

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

---

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

**УРАЛОВ БАХТИЁР РАХМАТУЛЛАЕВИЧ**

**НАСОС СТАНЦИЯСИ МАШИНА КАНАЛИНИНГ ҒАДИР-БУДУРЛИГИНИ ВА  
ЎЗАН МОРФОМЕТРИК ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ГИДРАВЛИК ҚАРШИЛИККА  
ТАЪСИРИНИ НАЗАРИЙ ВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛ АСОСЛАШ**

**05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси**

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

**Тошкент – 2021**

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

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

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

**Уралов Бахтиёр Рахматуллаевич**

Насос станцияси машина каналининг ғадир будирлигини ва ўзан  
морфометрик элементларини гидравлик қаршиликга таъсирини назарий  
ва экспериментал асослаш..... 3

**Уралов Бахтиёр Рахматуллаевич**

Теоретическое и экспериментальное обоснование влияния  
шероховатости и морфометрических элементов русла на  
гидравлическое сопротивление машинных каналов насосных станций... 27

**Uralov Bakhtiyor Raxmatullaevich**

Theoretical and experimental substantiation of the influence of roughness  
and morphometric elements of the channel on the hydraulic resistance of  
machine channels of pumping stations..... 51

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 54

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

---

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

**УРАЛОВ БАХТИЁР РАХМАТУЛЛАЕВИЧ**

**НАСОС СТАНЦИЯСИ МАШИНА КАНАЛИНИНГ ҒАДИР-  
БУДУРЛИГИНИ ВА ЎЗАН МОРФОМЕТРИК ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ  
ГИДРАВЛИК ҚАРШИЛИККА ТАЪСИРИНИ НАЗАРИЙ ВА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛ АСОСЛАШ**

**05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси  
ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)**

**ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2020.4.DSc/T407 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:** **Базаров Дилшод Райимович**  
техника фанлари доктори, профессор.

**Расмий оппонентлар:** **Эшев Собир Саматович**  
техника фанлари доктори, профессор.

**Махмудов Илхом Эрназарович**  
техника фанлари доктори, профессор.

**Хужаев Исматилла Кушаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:** **Тошкент архитектура қурилиш институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 йил соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел: (+99871)-237-22-67, факс: (+99871) 237-54-79. e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz))

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

Диссертация автореферати 2021 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.

(2021 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**Т.З.Султонов**

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

**Ф.А.Гаппаров**

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

**А.М.Фатхуллоев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раис ўринбосари, т.ф.д., доцент.

## Кириш (докторлик диссертацияси (DSc) аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда кўплаб гидротехника, гидроэнергетика иншоотлари ва насос станцияларининг сув етказиб берувчи машина каналларини такомиллаштирилган конструкцияларини қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламоқда. Дунё миқёсида суғориш насос станцияларининг сув етказиб берувчи машина каналларидаги напор исрофини ва гидравлик қаршиликлари камайтирилган оптимал конструкцияларини амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан, суғориш насос станциясининг сув етказиб берувчи машина каналларидаги напор исрофи ва гидравлик қаршиликларни камайтирувчи самарали конструкциялардан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда суғориш насос станцияларининг сув етказиб берувчи машина каналларидаги напор исрофини ва гидравлик қаршиликларни камайтириш ва бартараф этиш бўйича илмий асосланган ҳисоблаш услубларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада сув етказиб берувчи машина каналларидаги очиқ оқимнинг кўндаланг кесими шаклини ҳисобга олган ҳолда узунлик бўйича напор исрофи тўғрисидаги масалани махсус геометрик параметр ёрдамида аниқлаш, насос станцияларининг сув етказиб берувчи машина каналларидаги напор исрофини ва гидравлик қаршиликларни камайтириш бўйича иншоотларнинг конструктив ечимларини танлаш, напор исрофи катталигига машина каналлини гадир - будурлиги ва ҳаракатдаги оқим кесими шаклининг таъсирини аниқлаштириш бўйича янги экспериментал тадқиқотлар ўтказиш ҳамда уларни илмий асослашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда, суғориш насос станциясини ишончлилик даражасини ва ишлаш муддатини ошириш бўйича, насос станциясининг сув етказиб берувчи машина каналларидаги напор исрофи ва канал ўзанини гидравлик қаршиликларни камайтириш, ҳамда такомиллаштирилган конструкцияларини ишлаб чиқиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодийнинг рақобатбардошлигини ошириш учун мелиорация ва ирригация объектларини ривожлантириш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан, ирригация ва қишлоқ хўжалиги иқтисодийнинг барча соҳаларини сув билан барқарор ва ишончли таъминлаш мақсадида, сув хўжалиги ирригацияни ривожлантириш, сув ресурсларидан самарали ва оқилона фойдаланишни инобатга олиб, суғориш насос станцияларининг сув етказиб берувчи машина каналлари ва иншоотларини такомиллаштирилган конструкцияларини яратиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

---

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

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони ва 2017 йил 25 сентябрдаги ПҚ-3286-сон «Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежаш» ва V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Канал ўзанларида оқимнинг очиқ ҳаракатида гидравлик қаршилиқларнинг қонуниятларини ва ўзан жараёнларининг гидравлик ҳисобларини аниқлаштириш бўйича назарий ва экспериментал тадқиқотлар билан чет эл ва республикамизда қуйидагилар шуғулланганлар: И.И.Леви, Р.Р.Чугаев, М.А.Великанов, М.В.Потапов, Г.В.Железняков, А.В.Караушев, Н.В.Гришанин, И.В.Попов, В.С.Алтунин, А.А.Турсунов, А.Д.Гиргидов, В.П.Троицкий, Ц.Е.Мирцхулава, Ю.А.Иббазиде, В.М.Ляхтер, А.Н.Милитеев, Р.М.Каримов, К.Ш. Латипов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Д.Р.Базаров, А.М. Арифжанов, Ф.Ҳакимов, С.С.Эшев, И.Э.Махмудов ва бошқаларнинг ишларида ўрганилган.

Сув келтирувчи каналларга ва иншоотларга тўғонсиз сув олиш муаммоларининг гидравлик тадқиқотларини ўрганиш билан уларнинг ичида С.Т.Алтунин, С.Х.Абальянц, А.М.Мухамедов, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, И.А.Бузунов, Р.Уркинбаев, Ж.Кучкаров, Д.Р.Базаров ва бошқалар, маълум даражада натижаларга эришган, улар амалиётга жорий этилган. Гидротехника қурилиши соҳасида ва гидротехник иншоотлар эксплуатациясининг назарий масалаларига кўп эътибор қаратилган. Ушбу йўналишда илмий тадқиқотларни Ц.Е.Мирцхулава, И.Н.Ивашенко, 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, Х.Файзиев (Ўзбекистон) ва бошқалар олиб борганлар. Сув ўтказувчи каналлар ва иншоотлар конструкцияларини мақбуллаштириш, уларнинг ишончлилиги масалалари бўйича К.Р.Аллаев, Ш.Х.Рахимов, Т.С.Камалов, О.Я.Гловацкий, М.М.Мухаммадиев, М.Мамажанов, Р.Р.Эргашев, Б.Уришев, У.У.Жонқобилов ва бошқалар таъкидлашicha, насос станцияларининг эксплуатациясида самарадорлик ва ишонччилик кўрсаткичларини ошириш, сув олиб келувчи машина каналларнинг конструктив ечимларини яратиш албатта зарурдир.

Ҳозирги вақтда насос станцияларининг сув қабул қилувчи каналлари ва иншоотлари ишлашининг гидравлик шароитларини яхшилаш бўйича олиб борилган гидравлик тадқиқотлар натижасида эгри чизиқли фронтли сув олишнинг сув қабул қилгичли машина каналларнинг айрим конструкциялари ишлаб чиқилган ва оқимнинг асосий характеристикаларини аниқлаш бўйича

математик моделлар келтирилган (Болонья Италия, Бордо Франция, Санкт-Петербург политехника университети Россия). Ҳозирги даврда насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналини янги такомиллашган тузилмаларни компоновка қилиш, бирлаштириб яратиш, шунингдек янги конструктив ечимларни қабул қилиш ва насос станциялари сув келтирувчи машина каналларининг гидравлик жараёнларни ўрганиш ва муҳандислик амалиётида ишлаб чиқиш зарурияти пайдо бўлади.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаси илмий ишлари режаси билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти илмий тадқиқот ишлари режасининг 19/2009 - «Рекомендации по улучшению условий эксплуатации головного сооружения и района бесплотинного водозабора в Аму-Бухарском Машинном канале» ва №ГА–КХФ-5-001-1 “Ирригация насос станцияларида сувнинг беқарор ҳаракатини бошқариш технологиясининг меъёрий қийматларини аниқлаш” давлат гранти мавзусидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** насос станция сув келтирувчи машина каналларида напор исрофи катталигига каналнинг жонли кўндаланг кесими шаклининг таъсирини ҳисобга олиш усуллари ва уларнинг конструктив элементларини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

-очиқ барқарор сув ҳаракатида узунлик бўйича напор исрофи тўғрисида экспериментал маълумотларни урганиш ва таҳлил этиш;

-“тўғри” шаклли ўзанларга тааллуқли маълумотларни ажратиш ва уларни таҳлил этиш;

-“тўғри” шаклли ўзанлар ҳолатида узунлик бўйича напор исрофи маълумотларини умумлаштириш учун зарурий қўшимча экспериментал тадқиқотларни ўтказиш;

-напор исрофи катталигига канал ҳаракатдаги кесими шаклининг таъсирини аниқлаштириш: “силлиқ” хўлланган юзали ҳолатида; каналнинг ғадир-будирликли хўлланган юзали ҳолатида;

- очиқ оқимнинг кўндаланг кесими шаклини ҳисобга олган ҳолда узунлик бўйича напор исрофи тўғрисидаги масалани махсус геометрик параметр ёрдамида умумлаштириш;

- очиқ барқарор сув ҳаракатида узунлик бўйича напор йўқотилишини амалий ҳисоблаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Амударё дарёси ўзанидан тўғонсиз сув олиш ҳудудидаги Аму-Бухоро машина канали (АБМК) олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** насос станциясига сув келтирувчи машина канали ҳудудида кечадиган гидравлик ва ўзан жараёнлари, ҳамда гидродинамиканинг асосий тенгламалари ташкил қилади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида экспериментал, дала кузатувлари усуллари, ҳамда гидравликада қабул қилинган қонуниятлар ва гидромеханика қонуниятлари асосида физик моделларни яратиш ҳамда улар ёрдамида илмий тадқиқот усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

-насос станциялари сув келтирувчи машина каналларининг эксплуатацион режимини ҳисобга олиб, оқимнинг секин ўзгарувчан ҳаракатини таъминловчи ҳисоб усули такомиллаштирилган;

-насос станцияларининг эксплуатация режимини яхшилаш учун сув келтирувчи машина каналлар ўзанининг мақбул, оптимал параметрларини ҳисоблаш усули такомиллаштирилган;

-насос станциянинг сув келтирувчи машина каналлари ва сув қабул қилувчи камералар мақбул параметрларини танлаш гидравлик ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

-насос станциянинг сув келтирувчи машина каналининг гидравлик каршилиқларни камайтириш ва аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

-насос станциянинг сув келтирувчи машина каналининг оптимал кундаланг кесимини ва сув қабул қилиш бўлинмаларини конструктив ўлчамларини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

-ўзанда сув оқими ҳаракатини ёритувчи математик модель такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

назарий, экспериментал ва дала кузатувлари тадқиқотлари натижалари насос станцияларининг эксплуатацион режимини ҳисобга олиб, сув келтирувчи машина каналининг мақбул параметрлари, насос станциясининг сув келтирувчи машина канали ва иншоотларида нормал сув сатҳини таъминлашни эътиборга олган ҳолда оқимнинг самарали гидравлик режими ишлаб чиқилган;

тадқиқот натижалари Бухоро вилояти Аму-Бухоро машина канали бошқармасига қарашли АБ-1 ва АБ-2 насос станцияларини сув олиш ўзанининг ғадир-будирлиги ва морфометрик элементларини сув келтирувчи машина каналига таъсирини аниқлаш ва конструктив ечимларини инobatга олиб, оқим динамикасини баҳолаш асосида илмий асосланган тавсиялар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги умумий қабул қилинган тадқиқот усулларида ҳамда олинган назарий натижаларнинг амалий маълумотларда тасдиқланганлиги, тажриба натижалари мазкур тадқиқот йўналишидаги бошқа муаллифлар олган натижалари билан таққосланганлиги ва тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилиши билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти насос станцияси сув келтирувчи машина каналларининг сув ўтказиш қобилиятини оширишни таъминловчи, уларнинг эксплуатация режимини яхшилашга имкон берувчи ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш ва уларнинг ишлаш ишончлилигини ошириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти насос станцияси сув келтирувчи машина каналлари ўзанларининг мақбул ўлчамларини танлашдан, насос станциясининг ишончли эксплуатациясини ҳисоблаш

усулларини ишлаб чиқиш ва қурилиш харажатларини камайтириш билан иқтисодий самарадорликка эришилгани билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Насос станциянинг сув олиш канали ва иншоотида оқимни текис тақсимланишини гидравлик ҳисоблаш усуллари бўйича олинган натижалар асосида:

насос станциянинг сув келтирувчи машина каналлари такомиллаштирилган конструкцияси, оқимни текис тақсимланишини таъминлайдиган Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги “SUVLOYINA” лойиҳалаштириш институти Андижон вилояти давлат унитар ташкилотида лойиҳалаш жараёнига жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 27 ноябрдаги №04/20-3619-сон маълумотномаси). Натижада, чеккадаги насосларнинг сув узатишини ошириш имкони яратилган, ўртадаги насоснинг сув узатиш миқдорига нисбатан 94,3% га сув узатиш имконияти яратилган;

насос станциянинг сув келтирувчи машина каналлари ва сув қабул қилувчи камералар мақбул параметрларини танлаш гидравлик ҳисоблаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Наманган вилояти насос станцияси ва энергетика бошқармасига қаршли насос станциясида жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 27 ноябрдаги №04/20-3619-сон маълумотномаси). Натижада, сув келтирувчи машина каналлар ва сув қабул қилувчи камералар мақбул параметрларини танлаш ҳисобига, гидравлик қаршиликлари камайган ва характеристикалари яхшиланган, уларнинг оқибатида насос агрегатларининг сув узатиши 2,7...3,2 % га, насос агрегатининг фойдали иш коэффициентини 2,09 % ошишига имкон яратилган.

