$ .

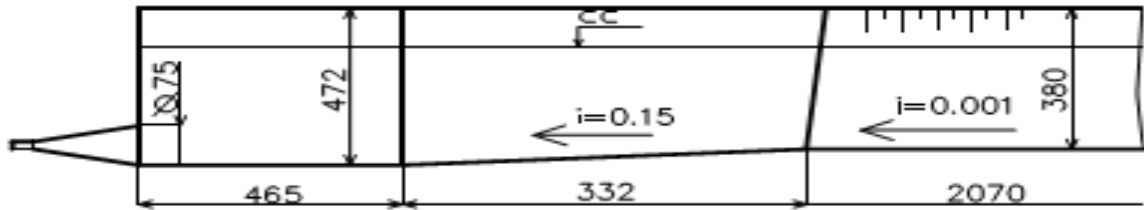
Кроме этого, каждое продольное сечение имеет поперечный уклон или у 3 камеры поперечный уклон  $i_k=0$ , находящиеся справа камеры 1 и 2 имеют поперечный уклон вправо, равный  $i_k=0,1$ , а находящиеся слева камеры 4 и 5 поперечный уклон равный  $i_k=0,1$ . Уклон конусности аванкамеры в плане равен  $\alpha=35^\circ$ , ширина каждой водоприёмной камеры принимается одинаковой  $B_{\text{кам}} = 1,2D_{\text{вх}}$ .



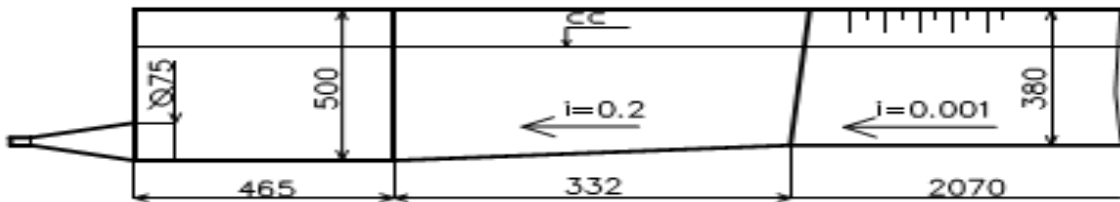
**Рис. 5.1 План аванкамеры полигонального поперечного сечения**  
сечение А – А