Насос станциянинг сув келтирувчи машина каналини гидравлик қаршиликларини камайтириш ва аниқлаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Андижон вилояти насос станцияси ва энергетика бошқармасига қаршли “Бахт” насос станциясида жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 27 ноябрдаги №04/20-3619-сон маълумотномаси). Натижада, меъёрий ишлаш режими таъминланганлиги натижасида ресурстежамкорликни 2,1...4,3% га ортиш имконияти яратилган.

Насос станциянинг сув келтирувчи машина каналини оптимал кундаланг кесимини ва сув қабул қилиш бўлинмаларини конструктив ўлчамларини аниқлаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Фарғона вилояти насос станцияси ва энергетика бошқармасига қаршли насос станциясида жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 27 ноябрдаги №04/20-3619-сон маълумотномаси). Натижада, сув келтирувчи машина каналининг ва сув қабул қилиш бўлинмаларини гидравлик характеристикасини яхшилаш, қурилиш ва эксплуатация харажатларини камайтириш ва чеккадаги насосларнинг сув узатишини 2,6...3,1 % ортишига имкон яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 37 та илмий-техник, шу жумладан 15 та халқаро ва 22 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Тадқиқот мавзуси бўйича 63 та илмий мақола чоп этилган, шулардан 1 та монография ва Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий журналларда 25 та, жумладан 13 та республика ва 12 та мақола Scopus базасида рўйхатдан ўтган хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, бешда боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхати ҳамда иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 170 саҳифани ташкил қилади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида Ўзбекистон Республикасида ва жаҳонда ўтказилган илмий тадқиқот ишлари асосида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асосланди. Ишнинг мақсади, вазифалари, тадқиқот объектлари ва предметлари ифодаланди. Тадқиқот ишларининг Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқот ишининг илмий янгилиги ва амалий натижалари очиб берилди. Олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланди. Илмий ва амалий аҳамияти ёритилди. Тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилиши, ишнинг апробацияси, чоп этилган мақолалар, диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар берилди.

Диссертациянинг **“Очиқ каналларда напор йўқотилишини, исрофини аниқлаш учун мавжуд боғланишлар”** деб номланган биринчи бобида суғориш насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва сув қабул қилувчи иншоотлари билан боғлиқ бўлган илмий-тадқиқот ишларининг таҳлили келтирилган. Напорли каналларда ясси параллел турбулент оқимни тадқиқот этишда олинган натижалар, бу ерда фақатгина мос келувчи боғланишлар тузилишини белгилашга ва суюқлик очик ҳаракатининг шундай оддий ҳолатига аниқлик (яққоллик) киритишга имкон берадики, бунда ушбу ҳаракат ясси-параллел ёки бошқача айтганда ясси тубли чегарасиз катта кенгликдаги каналдаги ҳаракатга келтирилиши мумкин. Текис ясси каналларда турбулент равон очик сувнинг ҳаракатини ясси очик каналлардаги тадқиқотлар натижаларида  $\lambda_R$  коэффициенти учун, турли муаллифлар томонидан олинган боғланишлар, умумий кўриниши бўйича ўхшашдир, бу эса (1) формуладан яққол кўринади:

$$\frac{C}{\sqrt{2g}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = a \lg \operatorname{Re}_R \sqrt{\lambda_R} + b_r = a \lg C_r \operatorname{Re}_R \sqrt{\lambda_R}. \quad (1)$$

бунда, фақат  $a$ ,  $b_r$ ,  $c_r$  доимийларининг миқдорлариги бўйича фарқ қилади. (1) формуладаги  $b_r$  доимийсининг камайиши билан  $\lambda_R$  ортиб боради.

Канал туби ва деворларининг ҳар хил заррачали (қумли) сунъий ғадир будирликли тўғри бурчакли кўндаланг кесимли очик каналларда турбулент сув ҳаракатини кенг кўламда тадқиқот қилиш иш муаллифи А.П. Зегжда

томонидан бажарилган. Ушбу тадқиқот натижалари муаллифни қуйидаги боғланиш графигига олиб келди:

$$\lg \lambda_R = f\left(\lg Re, \frac{R}{\Delta}\right). \quad (2)$$

Қаршиликнинг квадратик сохаси учун муаллиф қуйидаги боғланишга келди:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4 \lg \frac{R}{\Delta} + 4.25 = 4 \lg 11.5, \quad (3)$$

бу ерда;  $\Delta$  - абсолют, мутлақ донатор заррачали ғадир-будирлик (заррачалар диаметри, улар ҳар хил заррачали ғадир-будирлик яратиш учун канал туби ва деворлари юзасига бириктирилади).

Никурадзе ўз вақтида қувурларда қаршиликнинг квадратик сохаси учун қуйидаги боғланишни олди:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4 \lg \frac{R}{\Delta} + 4.68 = 4 \lg 14.8 \frac{R}{\Delta} \quad (4)$$

А.П. Зегжда, Никурадзенинг экспериментал маълумотларига таяниб, очиқ оқимлар учун ушбу кўринишдаги боғланишни тавсия этган:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4 \lg \frac{R}{\Delta} + 3.46 = 4 \lg 7.42 \frac{R}{\Delta} \quad (5)$$

Кўришиб турибдики, ҳар хил заррачали сунъий ғадир будирликли очиқ каналларда  $\lambda_R$  коэффициенти учун ҳар хил муаллифлар томонидан олинган боғланишлар қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{C}{\sqrt{2g}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = a \lg \frac{R}{\Delta} + b_3 = a \lg c_3 \frac{R}{\Delta}, \quad (6)$$

бунда ҳам,  $a$ ,  $b_3$ , ва  $c_3$  доимийларининг миқдорлари бири-бирдан фарқ қилади. Тадқиқотларда олинган  $a$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  доимийларининг ҳар хил миқдорлари бизнинг фикримизча, энг аввало ушбу ишларда канал жонли кўндаланг кесимининг таъсирини тўлиқроқ эътиборга олинмаслигидадир. Бажарилган таҳлилларга асосланиб, диссертация ишининг асосий мақсади ва вазифалари шакллантирилди.

Диссертациянинг «**Гидродинамик тенгламаларда гидравлик қаршиликнинг роли**» деб номланган иккинчи бобида суғориш насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотларида сув оқими ҳаракатини математик ва чизиқли моделлаштиришни ишлаб чиқиш бўйича масалалар ва ўзан жараёнларини математик ва чизиқли моделлаштиришда гидравлик қаршиликга ўзан шаклининг таъсири кўриб чиқилган. Математик моделни тузишда насос станцияларининг машина каналлари ўзанларида оқим ҳаракатини шакллантирувчи асосий физик қонунларни ҳисобга олиш зарур.

Реал объектларни тадқиқот қилишда, шунингдек оқимнинг қониқарли тарқалишини таъминловчи сунъий ғадир-будирлик элементларини танлаш учун санокли гидравлик экспериментларда туб анизотропияли ҳолатда Сен-Венан тенгламаси ишлатилади. Оқимнинг беқарор ҳаракатида унинг

параметрлари динамикасини ўрганиш учун насос станцияси каналларида сув оқимининг ҳаракатини ифодаловчи масса ва куч импульсини сақланиш қонунига асосланган гидродинамика тенгламалари ёрдамида математик модел яратилди. Гидрадинамик тенгламаларини ечиш учун қулай шаклда ёзишда қуйидаги чекланишлар қабул қилинди:

- оқим чуқурлиги бўйлаб босим тақсимланиши гидростатик қонуниятга бўйсунди;

- оқимнинг беқарор ҳаракатида гидравлик ишқаланиш барқарор ҳаракатдаги каби қабул қилинади.

- сув оқими эркин сатҳи оқимга йўналишда олинган кўндаланг текисликка нисбатан горизонтал вазиятда бўлади.

- Кориолис коэффициенти ҳисобий кесимларда ўзгармас.

Чегаравий шартлар қабул қилиниб, айрим математик амалларини бажаргандан сўнг тенглама қуйидагича кўринишини олади:

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q^2 / \omega + gS}{\partial x} - g \frac{\partial S}{\partial x} \Big|_{Z_{fs} = \text{const}} + \frac{\lambda}{2} v^2 \times \chi = 0, \end{cases} \quad (8)$$

бунда,  $t$  – вақт;  $x, y$  – мос равишда ўзанинг узунлик ва кўндаланг кесим ўлчамлари;  $\alpha$  – тезлик эпюраси шаклини инобатга олувчи ҳаракат миқдори тузатмаси;  $g$  – оғирлик кучи таъсиридаги тезланиш;  $Q$  – қаралаётган кесимдаги оқим сарфи  $\omega$ –ҳаракатдаги кесим юзаси;  $S$  – оқим сатҳига нисбатан ҳаракатдаги кесим юзаси статик моменти,  $S = \omega h_{\text{OF.M.}}$ ;  $h_{\text{OF.M.}}$  – қаралаётган ҳаракатдаги кесим юзаси оғирлик маркази чуқурлиги;  $Z_{fs}$  – оқим сатҳи координатаси;  $B$  – ўзан кўндаланг кесими бўйича кенглиги;  $\chi$ –хўлланган периметр;  $\lambda$ –ўзан гидравлик қаршилиги коэффициенти. Сен-Венаннинг услуги бўйича ечимларга биноан насос станциясининг машина канали ўзанларида оқим ҳаракатининг функционал ифодасини келтириб чиқариш мумкин. Келтирилган ҳаракатни таснифловчи параметрларни асосий ўлчамли кўчиришлардан тузилган функционал шаклда берилган очик ўзандаги суюқлик очик ҳаракатининг умумий тенгламасини қуйидаги кўринишда келтириш мумкин:

$$F(l_1, l_2, \Delta, v, F, \rho, G, v) = 0 \quad (9)$$

Тенгламага киритилган параметрлар уч категорияга киради:

- чегаравий шартлар (оқим жонли кўндаланг кесимининг стандарт чизикли ўлчами  $l_1$ , ғадир будирлик бўртмаси баландлиги  $\Delta$ ) билан аниқланадиган ҳарактерли чизикли ўлчамлар;

- оқимнинг кинематик ва динамик ҳарактеристикалари (ўртача тезлик  $v$ , гидравлик қаршилик кучи  $F$ , оғирлик кучи  $G$ );

- суюқликнинг физик хоссалари (зичлик  $\rho$ , ёпишқоқлик  $\nu$ ).

$\lambda$  – теоремасидан фойдаланиб, барча ўзгарувчан ўлчамли катталикларни ўлчамсиз комплексларга гурухлаштириб, 9-боғланишга янада аниқроқ кўриниш бериш мумкин. Очiq ўзанда суюқликнинг текис равон ҳаракатини тавсифловчи ўлчамли катталикларни тахлили натижасида олинган параметрларни кўзда тутиб, улар қуйидагиларни ўзида акс эттиради:

- Гидравлик ишқаланиш коэффиценти  $\lambda$ ;
- Рейнольдс сони  $Re$ ;
- Фруд сони  $Fr$ ;
- Нисбий ғадир – будирлик  $\Delta/R$ ;
- Канал шакли параметри  $l_1/l_2$ .