сечение В – В

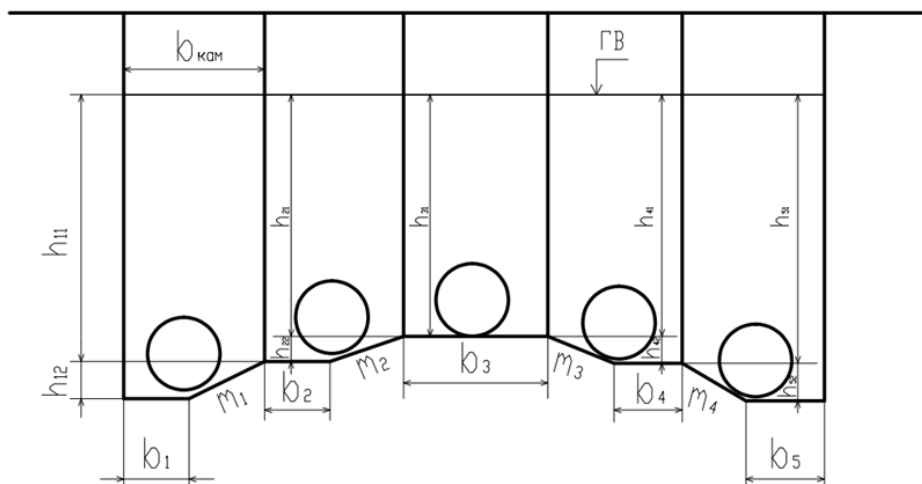


сечение С – С



**Рис. 5.2** Продольный профиль аванкамеры полигонального поперечного сечения

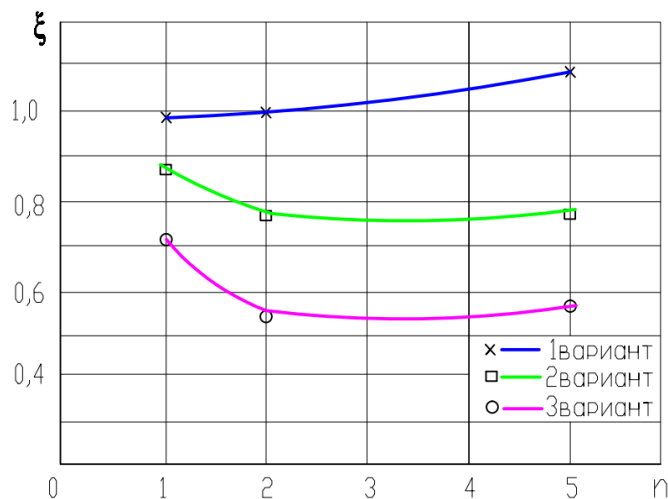
сечение 3 – 3



**Рис. 5.3** Сечение аванкамеры полигонального поперечного сечения

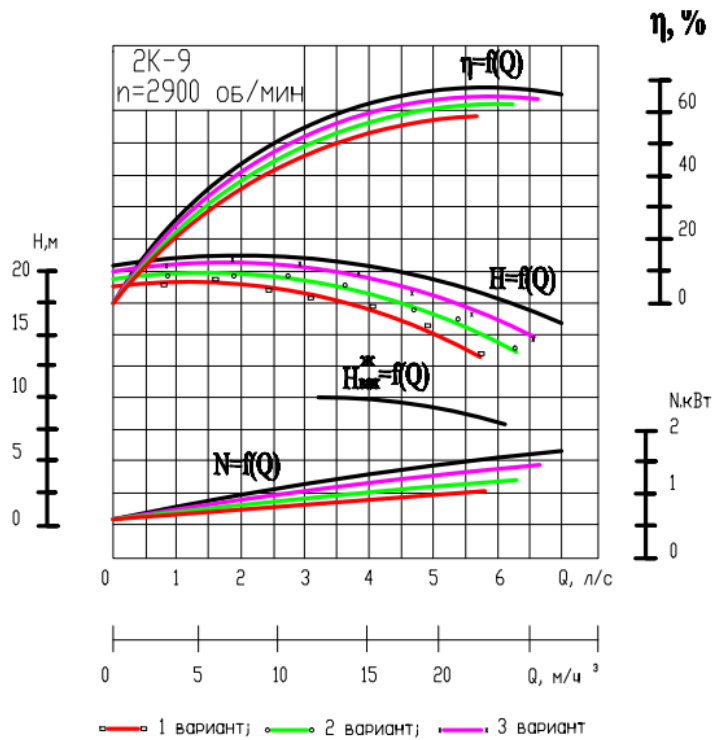
Результаты проведённых исследований показывают, что при совместной работе 5 насосов, в 3 варианте общий коэффициент сопротивления равен  $\sum \xi_{общ,кр} = 0,568$ , а во 2 варианте  $\sum \xi_{общ,кр} = 0,7$ , или уменьшение коэффициента

сопротивления составило  $\Delta \sum \xi_{общ} = 0,152$ . В средней камере в 3 – варианте  $\sum \xi_{общ,ср} = 0,163$ , а во 2 варианте  $\sum \xi_{общ,ср} = 0,159$  или уменьшение коэффициента сопротивления незначительное. Сумма коэффициентов сопротивления  $\sum \xi_{общ} = 0,364$  (в 3 варианте) и (во 2 - варианте) уменьшение, составляет  $\Delta \sum \xi_{общ} = 0,066$  (рис. 5.4).



**Рис. 5.4 Зависимость коэффициентов сопротивлений крайних камер от числа работающих насосов**

На участке аванкамера - водоприёмные камеры, уменьшение потери напора происходит за счёт улучшения условий входа потока в крайние камеры. Расширение потока в плане и по вертикали активизирует донный поток аванкамеры, уменьшает степень расширения транзитного потока и степень снижения скорости, и уменьшается осаждение в нём наносов. В ходе проведения экспериментов измерялись подача и напор насоса. При одновременной работе 5 насосов, подача среднего 3 насоса  $0,0051 \text{ м}^3/\text{с}$ , 2 и 4 насоса соответственно  $0,00498 \dots 0,00504 \text{ м}^3/\text{с}$ , у 1 и 5 насосов соответственно  $0,00478$  и  $0,00481 \text{ м}^3/\text{с}$  (рис. 5.5).