Юқоридагиларни ҳисобга олиб, 9-тенгламани қуйидаги шаклда келтириш мумкин:

$$\lambda = f\left(\frac{l_1}{l_2}; \frac{\Delta}{R}; Fr; Re\right) \quad (10)$$

ёки:

$$\lambda = f\left(\Phi; \frac{\Delta}{R}; Fr; Re\right) \quad (11)$$

бунда:  $\Phi = f\left(\frac{l_1}{l_2}\right)$  - каналнинг ҳаракатдаги кесимига боғлиқ функция.

Табиийки, бир вақтда ишлатиладиган кўп сонли ўзгарувчан катталиклар ичидан гидравлик ишқаланиш коэффицентининг функционал боғланишини излаб топиш қийин масаладир. Ушбу ўзгарувчан микдорлар суюқлик ҳаракатининг шароитларига боғлиқ холда  $\lambda$  га ҳар хил даражада таъсир этиши мумкин.

Агар, масалан, каналлардаги (силлиқ ва ғадир-будирликли юзага яқин бўлган ҳар хил ҳаракатдаги кесим шаклли) оқимларнинг бутун бир қатор гидравлик параметрларини тинч, турғун режим шароитларида ( $Fr \ll 1$ ) да ўзаро кўриб чиқсак ва таққосласак, унда бу ҳолатда 11-тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$\lambda = f\left(Re; \frac{\Delta}{R}; \Phi\right) \quad (12)$$

12-боғланишнинг адолатли эканлигини тасдиқлаш мақсадида ўзан кўндаланг кесимининг оддийроқ шакллари кўзда тутиб, уларнинг кўндаланг кесимининг мураккаброк шакллари билан тавсифланадиган гидравлик қаршилик учун олдин формулани келтириб чиқаришни келтирдик.

Трапецеидал шаклга эга бўлган каналларда напор йўқотилишини аниқлаш учун формулани келтириб чиқаришда иккита ҳолатни кўриш мумкин: 1) берилган трапецеидал шаклнинг ички бурчаклари биссектриссалари каналнинг ҳаракатдаги кесимидан юқорида жойлашганда ва; 2) берилган трапецеидал шаклнинг ички бурчаклари биссектриссалари каналнинг ҳаракатдаги кесими ичида жойлашганда.

**1) берилган трапецеидал шаклнинг ички бурчаклари биссектриссалари каналнинг ҳаракатдаги кесимидан юқорида**

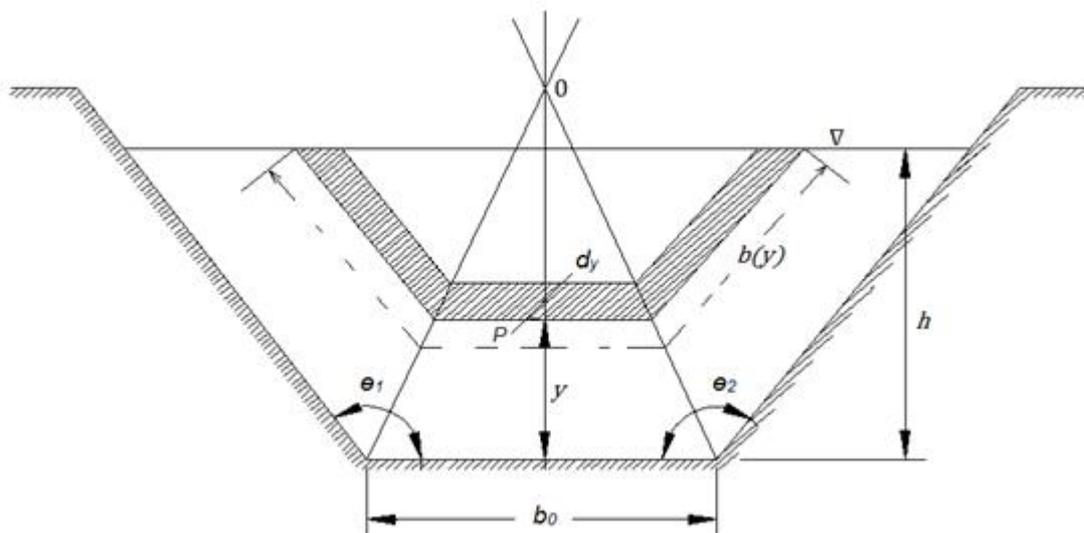
**жойлашган ҳолат:** расм -1 да канал кесимининг ички бурчаклари  $\psi_1$  ва  $\psi_2$  билан, асосининг узунлиги  $B_0$  билан, чуқурлиги эса  $h$  билан белгиланган. Каналнинг ҳаракатдаги кесимини чексиз кичик энли  $dy$  зоналарга бўлиб чиқилади, бунда шу берилган зоналарнинг барча қисми девордан бир хил  $y$  минимал масофада жойлашилади. Зоналарнинг биридаги  $P$  нуқтадаги тезликни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\frac{u}{\bar{u}_*} = a + b \ln\left(\frac{yu_*}{\nu}\right) - K_f \frac{\bar{u}}{\bar{u}_*}, \quad (13)$$

бу ерда:  $y$  - нормал бўйича девордан  $P$  нуқтагача булган масофа,  $u_*$  -  $P$  нуқтадан нормал асосидаги уринма кучланишга жавоб берувчи маҳаллий динамик тезлик.

$K_f \frac{\bar{u}}{\bar{u}_*}$  - эркин сатхнинг таъсирини ҳисобга олувчи тузатма,  $\bar{u}$  - ҳаракатдаги кесимдаги ўртача тезлик,  $u_*$  - қаттиқ чегара бўйича ўртача динамик тезлик. Кўриниб турибдики,  $y$   $P$  нуқтасининг жойлашишига боғлиқ. Маҳаллий динамик тезликнинг ўртача динамик тезликга нисбати  $u_*$  ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{u_*}{\bar{u}_*} = 1 + K_* \quad (14)$$



**1-расм. Биссектрисаларнинг трапецеидал канал ҳаракатдаги кесими устида кесишиш ҳолати.**

13-боғланишдаги  $u_*$  ни, унинг 14-боғланишдаги қиймати билан алмаштирсак, қуйидагиларни куриш мумкин:

$$\frac{u_*}{\bar{u}_*} = a + b \ln \frac{\bar{u}_* y}{\nu} + b \ln \frac{\bar{u}_*}{\bar{u}_*} - k_f \frac{u}{\bar{u}_*} \quad (15)$$

ва  $b \ln \frac{\bar{u}_*}{\bar{u}_*} = k_* \frac{u}{\bar{u}_*}$  даги  $k_*$  қатнашган кичик катталикларни ташлаб юборсак, қуйидагини куриш мумкин:

$$\frac{u_*}{\bar{u}_*} = a + b \ln \frac{\bar{u}_* y}{\nu} - (k_f - k_*) \frac{u}{u_*} \quad (16)$$

16-боғланишни силлиқ юзали каналларда тезликлар тарқалишининг аниқ қонуни деб аташ мумкин. Агар ламинар остки қатламдаги оқимни эътиборга олмасак, унда ҳаракатдаги кесим орқали тўлиқ сув сарфи қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q = v * \omega = \int_0^h ub(y)dy = \int_0^h u d\omega. \quad (17)$$

ва бунда:  $d\omega = b(y)dy$  ни ифодалайди, бу ерда,  $Q$  – каналдаги сув сарфи;  $v = u$  – оқимнинг ўртача тезлиги;  $b(y)$  – каналнинг ҳаракатдаги кесими юзаси; ҳар қандай зонанинг узунлиги  $b(y)$  қуйидагича ифодаланади:

$$b(y) = \chi - \varphi y, \quad (18)$$

бунда:  $\chi$  - хўлланган периметр;  $\varphi$  – бурчакларнинг биссектрисалари кесишадиган нуқтанинг жойлашишига боғлиқ бўлган бурчаклар функцияси, ва ички бурчаклар биссектрисаларининг кесишиш нуқтаси каналнинг ҳаракатдаги кесими юқорисида жойлашган ҳолатда  $\varphi$  қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\varphi = ctg \psi_1 + ctg \psi_2 + 2 \cos ec \psi_1 + 2 \cos ec \psi_2 \quad (19)$$

Ҳаракатдаги кесим юзаси  $\omega$  қуйидагича аниқланади :

$$\omega = \int_0^y d\omega = \int_0^y b(y)dy \quad (20)$$

20-боғланишдаги  $b(y)$  нинг қийматини 21-боғланишга қўйиб ва интеграллаб, қуйидагига эга бўлинди:

$$\omega = \int_0^h (\chi - \varphi y)dy = \chi h - \frac{\varphi h^2}{2}. \quad (21)$$

Оқимнинг ўртача тезлиги қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$v = \frac{1}{\omega} \int_0^h u d\omega = \frac{1}{\omega} \int_0^h ub(y)dy. \quad (22)$$

Охириги ифодадан ва тенгламадан қуйидаги (23) келиб чиқади :

$$\begin{aligned} \frac{u}{u_*} &= \frac{1}{\omega} \int_0^h \left[ a + b \ln \frac{u_* y}{\nu} - (k_f - k_*) \frac{u}{u_*} \right] d\omega = \frac{1}{\omega} \left[ \int_0^h a d\omega - \int_0^h (k_f - k_*) \frac{u}{u_*} d\omega + \int_0^h b \ln \frac{u_* y}{\nu} d\omega \right] = \\ &= \frac{1}{\omega} \left[ \int_0^h a d\omega - \frac{u}{u_*} \int_0^h (k_f - k_*) d\omega + \int_0^h b \ln \frac{u_*}{\nu} d\omega + \int_0^h b \ln y d\omega \right] \end{aligned} \quad (23)$$

белгилашдан кейин,

$$a_k = \frac{1}{\omega} \int_0^h a d\omega ; k = \frac{1}{\omega} \int_0^h (k_f - k_*) d\omega \quad (24)$$

(24) тенгламага кирувчи хадларни қуйида келтирилганидек ҳисоблаб ва келтирилган формулалардан фойдаланиб қуйидагилар олинади ва бунда:

$$\frac{u}{u_*} = a_k - K \frac{u}{u_*} + b \ln \frac{u_*}{\nu} + b \ln h - b - \frac{\varphi b h^2}{4\omega} = a_k - b + b \ln \frac{u_* h}{\nu} - \frac{\varphi b h^2}{4\omega} - \frac{\varphi b h^2}{4\omega} - K \frac{u}{u_*} \quad (25)$$

Агар (25) тенгламадаги логарифмли хаддаги  $h$  ни гидравлик радиус  $R$  билан алмаштириб,  $h = h_* R / R$  ўрнига қўйиш йўли билан ёки шундай қилиб:

$$b \ln \frac{u_* h}{\nu} * \frac{R}{h R} = b \ln \frac{u_* R}{\nu} + b \ln \frac{h}{R} \quad (26)$$

ва  $\Phi$  орқали куйидаги тенгликни белгиласак,

$$\ln \frac{h}{R} - \frac{\phi h^2}{4\omega} = \Phi \quad (27)$$

унда силлиқ юзали туб ва қияликли трапецеидал шаклдаги каналда оқимнинг ўртача тезлиги учун ифода  $u = v$  ва  $u_* = v_*$  қабул қилинишлар билан куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{v}{v_*} = a_{2\eta} - b + b \ln \left( \frac{Rv_*}{v} \right) + b\phi - K \frac{v}{v_*} \quad (28)$$

Агар каналнинг туби ва қияликлари ғадир-будирликли бўлса, (28) тенгламадаги  $a_{2\eta}$  ни  $a\omega$  га алмаштириш зарур, унда бундай каналда ўртача тезлик учун тенглама куйидаги кўринишга келади:

$$\frac{v}{v_*} = a_\omega - b + b \ln \left( \frac{R}{\Delta} \right) + b\phi - K \frac{v}{v_*} \quad (29)$$