**Рис. 5.5. Характеристика насоса 2К-15/20 (2К-9) в зависимости от конструкции водоприёмных камер**

Равномерное распределение донного потока в водоприёмные камеры за счёт уменьшения угла поворота при входе в камеры, уравнивает скорость растекания потока, уменьшается поперечная циркуляция в потоке около входной части всасывающего трубопровода и гидравлические сопротивления. Поэтому подача 3 насоса не изменяется, но у 1 и 5 насосов относительно 3 насоса на 5,7...6,3 %, а у 2 и 4 насосов на 1,2...2,4 % водоподача меньше. В третьем варианте подача крайних насосов 1 и 5 относительно 2 варианта возрастает на 4,9...6,3 %, а относительно 1 варианта на 9,4...10,3 %.

За счёт уменьшения образования водоворотных зон в разработанной конструкции аванкамеры полигонального поперечного сечения, уменьшения угла входа потока в камеры и донного входа уменьшается циркуляционный процесс, вследствие водоподача крайних насосов приближается к подаче центрального насоса и составляет 94,5 % от водоподачи центрального насоса.

Технико-экономическое сравнение вариантов камерных водозаборов НС обычной и предложенной конструкции аванкамеры показывает, что за счёт применения улучшенной конструкции аванкамеры на существующей девятиагрегатной НС «Оби-Хаёт» с насосами Д12500-24(48Д-22) годовой ожидаемый экономический эффект составляет 26,07 млн. сумов.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований по диссертации доктора наук (DSc) по техническим наукам на тему: «Теоретические и практические

методы расчёта равномерного распределения потока в аванкамере насосной станции» представлены следующие выводы:

1. Большие размеры аванкамеры приводят к образованию водоворотных зон больших размеров и отложению наносов. Этот процесс наблюдается во всех режимах работы насосной станции, особенно проявляется при частичной остановке насосов. Размеры аванкамеры в первую очередь определяются шириной водоприёмной камеры  $b_{\text{кам}}$ , углом расширения аванкамеры  $a$  и высотой заглубления входной части всасывающего трубопровода.

2. При уменьшении ширины водоприёмной камеры с  $2D_{\text{вх}}$  до  $1,2D_{\text{вх}}$  фронт водозабора  $V_{\text{фр}}$  и длина аванкамеры уменьшаются примерно в 2 раза, а объём водоворотных зон в 2,5...3 раза, что приводит к уменьшению отложения наносов.

3. Уменьшение размеров водоприёмного сооружения изменяет условия входа потока в водоприёмные камеры, а также потери напора во всасывающем трубопроводе. При изменении ширины камеры  $b_{\text{кам}}$  с  $2D_{\text{вх}}$  до  $1,2D_{\text{вх}}$ , улучшаются условия входа потока в камеру, резко уменьшаются водоворотные зоны образующиеся за счёт “косого” входа потока в камеру, уменьшаются потери напора в крайних камерах, это уравнивает условия работы крайних водоприёмных камер.

4. На основе полученных экспериментальных данных предложена методика гидравлического расчёта аванкамеры полигонального поперечного сечения.

5. За счёт применения аванкамеры полигонального поперечного сечения обеспечивается безударный вход потока по дну во все камеры, уменьшаются потери напора, и предотвращается возникновение водоворотных зон образующиеся при “косом” входе потока.

6. Для проектирования водоприёмного сооружения полигонального поперечного сечения при перекачивании оросительной воды с большим количеством наносов рекомендуются следующие его параметры:

а) при входе потока со скоростью  $0,8...1$  м/с во всасывающий трубопровод, ширина водоприёмной камеры  $b_{\text{кам}} = (1,1...1,2)D_{\text{вх}}$ ;

б) высота заглубления входной части всасывающего трубопровода под минимальный горизонт воды  $h_2 = 0,6D_{\text{вх}}$ ;

в) при скорости потока в подводящем канале  $0,7...1$  м/с, центральный угол конусности аванкамеры  $a = 35...45^\circ$ ;

г) продольный уклон связывающий центральную камеру с аванкамерой полигонального сечения составляет  $i_{ср.кам} = 0,10$ , а продольный уклон соседних с ним водоприёмных камер составляет  $i_{кам} = 0,15$  и для крайних камер уклон равен  $i_{кам} = 0,2$ , поперечный уклон находящихся от центральной камеры слева и справа крайних камер уклон составляет  $i_{кам} = 0,1$ .