**Кўндаланг кесими бошқача шаклли ўзанлар.** Агар бошқача тўғри кесимли каналларда ўртача тезликни юқорида тушинтирилганидек тарзда ҳисобланса, кўриш мумкинки, ушбу ҳолатда ҳам ўртача тезлик учун ифода трапецеидал кесим учун (28) ва (29) тенгламалар олинган худди шундай кўринишга эга бўлади, фақат « $\Phi$ » ва « $K$ » каналнинг кўндаланг кесим геометриясига боғлиқ ҳолда ўзгаради (кесимдан кесимгача). Юқорида келтирилганларни инобатга олиб, (28) ва (29) тенгламаларни доимий кесимли ва нишабликли каналларда оқимнинг ўртача тезлигини аниқлаш учун рационал тенгламалар деб ҳисоблашимиз мумкин. Ҳисоблар кўрсатадики, учбурчакли кўндаланг кесимли каналларда  $\Phi$  катталиги сув чуқурлигига боғлиқ эмас, бу ҳолатда  $\Phi = 0,19$ . Тўртбурчакли кўндаланг кесимли каналлар учун  $\Phi$  нинг ифодаси куйидаги кўринишга келади:

$$\Phi = \ln \left( 1 + \frac{2h}{B_0} \right) - \frac{h}{B_0}, \quad (30)$$

(30) боғланишдан ярим айланали кўндаланг кесимли каналлар учун:

$$\Phi = \int_0^h \left[ \ln \left( \frac{y}{R} \right) \right] * \frac{B_0}{R} * \frac{dy}{\chi} + 1,0 \quad (31)$$

« $\Phi$ » функцияси каналнинг жонли кўндаланг кесими шаклига боғлиқ бўлиб, ушбу шаклнинг тавсифи ҳисобланади. « $K$ » коэффициенти тўғрисида ҳозирча кам маълумот мавжуд. Шунга қарамадан, олдиндан айтиш мумкинки, у ҳам каналнинг жонли кўндаланг кесими шаклига боғлиқ, лекин унинг катталиги, айниқса максимал тезликни флуктуация билан сўндириш катта бўлмаган ҳолатларда сезиларсиз бўлади. Таклиф этадиган услубга мувофиқ ва Келеганнинг услуби бўйича трапецеидал ва тўғри кўндаланг кесимли бошқа шаклдаги каналлар учун гидравлик қаршилик формулаларини куйидаги кўринишда келтириш мумкин:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{1}{\psi \sqrt{2}} \left( \ln \frac{\eta_\Lambda R}{\delta_\Lambda} - 1 + \ln \frac{h}{\eta_\Lambda R} - \frac{\xi h^2}{4\omega} \right) \quad (32)$$

Шундай нисбат эгри чизиқли кўндаланг қирқимли каналлар учун В.Т.Чоу бўйича ҳам мос келади. 32-формулада қуйидагилар қабул қилинган:  $\psi$  – Карман доимийси;  $\psi = 0,4$ ;  $\eta_\Lambda$  - ёпишқоқ қатлам ости учун Рейнольдс сони;  $\eta_\Lambda = \delta_\Lambda V_{*0}/V$ ;  $\delta_\Lambda$  = қатлам ости қалинлиги;  $h$  – каналнинг тўлдирилиш чуқурлиги;  $\xi$  бу  $b(y) = \chi - \xi y$  нисбатдаги каналнинг шакли функцияси;  $\chi$  – ҳўлланган периметр ;  $\omega$  - каналнинг ҳаракатдаги кесим юзаси. 32-формула ҳам силлиқ ( $\eta_\Lambda = 1/9$ ) ва ғадир-будирликли каналлардаги суюқликнинг ҳаракати учун ҳам тўғри келади ( $\eta_\Lambda = 1/30$ , ундан ташқари  $\eta_\Lambda = \delta / \Delta_0$ ). Ушбу формуладаги учинчи ва охириги хадлар канал ҳаракатдаги кесими шаклининг гидравлик қаршилигига таъсирини ҳисобга олади. Аммо, 32-формулада эркин юзанинг тезлик ва напор йўқотилишларининг тақсимланишига таъсири тулик кўламда ҳисобга олинмайди. 32-формулани келтириб чиқаришда йўл қўйилган бошқа қўйилмаларни инобатга олиб, айтиш жоизки, 32-формула канал гидравлик қаршилигининг унинг ҳаракатдаги кесим шаклига боғлиқлигини аниқловчи хадларининг умумий кўринишинигина назарда тутишга имкон беради. Мувофиқ келувчи боғланишнинг муайян кўриниши эса фақат мос келувчи экспериментал маълумотларни кўриб чиқишдан ўрнатилиши мумкин.

Диссертация ишининг учинчи бобида **"Ҳар хил ғадир будирли ва кўндаланг кесимли шакллардаги лотокларда ўтказилган тажрибалар келтирилади (ҳисоблаш канал оқими чуқурлиги " h " орқали амалга оширилади)"** ушбу ҳар хил ғадир будирли ва кундаланг кесим шаклидаги лотокларда ўтказилган тажрибалар ва ҳисобий ишлар, асосан иш муаллифи томонидан амалга оширилган тажрибаларни ўз ичига олади ва тавсифлайди.

Экспериментал текширишни тавсифлашининг амалий имконсизлиги, каналлар кесимининг барча хилма хиллигини ва намланган сиртнинг ғадир будирлигини ва уларнинг напор йўқолишига таъсирини аниқлаш учун, илмий адабиётларда келтирилган Базеннинг баъзи бир экспериментал тадқиқотларидан фойдаланилган. Шунга мувофиқ, Базеннинг очиқ лотокларидаги классик тажрибаларини синчковлик билан ўрганиб чиқдик, сўнгра Базен томонидан олинган экспериментал маълумотларни, бизнинг тажрибамаизнинг биринчи босқичи маълумотлари билан бир оз тўлдирилди ва ҳар хил ғадир будирли кундаланг кесими тўртбурчак ва трапеция шаклида бўлган лотокларда тадқиқот тажрибалари кенгайтирилиб ўтказилди. Бу бўлимда, "λ" гидравлик ишқаланиш коэффицентини аниқлаш учун барча ҳисоб-китоблар канал оқимининг чуқурлиги " h " орқали амалга оширилади.

Диссертациянинг **«Насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотлари гидравлик қаршилиқларининг экспериментал ва дала тадқиқотлари тажрибалари натижалари»** деб номланган туртинчи бобида, насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотлари гидравлик қаршилиқларининг экспериментал ва дала тадқиқотлари тажрибалари натижалари келтирилган.

Тўғри бурчакли ва трапецеидал кўндаланг кесимли очиқ каналлар моделларида вазифаларга мувофиқ тажрибалар олиб борилди. Шунингдек, экспериментал маълумотларни тўлдириш учун тўғри бурчакли, трапецеидал ва

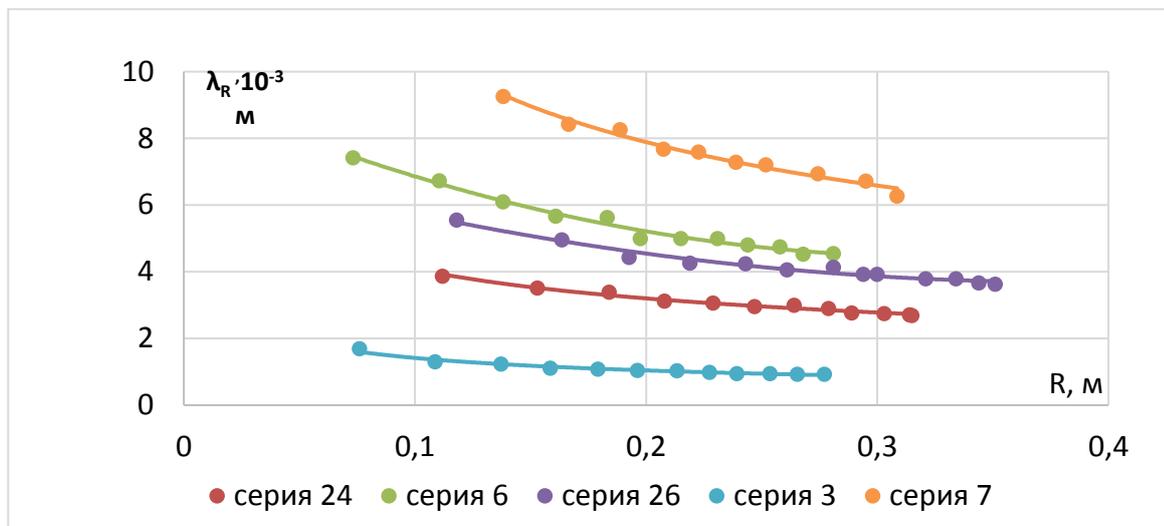
ярим айлана кўндаланг кесимли, ҳар хил ғадир-будирликли очик каналлар моделларида Базеннинг мос келувчи тажрибалар сериясидан фойдаланилди.

Туби ва деворлари юзасининг ғадир – будирлиги икки хил: силлиқга яқин бўлган (силлиқ шувоқланган) ва юзасига диаметри  $d = 5-7$  мм бўлган гравий ёпиштирилган бўлган каналлар тадқиқот қилинди. Юқорида келтирилган тўғри бурчакли ва трапецеидал кўндаланг кесимли экспериментал каналларда 4 та тажрибалар серияси жамлаштирилди. Уларнинг ҳар биттасида 14–16 тажриба нуқталари олинди, канал тубининг доимий нишаблиги  $i = 0,001$ . Бунда каналдан 14- 16 (одатда 16) ҳар хил сув сарфлари ўтказилди, улар 4 л/с. дан 250 л/с. гача ўзгартирилди. Рейнольдс сонлари  $Re = 6400-124000$  чегараларда ўзгарди, Фруд сони эса  $Fr < 1,0$  бўлди. Гидравлик радиус ҳар бир тажриба сериясида 1,72 дан 19,45 см. ораликда ўзгарди. Ҳар бир тажрибада сув сарфи, ҳарорати ва оқим чуқурлиги ўлчанди.  $Fr < 1,0$  барча тажрибаларда текис, равон оқимнинг нормал чуқурлиги аниқланди. Диссертация ишида экспериментал тадқиқотлар натижаларини далага қайта ҳисоблаш критериялари ишлатилди. Булар билан бирга экспериментал каналнинг геометрик ўлчамлари моделлаштириш миқёсларини ҳисобга олиб, реал объект параметрлари асосида қайта ҳисоблаб чиқилди. Экспериментал тадқиқотлар асосида сув оқимининг вертикал тезликларининг тақсимланиши, шунингдек, АБМК машина канали даладаги маълумотлари (АБ-1 каналида сув сарфи  $Q=75$  м<sup>3</sup>/с ва АБ-2 каналида эса  $Q=150$  м<sup>3</sup>/с ни ташкил этди) далада машина каналда сув тезлиги юқори ва  $v = 3,2 \div 4,52$  м/с га тенг, экспериментал ва дала шароитларида олинган маълумотлар ўхшаш натижаларни берди.

Ундан ташқари, Базен тажрибаларининг қуйидаги сериялари қайта ишлаб чиқилди: серия №2 (тўғри бурчак шаклидаги кўндаланг кесимли канал: канал туби ва деворлари юзаси силлиқ цемент); серия № 24 (ярим айлана шаклидаги кўндаланг кесимли канал: канал туби ва деворлари юзаси силлиқ цемент); серия № 6 (тўғри бурчак шаклидаги кўндаланг кесимли канал: канал туби ва деворлари юзаси тахта доскалар); серия №26 ва серия №4 (тўғри бурчак шаклидаги кўндаланг кесимли канал: канал туби ва деворлари юзаси – гравий  $d = 0,01-0,02$  м.); серия № 27 (ярим айлана шаклидаги кўндаланг кесимли канал: канал туби ва деворлари юзаси – гравий  $d = 0,01 - 0,02$  м.). Гидравлик ишқаланиш коэффициентини  $\lambda$  ва Рейнольдс сонини аниқлаш Базен тажрибаларининг барча сериялари учун ҳам одатдаги боғланишлар бўйича амалга оширилди. Сўнгра, тажрибаларимизнинг экспериментал маълумотлари бўйича ва Базен тажрибаларининг берилган сериялари маълумотлари бўйича ҳар бир аниқланган гидравлик радиус  $R$  учун ғадир-будирлик бўртмаларининг баландлиги тескари йул билан, гидравлик ишқаланиш коэффициенти  $\lambda$  нинг маълум бўлган қийматларида аниқланди. Тажрибалар №1,3, №7,8 сериялар бўйича ва Базеннинг № 2, № 24, № 6, № 26, № 3, № 7, № 21, № 23 сериялари бўйича маълумотларини мос равишда қайта ишлаш натижалари 4.4 – 4.16 - жадвалларда иловада келтирилган ва расмлар 4.1 - 4.6 да графикларда келтирилган.