7. За счёт уменьшения образования водоворотных зон в конструкции аванкамеры полигонального поперечного сечения, уменьшения угла входа потока в камеры и за счёт донного входа уменьшается циркуляционный процесс, водоподача крайних насосов приближается к подаче центрального насоса и составляет 94,5 % от водоподачи центрального насоса.

8. По третьему варианту подача крайних насосов 1 и 5 относительного второго варианта возрастает на 4,9...5,3 %, а относительно первого варианта на 9,4...10,3 %.

9. При сопоставлении строительных расходов по 1, 2 и 3 варианту большого различия между ними нету. По третьему варианту аванкамеры водоподача крайних насосов и КПД увеличивается, что создаёт возможность уменьшения годовых эксплуатационных затрат.

10. Для предложенной конструкции аванкамеры с полигональным поперечным сечением и расчётами установлено увеличение подачи крайних насосов на 8,31 %, а КПД на 5,2 % по сравнению с базовой конструкцией. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения предложенных мероприятий, направленных на повышение эффективности эксплуатации центробежных насосов для девяти насосных агрегатов Д12500-24 (48Д-22) НС «Оби-Хаёт» составляет 26,07 млн.сумов.

**THE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDS FOR THE SCIENTIFIC  
DEGREES DSc.03/30.12.2019.T.10.02 AT TASHKENT INSTITUTE OF  
IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS  
ANDIJAN AGRICULTURE AND AGRI-TECHNOLOGIES INSTITUTE**

**SHAKIROV BAKTIYAR MAXMUDOVICH**

**THEORETICAL AND PRACTICAL METHODS OF CALCULATING UNIFORM FLOW  
DISTRIBUTION OF THE FLOOD IN THE FOREBAYS OF THE PUMPING STATION  
AT THE SPEED FEED**

**05.09.06 – Hydrotechnical and meliorative construction**

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

**TASHKENT – 2020**

The topic of the doctoral dissertation (DSc) is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under №. B2018.1.DSc /T211

The doctoral dissertation was carried out at the Andijan Agriculture and Agri-Technologies institute

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)), Information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific consultant:**

**Mamajonov Maxmudjon**

doctor of technical sciences, professor.

**Official opponents:**

**Glovatski Oleg Yakovlevich**

doctor of technical sciences, professor.

**Jonqobilov Ulugmurad Umbarovich**

doctor of technical sciences, docent.

**Ergashev Rustam Rahimovich**

doctor of technical sciences, docent.

**Leading organization:**

**Tashkent State Technical University**

Defense of the thesis will be held « 11 » December 2020 14<sup>00</sup> hours at a meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.10.02 at the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers at the address: 100000, Tashkent, st. Kary Niyoziy, 39, tel. (+99871) -237-22-67, 237-22-09, fax: 237-54-79, e-mail: [admin@www.tiame.uz](mailto:admin@www.tiame.uz).

Doctoral dissertation can be reviewed in the Information and Resource Center of the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (registration № 48). Address: 100000, Tashkent, Kary Niyoziy, 39, tel. (+99871) -237-19-45.

The thesis abstract was sent out « 28 » November 2020.  
(protocol of distribution № 141 from « 2 » 12 2020)



**T.Z.Sultanov**

Chairman of the scientific council  
forawarding of academic degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**A.A.Yangiev**

Scientific secretary of the scientific  
council forawarding of academic  
degrees, doctor of technical sciences, professor

**M.R.Bakiev**

Chairman of the scientific seminar of the  
scientific council forawarding of academic  
degrees, doctor of technical sciences, professor



## INTRODUCTION (abstract of the DSc Thesis)

**The aim of the research.** The purpose of the study is to increase the efficiency of pumping stations operation by improving the methods of calculating the justification for the uniform spreading of the flow in the front chamber of the pumping station, developing scientifically based methods for identifying rational operating modes and developing constructive measures to improve the hydraulic condition for flow spreading in the front chamber.

**The objects of research.** As the object of research the supply canal an forebays and the water intake chambers of pumping stations of irrigation systems with suction pipelines of pumps located in them were taken.

### **The scientific novelty of the research is the following:**

Improved theoretical and practical methods for calculating uniform flow spreading in the front chamber of a pumping station based on Sen–Venan equations;

The design of forebays of the polygonal cross-section was developed, taking into account the uniform spreading of the flow in the forebays and the favorable conditions for supplying the flow the intake chamber;

The method of hydraulic calculation of the sediment washing device in the water intake structure was improved, taking into account the roiling of sediment deposits in the forebays and the water intake chamber of the pumping station;

the method of hydraulic calculation of the sediment washing device in the water intake structure was improved, taking into account the roiling of sediment deposition in the forebays and water intake chamber;

A method has been developed for calculating the optimal parameters of the pumping station's water intake chamber and the diameter of the pump's suction pipeline based on the minimum hydraulic head loss at the inlet .

### **Implementation of research results.**

On the basis of improving the methods of hydraulic calculation of uniform flow spreading in the intake structure of the pumping station:

The improved design of the polygonal cross-sectional forebays to ensure uniform flow spreading has been introduced into the design process at the SUVLOYIHA design institute in the state unitary enterprise of the Fergana region under the Ministry of Water Resources (reference of the Ministry of Water Resources № 03/25-4361 dated 12 November 2019). As a result, it became possible to increase the supply of the extreme pumping units, which is 94.5% compared to the supply of the center pump;

A sediment–washing device in the front chamber and the water intake chamber of the irrigation pumping station was introduced at the Uychi pumping station of the Namangan district in the management of the regional pumping station and energy at the Norin-Sirdaryo basin management of irrigation system under the Ministry of Water Resources (certificate of the Ministry of Water Resources № 03/25-4361 dated 12 November 2019). As a result, due to the washout of sediment deposits and a change in the angle of entry of the flow into the suction pipeline, hydraulic resistances decrease, the pump flow increases by 5.0...5.5% and the efficiency by 5.9%;

The method of determining the operating time of the sediment–washing device in the front chamber and water intake chamber of the pumping station was introduced at the pumping station “Kok –gumbaz” of the Andijan region in the management of the regional pumping station and energy under the Norin-Qoradaryo basin administration of irrigation systems under the Ministry of Water Resources (reference of the Ministry of Water Resources № 03/25-4361 dated November 2019 ). As a result, an increase in resource efficiency by 2.3...4.5% was achieved due to the provision of normal operation of the pumping station “Kok-gumbaz”;

The method for determining the structural dimensions of the pumping station’s water intake chamber and the inlet section of the pumping unit’s suction pipeline has been introduced into the design process” Andijon loyiha qidiruv ekspeditsiyasi” of the Andijan region limited liability company (certificate of the Ministry of Water Resources № 03/25-4361 dated 12 November 2019). As a result, an opportunity has been created to improve the hydraulic characteristics of water intake structure, reduce construction and operating cost and increase the supply of end pumps by 2.8...3.3%.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation work is written on 200 pages, consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of references and application.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I бўлим (I часть, part I)**

1. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р., Сулаймонов О., Хамдамов М. Влияние гидрологических характеристик водоисточника на гидравлические процессы всасывающей линии. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2012. – № 4. – С. 75-78. (05.00.00; № 20).

2. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Сулаймонов О. Лабораторная установка для изучения гидравлических процессов в водоподводящем сооружении. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2013. – № 1. – С. 83-85. (05.00.00; № 20).

3. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Сулаймонов О. Экспериментальная установка для изучения гидравлических процессов в циркуляционной камере. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2016. – № 4. – С. 177-181. (05.00.00; № 20).

4. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонов А.М. Насос станцияларининг самарадорлигини ошириш бўйича тавсияларнинг иқтисодий кўрсаткичлари. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2017. – № 2. – Б. 37-41 (05.00.00; № 20).

5. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонов А.М. Насосларнинг сўриш кувурларидаги гидравлик қаршилиқлар. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2018. – Том 22. № 1. – Б. 29-33 (05.00.00; № 20).

6. Мамажонов М., Шакиров Б.М. Аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмаларининг гидравлик қаршилиқлари. “Ирригация ва мелиорация” журнали илмий-амалий ТИМИ. Тошкент, 2018/ - №1(11).-Б. 44-46 (05.00.00; № 22).