Нисбий ғадир-будирликнинг кичик қийматларида, яъни силлиқ юзага яқинроқ қаршиликли ораликда тўғри бурчакли ва ярим айлана кўндаланг

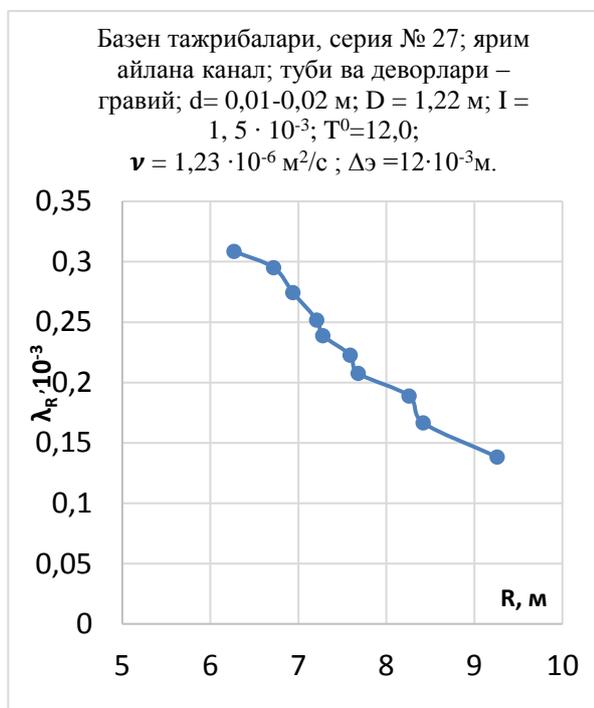
кесимли каналлар учун  $\lambda$  лар орасидаги фарқ 14 – 18% ни ташкил этади,  $\Delta/R$  нисбат ошиши билан  $\lambda$  лар орасидаги фарқлар 32 – 46% гача ортади.



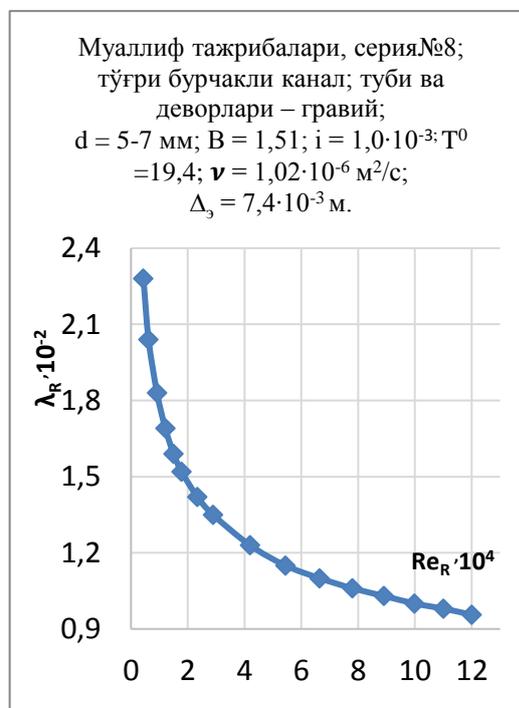
2-расм. R га нисбатан  $\lambda_R$  боғланиши.

Базен тажрибалари, серия № 24, ярим айланали каналлар, канал туби ва деворлари юзаси – силлиқ бетон ва № 6, 26 сериялар, тўғри бурчакли ва ярим айланали каналлар, канал туби ва деворлари юзаси – ёғоч тахтали, муаллиф тажрибалари, серия № 3,7, тўғри бурчакли ва трапециедал каналлар, канал туби ва деворлари юзаси – гравий  $d = 5-7\text{мм}$ .

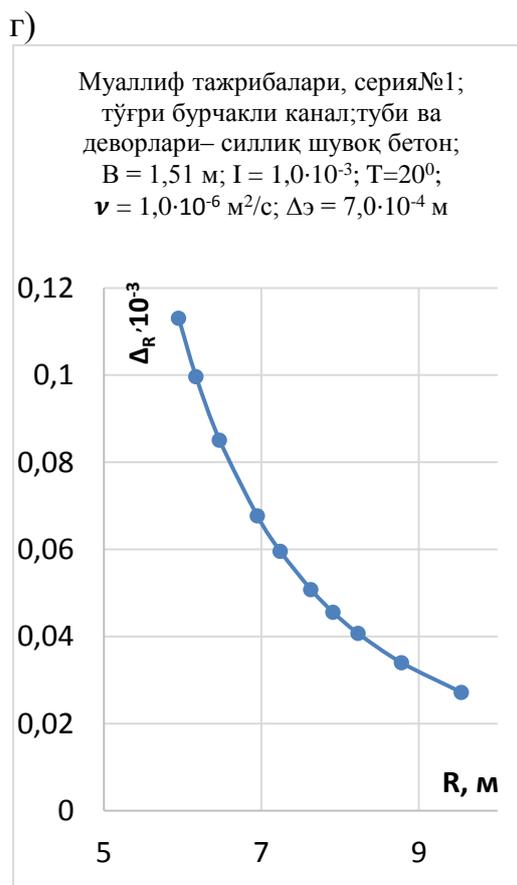
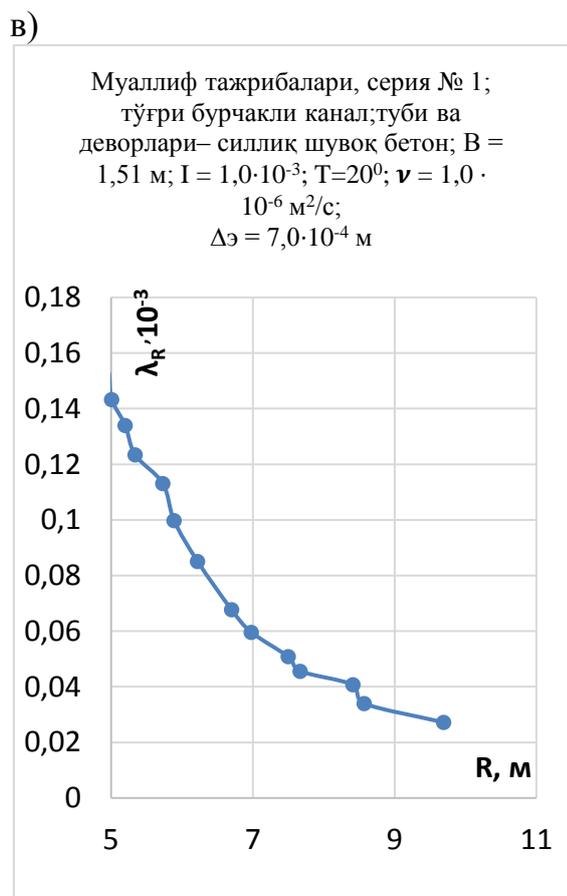
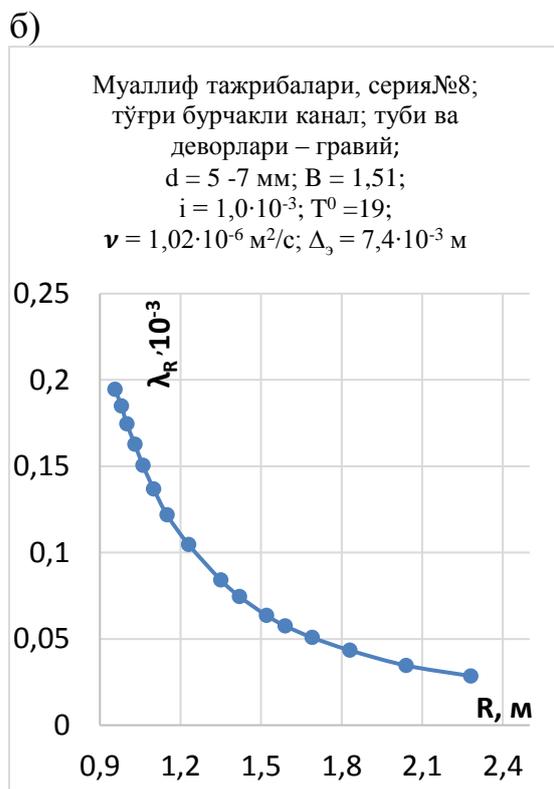
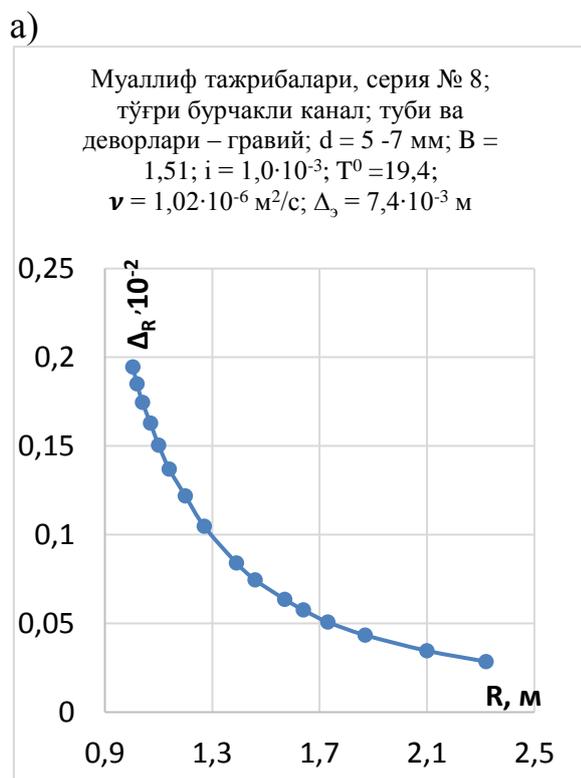
а)



б)

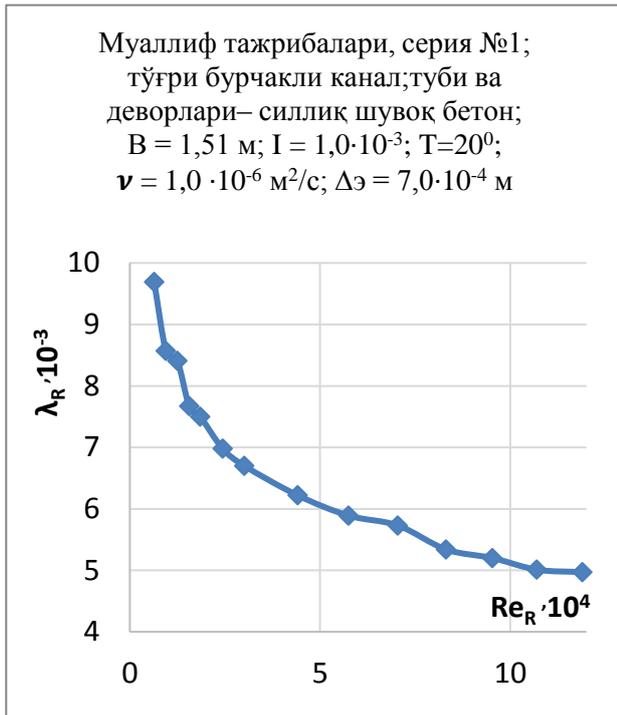


3 - расм.  $\lambda_R = f(R)$  ва  $\lambda_R = f(Re_R)$  боғланишлари

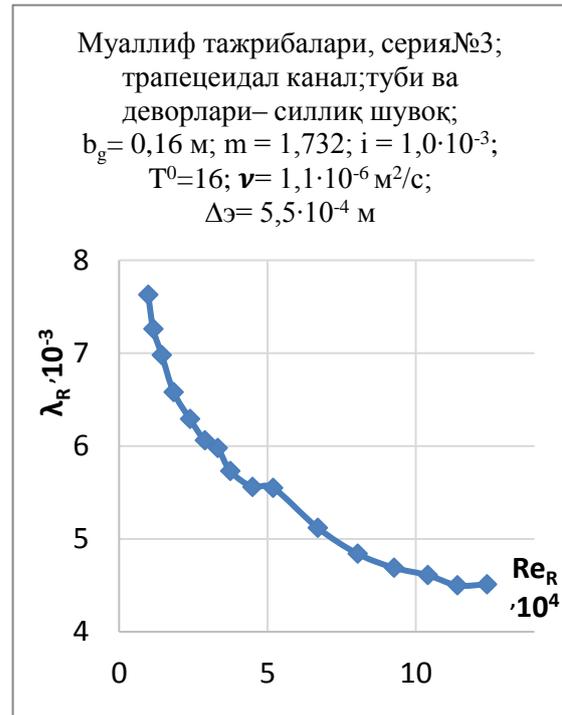


4-расм.  $\Delta_R = f(R)$  ва  $\lambda_R = f(R)$  боғланишлари

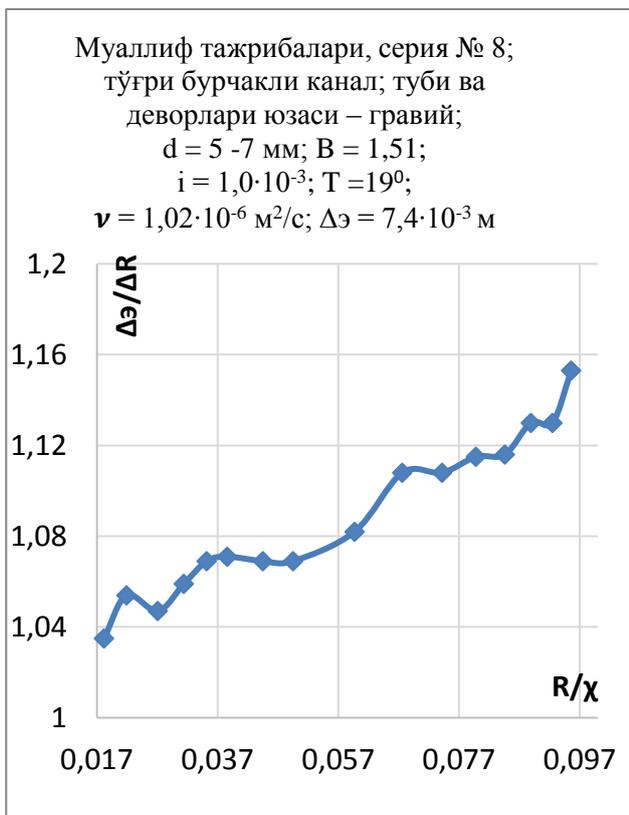
а)