7. Мамажонов М., Шакиров Б.М. Насос станциянинг сув олиш иншоотларини гидравлик иш шароити. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2018.– Том 22. № 2. – Б. 40-44 (05.00.00; № 20).

8. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Сулаймонов О.Н. Гидравлический режим работы водоприёмного сооружения полигонального поперечного сечения. Научно-технический журнал Фер.ПИ. – Фергана, 2018.– Спец. вып.2. – С. 21-25 (05.00.00; № 20).

9. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонova Н.А. Полигонал кесим юзали сув олиш иншоотини гидравлик иш тартиби. “Ирригация ва мелиорация” журнали илмий-амалий ТИМИ. Тошкент, 2018.- №3(13).- Б. 14-17 (05.00.00; № 22).

10. Мамажонов М., Шакиров Б.М. Влияние наносов на подачу ирригационной насосной станции. Экологический вестник Узбекистана. – Ташкент, 2018.– № 4. – С. 13-15 (06.00.00; № 2).

11. Mamajonov M., Shakirov B.M., Shakirov V.B. Forecasting factors affecting the water prevention of centrifugal pumps. European science review

Scientific journal. Vienna, Austria № 5–6, 2018 (May–June), Pp. 304-307 (05.00.00; № 3).

12. Mamajonov M., Shakirov B.M., Shermatov R.Yu. Hydraulic operating mode of the water receiving structure of the polygonal cross section. European science review Scientific journal. Vienna, Austria № 7–8, 2018 (July – August), Pp. 241-244 (05.00.00; № 3).

13. Мамажонов М., Шакиров Б.М., К.Эрматов., Б.Б.Шакиров. Разностная схема для уравнений переноса и деформаций. Научно-технический журнал Фер.ПИ. –Фергана, 2019.– Спец. вып.2. – С. 17-20. (05.00.00; № 20).

14. Mamajonov M., Shakirov B., Qo'chqarboyev A., Sodiqov E. Recommendations for determining the sizes of the water receiving chamber of the pumping station. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India. Volume 7, Issue 1, January 2020, Pp. 12583-12588 (05.00.00; № 31).

## **II бўлим (II часть, part II)**

15. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р.Ю. Конструктивные решения по улучшению гидравлических условий водоприёмных камер насосных станций. Российский электронный научный журнал. Башкирский Государственный Аграрный Университет. г.Уфа. 29.06. 2015 г. С. 1-2.

16. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонов А.М., Закиров Р. Вопросы эксплуатации водоприёмных сооружений насосных станций. Инновация: Фан, таълим, технология. Илмий-услубий мақолалар тўплами. №1 2016й. Андижон давлат университети. С. 202-203.

17. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р., Мамажонов С. Рекомендации по определению размеров конфузорного входного сечения всасывающей трубы насоса. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштиришда ресурстежамкор технологиялардан самарали фойдаланиш ва экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқаришни модернизациялаш: Респ. илм. – амал. анжумани мақолалари тўплами. – Андижон , 2013 йил– Б. 183 – 185.

18. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Саидходжаева Д., Хамдамов М. Конструктивные разработки по улучшению условий эксплуатации водоприёмных сооружений. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштиришда ресурстежамкор технологиялардан самарали фойдаланиш ва экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқаришни модернизациялаш: Респ. илм. – амал. анжумани мақолалари тўплами. – Андижон , 2013 йил– С. 164 – 166.

19. Мамажонов М., Шакиров Б.Б. Проведение лабораторных исследований на модельной установке водозаборного сооружения. “21 асри интеллектуал авлод асри” шиори остидаги худудий илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган , 2014 йил 6-7 июнь. – С. 120 – 125.

20. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Саидходжаева Д., Шерматов Р.Ю. Суғориш насос станцияларининг суғориш иншоотларини ҳозирги кундаги

холатини таҳлили. Қишлоқ хўжалигида экологик тоза маҳсулотлар етиштиришнинг ташкилий-ҳуқуқий ва ижтимоий-иқтисодий механизмларини такомиллаштириш: Респ. илм. – амал. анжумани мақолалари тўплами. – Андижон, 2014 йил 28-29 ноябрь. Б. 240-242.

21. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Махкамов Р., Эгамбердиева Ш. Насос станцияларнинг сув олиш бўлинмасини гидравлик кўрсаткичларини яхшилаш тадбирлари. Қишлоқ хўжалигида экологик тоза маҳсулотлар етиштиришнинг ташкилий-ҳуқуқий ва ижтимоий-иқтисодий механизмларини такомиллаштириш: Респ. илм. – амал. анжумани мақолалари тўплами. – Андижон, 2014 йил 28-29 ноябрь. Б. 238-240.

22. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р. Насос станцияларни лойиҳалашда сув қабул қилиш бўлинмасидаги лойка ювувчи мосламани ишлаш вақтини аниқлаш усули. Таълим тизимида замонавий педагогик ва ахборот коммуникацион технологиялардан самарали фойдаланиш: Респ. илм. –услуг. анжумани мақолалари тўплами. – Андижон, 2014 йил 28-29 январь. Б. 121-123.

23. Шакиров Б.М., Шакиров Б.Б. Ишлаб чиқариш шароитида оқим йўналтирувчи деворчали конструкциясини синаш. 2015 йил 26-27 май кунларида АДУ ўтказилган “21 аср-интеллектуал авлод асри” шиори остидаги худудий илмий-амалий анжумани. Б. 210-214.

24. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Усмонов А. Суғориш насос станцияларининг аванкамерасини гидравлик тадқиқот қилиш натижалари. “Суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ва сув ресурсларидан самарали фойдаланиш муаммолари”. Республика илмий-техник анжумани. 1-2 май. Ташкент-2015. Б. 296-300.

25. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р. Повышение эффективности эксплуатации насосных станций оросительных систем. “Проблемы управления водными и земельными ресурсами.” Международный научный форум. Москва, 30 сентября 2015г. Часть 2. С. 279-287.

26. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Усмонов А. Учёт водоподачи насосных агрегатов для выбора экономически наиболее выгодных режимов эксплуатации. “Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар”. Республика илмий-амалий анжумани. Фергана -2015. С.307-308.

27. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Абдумуталипова Х.Т. Шерматов Р.Ю. Состояние вопроса эксплуатации насосных станций оросительных систем. Ёш олимлар, катта илмий ходим-изланувчилар, магистрантлар ва иқтидорли талабаларнинг XXXX илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. Андижон-2016 йил. С. 241-243.

28. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонов А.М., Закиров Р. Экономическое и техническое обоснование технологии проектирования насосных станций. Ёш олимлар, катта илмий ходим-изланувчилар, магистрантлар ва иқтидорли талабаларнинг XXXX илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. Андижон-2016 йил. С. 246-248.

29. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонов А.М., Шерматов Р.Ю. Качественные показатели работы циркуляционной камеры. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштириш, сақлаш ва қайта ишлашда илғор агротехнологиялардан самарали фойдаланиш, ирригация ва мелиорация тизимларини ривожлантириш: муаммо ва ечимлар мавзусидаги респ. илм. – амал. анжумани. – Андижон, 2016 йил. С. 321-325.

30. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р.Ю., Шокиржонов О. Гидравлический расчёт циркуляционной камеры. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштириш, сақлаш ва қайта ишлашда илғор агротехнологиялардан самарали фойдаланиш, ирригация ва мелиорация тизимларини ривожлантириш: муаммо ва ечимлар мавзусидаги респ. илм. – амал. анжумани. – Андижон, 2016 йил. С. 325-328.

31. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонов А.М., Усмонов А. Предотвращение отложения наносов в водозаборных сооружениях насосных станций. “Архитектура ва курилиш соҳаларида инновацион технологияларни қўллаш истикболлари” мавзусидаги халқаро илм. – техник конференцияси. – Самарканд, 2016 йил 27-28 май. С. 220-221.

32. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шерматов Р.Ю., Закиров Р. Экономические показатели рекомендаций по повышению эффективности насосных станций. “Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства”. Международная научно-практическая конференция, посвящённая году экологии в России. С. Солёное Займище. Астраханская область. Россия – 2017 г. 18-19 май. С. 1011-1016.

33. Шакиров Б.М. Насос станциялари сув олиш иншоотларини гидравлик ишлаш шароитларини яхшилаш. П.Қ.Хабибуллаев – академик, Ўзбекистон Республикаси давлат мукофоти совриндори, Ўзбекистон Республикаси фан арбоби номидаги доимий фаолият кўрсатувчи Андижон вилоятининг семинари “Сув муаммолари ва суғоришнинг янги технологиялари” мавзусидаги анжуман. 18 апрель 2018 йил. Андижон.

34. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Мамажонова Н.А. Насос станцияларнинг аванкамерасини гидравлик иш тартиби. “Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончилигини ва хавфсизлигини ошириш” мавзусида халқаро илмий-амалий конференция. 10-12 май. Ташкент-2018. Б. 437-444.

35. Шакиров Б.М., Шакиров Б.Б. Разностная схема для уравнений Сен-Венана. “Замонавий илм-фаннинг инновацион ривожланиши” мавзусида республика микёсидаги илмий-амалий анжуман. 25 апрель 2019 йил. Андижон. С. 130-134.

36. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шакиров Б.Б., Махмудов А. Одномерные уравнения Сен-Венана в деформируемом русле. “Замонавий илм-фаннинг инновацион ривожланиши” мавзусида республика микёсидаги илмий-амалий анжуман. 25 апрель 2019 йил. Андижон. С. 134-137.

37. Мамажонов М., Шакиров Б.М. Использование математического моделирования при проектировании аванкамеры насосной станции. “Аграр соҳани истиқболли ривожлантиришда ресурс тежовчи инновацион технологиялардан самарали фойдаланиш” мавзусида халқаро миқёсда илмий-техник конференция. 20-21 сентябрь 2019 йил. Андижон. С. 156-159.

38. Мамажонов М., Шакиров Б.М. Способы расчёта подводящего канала насосной станции на равномерный режим движения. “Аграр соҳани истиқболли ривожлантиришда ресурс тежовчи инновацион технологиялардан самарали фойдаланиш” мавзусида халқаро миқёсда илмий-техник конференция. 20-21 сентябрь 2019 йил. Андижон. С. 152-155.

39. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Шакиров Б.Б., Иброхимов Х. Конструктивные устройства для энергосбережения на оросительных насосных станциях. Международная научно-практическая конференция по теме «Современные проблемы инновационного развития науки, образования и производства». Андижанский машиностроительный институт. 13-15 май 2020г. Андижан. С. 515-522.

40. Мамажонов М., Шакиров Б.М., Садыков Э., Махмудов А. Улучшение конструкции аванкамеры для повышения эффективности эксплуатации насосных станций. Международная научно-практическая конференция по теме «Современные проблемы инновационного развития науки, образования и производства». Андижанский машиностроительный институт. 13-15 май 2020г. Андижан. С. 522-530.

41. Shakirov B., Norkulov B., Nishanbaev Kh., Khurazbaev M., Nazarov B. Computer simulation of channel processes. E3S Web of Conferences 97, 05012 (2019), [www.scopus.com](http://www.scopus.com). Pp. 223-229

42. B.Matyakubov, M.Mamazhonov, B.Shakirov, B.B.Shakirov. Forebays of the polygonal cross-section of the irrigating pumping station. Международная научная конференция "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2020) в режиме онлайн. 23 апреля 2020г. г.Ташкент. Pp. 1-6.

43. Sh.A.Aynakulov, Kh. Karimova, S.Alibekov, B.Shakirov, M.Mamajonov. Constructive device for sediment flushing from water acceptance structure. Международная конференция по физике материалов, строительным конструкциям и технологиям в строительстве, промышленности и производстве (МПКПЭ 2020) 27-28 апреля 2020 года, Владимирский государственный университет имени Александра и Николая Столетовых, г.Владимир, Российская Федерация. С. 1-7.

44. Мамажонов М., Шакиров Б.М. Каналлардаги насос станцияларини аванкамерали сув олиш иншоотларининг ҳисоблари бўйича тавсиялар. “Andijon nashriyot-matbaa” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди. Буюртма №1845. Адади 100 нусха. Андижон. 2018. 56 б.

Автореферат «IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (23.10.2020 й.).

Босишга рухсат этилди 27.11.2020 йил  
Бичими 60x45 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 4,75. Адади: 100. Буюртма: №103.

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