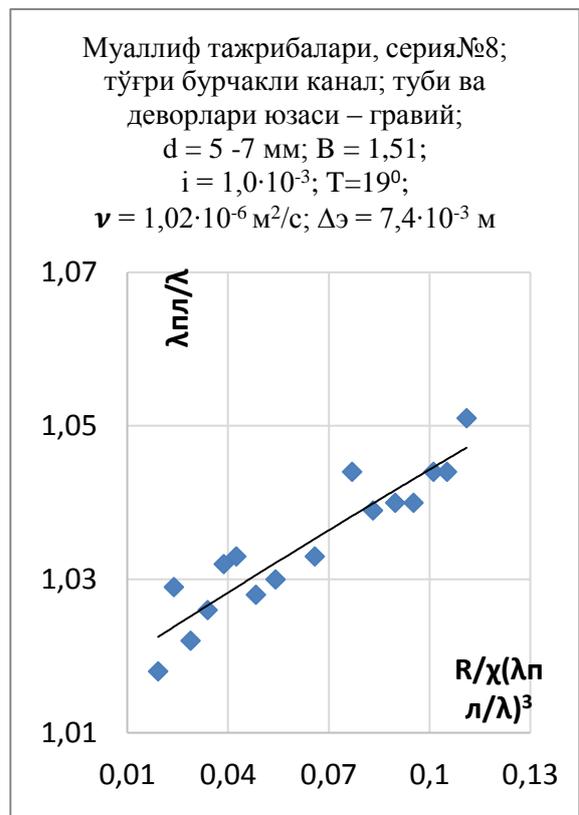
б)



в)



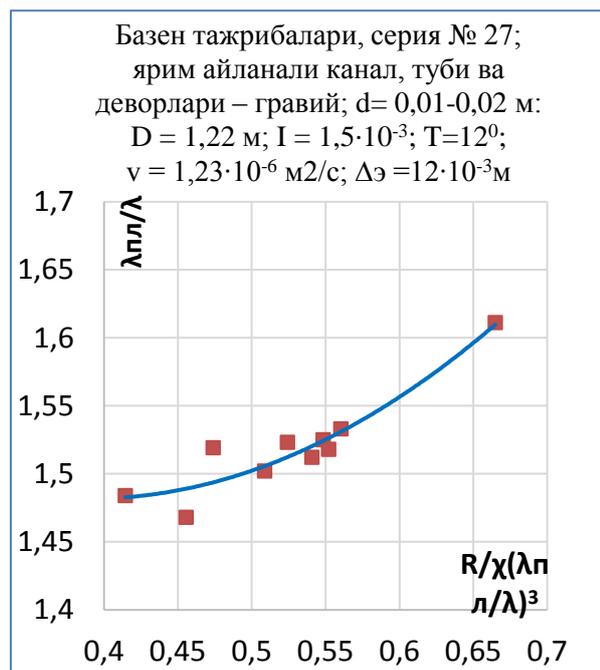
г)



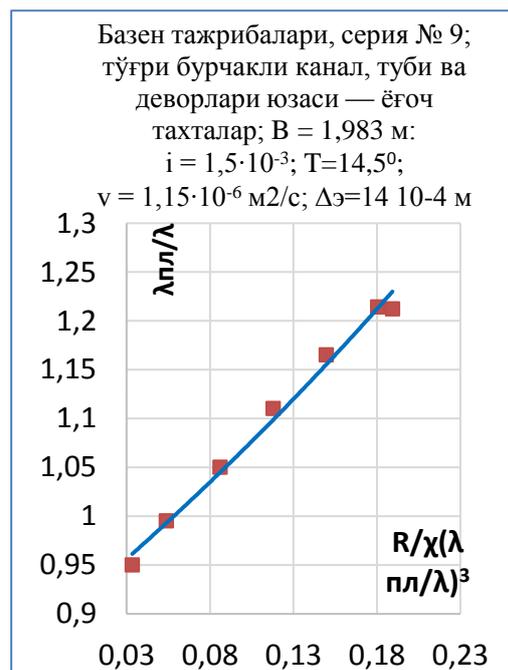
5-расм.  $\lambda_R = f(Re_R)$ ,  $\Delta_z/\Delta_R = f(R/\chi)$  ва  $\frac{\lambda_{n\lambda}}{\lambda} = f\left[R/\chi \left(\frac{\lambda_{n\lambda}}{\lambda}\right)^3\right]$  боғланишлари

Базеннинг ҳар хил геометрик шаклдаги тўғри кўндаланг кесимли (тўғри бурчакли, трапецеидал, учбурчак, ярим айлана) каналлардаги экспериментал маълумотлари, шунингдек ушбу ишда тўғри бурчакли ва трапецеидал каналларда оқим тўғрисидаги экспериментал маълумотлар, ҳар хил геометрик шаклдаги каналларда сув оқими тўғрисидаги адабиётлардаги чоп этилган баъзи бир маълумотлар натижалари  $[R/\chi(\lambda_{пл}/\lambda)^3; \lambda_{пл}/\lambda]$  координаталарда қуйидаги графикда умумлаштирилди (7 расм). Кўрсатилган каналларда олиб борилган тажрибаларни қайта ишлаш натижалари 1-илованинг 16-29 жадвалларида келтирилган.

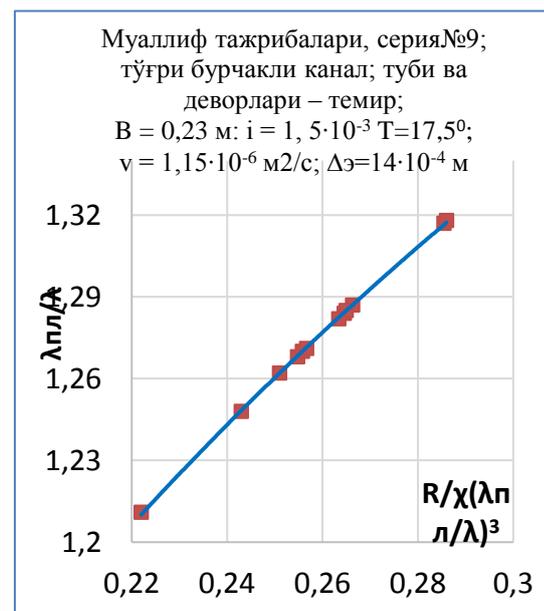
а)



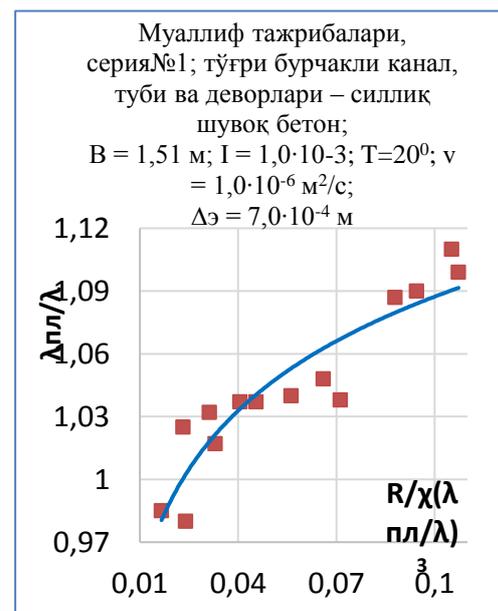
б)



в)

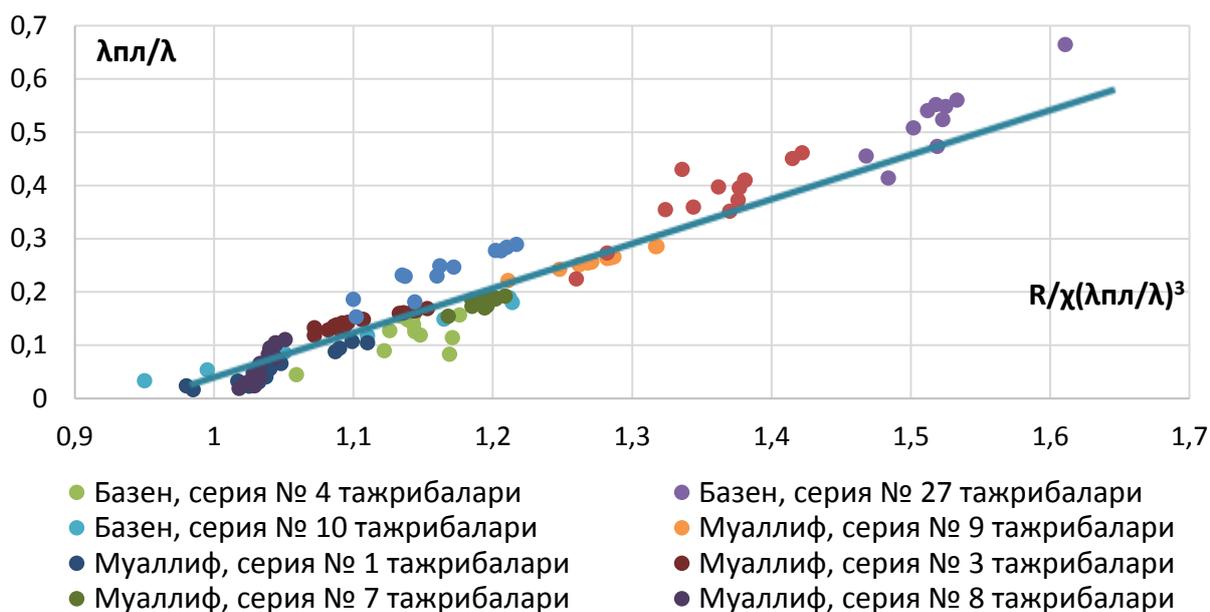


г)



6 - расм.  $\frac{\lambda_{пл}}{\lambda} = f \left[ R/\chi \left( \frac{\lambda_{пл}}{\lambda} \right)^3 \right]$  боғланиши

Базеннинг ҳар хил геометрик шаклдаги тўғри кўндаланг кесимли (тўғри бурчакли, трапецеидал, учбурчак, ярим айлана) каналлардаги экспериментал маълумотлари, шунингдек ушбу ишда тўғри бурчакли ва трапецеидал каналларда оқим тўғрисидаги экспериментал маълумотлар, ҳар хил геометрик шаклдаги каналларда сув оқими тўғрисидаги адабиётлардаги чоп этилган баъзи бир маълумотлар натижалари  $[R/\chi(\lambda_{пл}/\lambda)^3; \lambda_{пл}/\lambda]$  координаталарда қуйидаги графикда умумлаштирилди (расм 7). Кўрсатилган каналларда олиб борилган тажрибаларни қайта ишлаш натижалари 1-илованинг 16 – 29 жадвалларида келтирилган.



Кўрсатилган графикда (7-расм) Базен, Л.И.Неронова, Ю.П. Титов, Н.Д.Касьянова ва ушбу иш муаллифининг экспериментал маълумотларига мос келувчи нуқталар қуйидаги кўринишга эга бўлган тўғри чизик атрофида етарлича яхши жойлашади:

$$\frac{\lambda_{пл}}{\lambda} = R/\chi\left(\frac{\lambda_{пл}}{\lambda}\right)^3 + 1.0. \quad (33)$$

Бундан  $\lambda$  катталиги учун қуйидаги кубик тенглама келиб чиқади.

$$\lambda^3 - \lambda_{пл}\lambda^2 + R/\chi * \lambda_m^3 = 0, \quad (34)$$

бу ерда:  $\lambda$  - гидравлик ишқаланишнинг изланаётган коэффиценти;  $\lambda_{пл}$  - ясси оқимнинг гидравлик ишқаланиш коэффиценти;  $R$  – гидравлик радиус;  $\chi$  - ҳўлланган периметр. (34) тенглама  $\lambda_{пл}$ ,  $R$  ва  $\chi$  ларнинг маълум бўлган қийматларида катталикга нисбатан ечилиши мумкин. (34) тенгламанинг ечимини кўриб чиқамиз. (34) тенгламанинг дискриминанти  $y^3 + 3pg + 2q = 0$  кўринишга келтирилган дискриминанти бу ерда  $y = \lambda - \lambda_{пл}/3$ ;

$R/\chi = 4/27$  да нолга айланади.  $R/\chi > 4/27$  да дискриминант нолдан катта бўлади ва куб тенгламаси битта ҳақиқий ечимга эга бўлади:

$$\lambda = \lambda_{nl} \left[ \sqrt[3]{\sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{R}{\chi} - \frac{2}{27}\right)^2 - \frac{1}{9^3}} - \frac{1}{2}\left(\frac{R}{\chi} - \frac{2}{27}\right)} - \sqrt[3]{\sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{R}{\chi} - \frac{2}{27}\right)^2 - \frac{1}{9^3}} + \frac{1}{2}\left(\frac{R}{\chi} - \frac{2}{27}\right)} \right] \quad (35)$$

$R/\chi < 4/27$  да дискриминант нолдан кичик ёки нолга тенг бўлади. Бу ҳолда (35) тенглама 3 та ҳақиқий ечимга эга бўлади, улардан қаралаётган масаланинг шартларини (ўтказилган таҳлил кўрсатганидек) фақат қуйидаги кўринишдаги ечим қаноатлантиради:

$$\lambda = \frac{\lambda_{nl}}{3} \left\{ 1 + 2 \cos \left[ \frac{\arccos \left( 1 - \frac{27}{2} R/\chi \right)}{3} \right] \right\} \quad (36)$$

Юқорида келтирилганлардан тўғри кўндаланг кесимли очик каналлар учун  $\lambda$  гидравлик ишқаланиш коэффиценти ҳисобининг қуйидаги тартиби келиб чиқади. Канал тўғрисида маълум бўлган қуйида келтирилган маълумотлар қабул қилинади: кўндаланг қирқим ўлчамлари (туби бўйича эни, қиялик коэффиценти ва бошқалар); ғадир-будирлик кўриниши (ҳар хил заррачали, ҳар хил заррачали эмас) ва  $\Delta$  ҳўлланган периметр ғадир-будирлиги бўртмалари баландлигининг эквивалент абсолют баландлиги;  $I$  нишаблик, каналнинг тўлдирилиш чуқурлиги  $h$ , ва кейингиси  $R/\chi$  катталиги.

Изланаётган катталиклар қуйидагилардан иборат: гидравлик ишқаланиш коэффиценти  $\lambda$ ; оқимнинг ўртача тезлиги  $\mathcal{V}$ ; оқим сув сарфи  $Q$ . Қуйидаги катталиклар ҳисобланади:  $\omega$ ,  $\chi$ ,  $R$ ,  $v_* = \sqrt{gRi}$ ,  $\Delta = \Delta_0/h$ .

Чегарасиз кенг, энли (ясси) каналлар учун, масалан ҳўлланган периметрининг ҳар хил заррачасиз ғадир-будирликли каналлари учун гидравлик қаршиликлар қонуниятидан:

$$1/\sqrt{\lambda_{nl}} = 4,06 \lg \left[ 11,03 / \left( \frac{3,3}{\text{Re}_*^*} + \frac{\Delta_0}{h} \right) \right] \quad (37)$$

$h$  чуқурликли ясси оқим учун  $\lambda_{nl}$  катталиги ҳисобланади, бунда:  $\text{Re}_* = v_* h/\nu$ ;  $\nu$  - оқимнинг динамик тезлиги. 34 - куб тенгламани ечишнинг келтирилган формулаларидан  $R/\chi$  берилган катталигига мувофиқ бўлган (35) ва (36) формулалардан изланаётган  $\lambda$  катталиги топилади.

Диссертациянинг «**Насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотлари мақбул конструкциясини ишлаб чиқилган ҳисоб услубининг техник-иқтисодий самарадорлиги**» деб номланган бешинчи бобида насос станциясининг сув келтирувчи машина канали ва иншоотларининг мақбул конструкциясини танлаш бўйича техник-иқтисодий ҳисоблар натижалари келтирилган. Мақбул жонли кўндаланг кесимли сув келтирувчи машина каналларни жорий этилишининг техник-иқтисодий

кўрсаткичларини ва иқтисодий самарадорлигини аниқлаш бўйича ҳисоблар бажарилган. Техник-иқтисодий кўрсаткичлари бўйича вариантларни таққослаш ҳисоблари тавсияларга мувофиқ амалга оширилган. Насос станциясидан тортиб олинган сувнинг умумий миқдори суғориш даврида ҳар бир агрегатнинг 2870 соат ўртача ишлаш давомати учун насос станциясининг мақбул шаклдаги машина канали ўзанини ва камерали сув олгич иншоотларини жорий этишдан насос сув узатишининг 8,29 %, яъни 0,059 м<sup>3</sup>/с га ошишини ҳисобга олган ҳолда аниқланди.

Насос станциясининг сув келтирувчи машина каналлари ва ва камерали сув олгич иншоотларининг одатдаги ва тавсия этилган мақбул кўндаланг кесими шакли конструкциясини қўллаш вариантларини техник-иқтисодий таққослаш шуни кўрсатадики, бунда НС нинг сув келтирувчи машина каналлари ва камерали сув олгич иншоотларининг яхшилانган мақбул конструкциясини қўллаш ҳисобига, масалан тўққиз агрегатли “Бахт” НС да 22НДС насослар билан йиллик кутиладиган иқтисодий самара 29,5 млн. сўмни ташкил қилди.

## ХУЛОСА

**«Насос станцияси машина каналининг ғадир будирлигини ва ўзан морфометрик элементларини гидравлик қаршиликга таъсирини назарий ва экспериментал асослаш»** мавзусидаги техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди.

1. «Тўғри» шаклдаги кўндаланг кесимли очик каналларда напор исрофлари тўғрисида адабиётларда чоп этилган экспериментал маълумотлар, шунингдек тадқиқотларимиз маълумотлари, яна бошқа муаллифларнинг маълумотлари шуни кўрсатадики, бунда юқорида кўрсатилган каналларда напор исрофи нафақат Рейнольдс сонининг функцияси, балки кўп даражада (айниқса ҳўлланган юзали ғадир-будирликли каналларда) уларнинг кўндаланг кесими шаклига боғлиқ.

2. Юқорида кўрсатилган очик каналларда напор исрофи тўғрисидаги йиғилган экспериментал маълумотларни қараб чиққишдан кейин шунга келиш мумкинки, ҳар хил шаклдаги кўндаланг кесимли, аммо бир хил нишабликли ва ҳўлланган юзаси бир хил ғадир – будирликли очик бир нечта каналлар учун ( $Re_R = vR/\nu$ ,  $\lambda_R = \nu^2/\nu^2$ ) графикдаги эгриликлар қуйидаги тартибда (юқоридан пастга) жойлашади:

тўғри бурчакли кўндаланг кесимли ўта кенг канал; тўғри бурчакли кўндаланг кесимли нисбатан кенг бўлмаган канал; трапецеидал ва учбурчакли каналлар, ярим айланали кўндаланг кесимли канал.

3. Ўта кенг канал ёки тўғри бурчакли кўндаланг кесимли канал учун гидравлик ишқаланиш коэффициенти  $\lambda_R$  бошқа шароитлар бир хил бўлгандаги трапецеидал ёки ярим айланали кўндаланг кесимли канал учун қарагандагидан кўпроқ бўлади.  $Re_R$  сонига нисбатан  $\lambda_R$  боғланишининг мос келувчи эгриликлари бунда «ясси силлиқ қаршилик» қонуни учун олинган эгриликга тахминан параллел ётади.

4. Тажиба натижаларини қараб чиқишдан, кўриб чиқиладиган каналлар учун гидравлик радиуснинг бир хил қийматларида ва бошқа бир хил шароитларда гидравлик ишқаланиш коэффициентининг катталиги ўзаро сезиларли 1,3 марта фарқ қилиши мумкин.

5. Адабиётларда келтирилган ва ушбу ишни бажариш жараёнида олинган экспериментал маълумотлар асосида, биз томонимиздан ҳар хил шаклдаги кўндаланг кесимдаги ва ҳўлланган юзанинг ҳар хил ғадир-будирликли «тўғри» ўзанлар учун напор исрофини аниқлашга имкон берувчи хисобий боғланишлар олинган ва улар тавсия этилган.

6. Сув келтирувчи машина каналлар, сув қабул қилувчи камералар ва сув тортувчи қувурларнинг мақбул параметрларини танлаш хисобига сув келтирувчи машина каналларнинг, сув қабул қилувчи камераларнинг ва насос сув тортувчи қувурларининг гидравлик ҳарактеристикалари яхшиланади, уларнинг оқибатида насос агрегатларининг сув узатиши 2,7...3,2 % га, насос агрегатининг фойдали иш коэффициенти 2,09 % га ошади.

7. Насос станциясининг трапецеидал кўндаланг кесимли сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотларда уярма зоналарнинг пайдо булиши ва гидравлик қаршилиқларнинг камайиши хисобига, шунингдек насос станциясининг сув узатувчи иншоотига сув кириш бурчагининг камайиши хисобига насоснинг сув узатиши 94,3% ни ташкил этади.

8. Насос станцияларининг сув келтирувчи машина канали ва сув қабул қилувчи иншоотида лойқа чўкишининг камайиши билан суғориш насос станцияларининг ресурс тежамини 2,1...4,3% оширишга имконият яратилди.

9. Насос станцияларининг сув келтирувчи машина канали ва иншоотларининг мақбул ишлашини таъминлаш учун минимал чўктириш чуқурлигини сув тортувчи қувури кириш участкасининг сув сатхидан  $h_2 = 0,62 D_{\text{кир}}$  қабул қилиш тавсия этилади.

10. Агар чўктириш чуқурлигини сув тортувчи қувури кириш участкасининг сув сатхи устидан  $1,7 D_{\text{кир}}$  дан  $0,66 D_{\text{кир}}$  га камайтирилса, унда насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотларининг ўлчамлари ҳам камаяди.

11. Насос станцияларининг дала кузатишларида аниқландики, айрим станциялар бўйича лойқа чўкиши хажмлари насос станцияларининг сув келтирувчи машина каналлари ва иншоотларидаги умумий хажмига нисбатан 15 % дан 55 % ни ташкил этади.

12. Машина каналлар кўндаланг кесими шаклининг напор исрофи катталигига таъсири нисбий ғадир-будирлик қанча катта бўлса, шунча кучли бўлади.

13. Насос станцияларининг очиқ машина каналларида напор исрофи катталигига кўндаланг кесими шаклининг ва ғадир-будирлигининг таъсирини хисобга олишда (тавсия этиладиган боғланишлар бўйича) тўғри шакллар, уларни лойihalашда анча иқтисодий самара бериши мумкин. Кутиладиган иқтисодий самара 29,5 млн. сўмни ташкил қилади.

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

---

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

**УРАЛОВ БАХТИЁР РАХМАТУЛЛАЕВИЧ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ РУСЛА НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ  
МАШИННЫХ КАНАЛОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

**05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси**

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

**Ташкент-2021**

**Тема докторской (DSc) диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером №B2020.4.DSc/T407**

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.

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

<b>Научный консультант:</b>	<b>Базаров Дилшод Раимович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты</b>	<b>Эшев Собир Саматович</b> доктор технических наук, профессор. <b>Махмудов Илхом Эрназарович</b> доктор технических наук, профессор <b>Хужаев Исмаилла Кушаевич</b> доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация</b>	<b>Ташкентский архитектурно-строительный институт</b>

Защита диссертации состоится « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г. \_\_\_\_\_ 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 Ниёзий, 39, тел. (+99871) 237-22-67, факс: 237-54-79, e-mail: [admin@www.tiame.uz](mailto:admin@www.tiame.uz)).

С докторской диссертацией (DSc) можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер № \_\_\_\_). Адрес 100000, г.Ташкент, ул.Кары Ниёзий, 39, тел. (+99871)-237-19-45.

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021года.

(протокол рассылки № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.)

**Т.З.Султанов**

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Ф.А.Гаппаров**

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

**А.М.Фатхуллоев**

Заместитель председателя научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Использование усовершенствованных конструкций водоподводящих машинных каналов многих гидротехнических, гидроэнергетических объектов и насосных станций является актуальным и занимает одним из ведущих мест в мире. В мировом масштабе орошение требует реализации оптимальной конструкции водоподводящих машинных каналов насосных станций с уменьшенными потерями напора и гидравлическим сопротивлением машинных каналов. В связи с этим важно использовать эффективные конструкции, снижающие потери напора и гидравлическое сопротивление в водоподводящих машинных каналах оросительных насосных станций.

Во всем мире проводятся исследования по разработке научно-обоснованных методов расчета для снижения и устранения потери напора, а также гидравлических сопротивлений в водоподводящих машинных каналах оросительных насосных станций. В связи с этим с учетом формы поперечного сечения открытого потока в водоподводящих машинных каналах, уточнение проблемы и определение потери напора по длине канала по специальному геометрическому параметру, выбрать конструктивные решения по снижению потери напора и гидравлического сопротивления в подводящих машинных каналах оросительных насосных станций. Особое внимание уделяется проведению новых экспериментальных исследований по определению влияния шероховатости и формы поперечного сечения канала, а также их научному обоснованию.

В нашей стране принимаются комплексные меры по повышению надежности и срока службы оросительной насосной станции, снижению потерь напора и гидравлического сопротивления машинных каналов, а также по разработке усовершенствованных конструкций подводящих машинных каналов оросительных насосных станций. В Стратегии действий по подчеркивается: «...развитие мелиоративных и ирригационных объектов для повышения конкурентоспособности национальной экономики»<sup>2</sup>. Реализация этих задач, в том числе расчет распределения речных наносов по длине потока, имеет важное значение для совершенствования методов оценки работы открытых машинных каналов насосных станций.

В предлагаемой работе рассмотрена оценка вопроса влияния формы поперечного сечения и шероховатости смоченной поверхности безнапорных и машинных каналов на величину потерь напора в нем. Выше изложенное в достаточной степени обосновывает актуальность исследований, выполненных в рамках настоящей диссертационной работе.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О Стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан» и от 25 сентября 2017 года № PQ-3286 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов».

технологий республики III. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение», V.«Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

**Степень изученности проблемы.** Теоретическими и экспериментальными исследованиями по выявлению закономерностей гидравлических сопротивлений русла каналов при безнапорном движении потока и гидравлическими расчетами русловых процессов, как за рубежом и так в республике занимались: И.И.Леви, Р.Р.Чугаев, Н.А.Ржаницын, Г.В.Железняков, А.В.Караушев, Н.В.Гришанин, И.В.Попов, В.С.Алтунин, А.А.Турсунов, А.Д.Гиргидов, В.П.Троицкий, Ц.Е.Мирцхулава, Ю.А.Ибадзаде, В.С.Лапшенков, В.М.Ляхтер, А.Н.Милитеев, Р.М.Каримов, К.Ш. Латипов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Д.Р.Базаров, А.М. Арифжанов, Ф.Хакимов, С.С.Эшев, И.Э.Махмудов и др., которые достигли положительных результатов и методы их внедрены на практике.

Из них изучением гидравлических исследований проблем бесплотинных водозаборов на подводящие каналы и сооружений занимались: С.Т.Алтунин, С.Х.Абальянц, А.М.Мухамедов, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, И.А.Бузунов, Р.Уркинбаев, Ж.Кучкаров, Д.Р.Базаров и другие, которые в известной степени достигли результатов, которые внедрены на практике.

В области гидротехнического строительства много внимания уделено вопросам теории эксплуатации гидротехнических сооружений. В этом направлении научные исследования провели Ц.Е.Мирцхулава, И.Н.Ивашенко, 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, Х.Файзиев (Узбекистан) и другие.

Вопросы оптимизации конструкций водопроводящих каналов и сооружений, и их надежность освещены в научных работа С.К.Переверзева, К.Р.Аллаева, Ш.Х.Рахимова, Т.С.Камалова, О.Я.Гловацкого, М.М.Мухаммадиева, М.Мамажанова, Р.Р.Эргашева, Б.Уришева, У.У.Жонкобилова и др., сформулированы решения по повышению показателей эффективности и надежности при эксплуатации насосных станций.

В результате проведенных исследований по улучшению гидравлических условий работы водоприёмных каналов и сооружений насосных станций разработаны некоторые конструкции водоприёмных машинных каналов с криволинейным фронтом водозабора и приведены математические модели по определению основных характеристик потока (Болонья Италия, Бордо Франция, Санкт-Петербургский политехнический университет Россия). Несмотря на достигнутые успехи в этом направлении, существуют проблемы требующие решения, потому что существующие методы расчёта равномерного растекания потока в машинных каналах насосных станций требуют уточнений, так как, не удалось получить ожидаемые результаты при проектировании водоподводящих машинных каналов и сооружений насосных станций.

**Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов согласно планам научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства по государственным грантам и хоздоговорной теме: 19/2009 - «Рекомендации по улучшению условий эксплуатации головного сооружения и района бесплотинного водозабора в Аму-Бухарском Машинном канале» (3.03.2009 г.), а также по государственному гранту по теме: №ТА–КХФ-5-001-1 “Ирригация насос станциялариди сувнинг бекарор харакатини бошқариш технологиясининг меъёрий қийматларини аниқлаш” (запланировано от 2017г. до 31.12. 2020 г.)

**Цель исследований.** Совершенствование конструктивных элементов и влияние на потери напора с учетом поперечного сечения машинного канала насосных станций

**Задачи исследований.** В связи с вышеизложенным сформулированы следующие основные задачи исследования:

-изучить и анализировать экспериментальные материалы о потерях напора по длине при установившемся безнапорном движении.

-выделить материалы, относящиеся к руслам «правильной» формы и проанализировать их.

-провести дополнительные экспериментальные исследования необходимые для обобщения материалов о потерях напора по длине в случае русел «правильной» формы.

- уточнить влияние формы живого сечения канала на величину потерь напора, в случае «гладкой» смоченной поверхности, и в случае канала с шероховатой смоченной поверхностью;

- получить расчетную зависимость для определения потери напора по длине, учитывая форму поперечного сечения безнапорного потока с помощью специального геометрического параметра;

- на основе полученных уравнений и экспериментальных данных, усовершенствовать методы расчета потери напора по длине при установившемся движении.

**Объектом исследований** является Аму-Бухарский машинный канал (АБМК), в районе бесплотинного водозабора из русла реки Амударье. В качестве объектов гидравлических исследований приняты участки машинных каналов АБМК, от головного сооружения до АБ- I и АБ- II насосной станций.

**Предмет исследований:** русло реки Амударья в районе бесплотинного водозабора в подводящий канал АБМК; гидравлические и русловые процессы, происходящие в районе водозабора и подводящего канала насосной станций; мутность потока; компьютерные программы, основные уравнения гидродинамики.

**Методы исследований.** В процессе исследований были использованы экспериментальные методы, методы полевого наблюдения, а также общепринятые методы в гидравлике, методы составления математических моделей на основе законов гидромеханики и их численных расчетов.

**Научная новизна исследований** заключается в следующем:

-усовершенствован метод расчета обеспечивающий медленно изменяющееся движение потока с учетом эксплуатационного режима подводных машинных каналов насосных станций.

-усовершенствован метод расчета оптимальных параметров русла подводных машинных каналов для улучшения режима эксплуатации насосных станций;

-усовершенствован метод гидравлического расчета выбора оптимальных параметров подводных машинных каналов и водоприёмных камер насосных станций;

-усовершенствован метод определения и расчета уменьшения гидравлических сопротивлений подводных машинных каналов насосных станций;

-усовершенствован метод определения оптимальных форм поперечного сечения подводных машинных каналов и конструктивных размеров водоприёмных сооружений насосной станций;

-усовершенствованы математическая модель, описывающая движение водного потока в русле.

**Практические результаты исследований** заключаются в следующем: рассчитаны оптимальные параметры подводного канала насосной станций с учетом их эксплуатационного режима, определение влияния отложенных наносов на гидравлическое сопротивление насосных станций и установок, обеспечение нормального уровня воды в подводном машинном канале и сооружений насосных станций с учетом шероховатости и морфометрических элементов русла, в рамках выполнения хозяйственных работ 19/2009 - «Рекомендации по улучшению условий эксплуатации головного сооружения и района бесплотинного водозабора в Аму-Бухарском машинном канале (АБМК)» (3.03.2009 г.), №17/2017 по теме: «Разработка рекомендаций по предотвращению русловых деформаций в нижних бьефах водохранилищ» (2017 г.), и рекомендации по обеспечению эффективной работы этих сооружений.

**Достоверность результатов исследования.** Основана на адекватности результатов теоретических и экспериментальных исследований, сформулированные в диссертации научные разработки, выводы и рекомендации не противоречат ранее известным результатам, полученных другими исследователями в данной области. При получении результатов использованы современные методы обработки информации и статистического анализа.

**Научная и практическая значимость результатов исследований.** Научная значимость результатов исследований заключается в совершенствовании методов расчета, обеспечивающих увеличение пропускной способности подводных машинных каналов насосных станций, способствующих улучшению режима эксплуатации насосных станций.

Практическая значимость результатов исследования заключается в выборе оптимальных размеров русел подводных машинных каналов

насосных станций, разработке методов расчета надежной эксплуатации насосных станций.

**Внедрение результатов исследования.** На основе усовершенствования способов гидравлического расчёта равномерного растекания потока в подводящих машинных каналов и водоприёмном сооружении насосной станций:

усовершенствованная конструкция подводящих машинных каналов насосных станций, для обеспечения равномерного растекания потока внедрена в процесс проектирования в проектном институте “SUVLOYINA” в государственном унитарном предприятии Андиганской области при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства №04/20-3619 от 27 ноября 2020 года). В результате стало возможным повышение подачи крайних насосных агрегатов, что составляет по сравнению с подачей центрального насоса 94,3 %;

за счёт выбора оптимальных параметров подводящих машинных каналов и водоприёмных камер улучшаются гидравлические характеристики подводящих машинных каналов и водоприёмных сооружений насосных станций, внедрено на насосной станций Наманганского областного управления насосных станций и энергетики при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства №04/20-3619 от 27 ноября 2020 года). В результате чего, водоподача насосных агрегатов возрастает на 2,7...3,2 %, а коэффициент полезного действия насосных агрегатов на 2,09 %.

Уменьшение гидравлических сопротивлений подводящих машинных каналов насосных станций и методы их определения внедрен на насосные станции “Бахт” Андиганского областного управления насосных станций и энергетики при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства №04/20-3619 от 27 ноября 2020 года). В результате достигнуто повышение ресурсосберегаемости на 2,1...4,3 % вследствие обеспечения нормального режима работы насосной станций “Бахт”.

метод определения оптимальных форм поперечного сечения подводящих машинных каналов и конструктивных размеров водоприёмных сооружений внедрен на насосной станций Ферганского областного управления насосных станций и энергетики при Министерстве водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства №04/20-3619 от 27 ноября 2020 года). В результате создана возможность улучшения гидравлических характеристик водоприёмных сооружений, уменьшения строительных и эксплуатационных расходов, и повышения подачи крайних насосов на 2,6...3,1 %.

**Апробация результатов исследований.** Основные результаты диссертационной работы были апробированы и обсуждены на 37 научно-технических, в том числе на 15 международных и 22 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертационной работы опубликованы 63 научных работ. Из них 1 монография, 25 научные статьи, в том числе 13 в республиканских, 12 в

зарубежных журналах (из них 12 статей, зарегистрированных на базе Scopus), рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора технических наук (DSc).

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 170 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** Освещены теоретическая и практическая значимость полученных результатов, достоверность результатов исследований, приведены научная новизна и практические результаты, внедрение результатов исследований в практику, сведения по структуре и опубликованность результатов диссертационной работы.

В первой главе диссертации **“Существующие зависимости для определения потерь напора в безнапорных каналах”** приведен анализ научно-исследовательских работ, связанных с подводными машинными каналами и водоприёмными сооружениями оросительных насосных станций. Результаты, полученные при исследовании плоско-параллельного турбулентного течения в напорных каналах позволяют здесь лишь наметить структуру соответствующих зависимостей и внести ясность в тот простейший случай безнапорного движения жидкости, когда это движение может быть сведено так же, к плоско-параллельному или, другими словами, к движению потока в канале безгранично большой ширины с плоским дном. Результаты исследования турбулентного равномерного безнапорного движения воды в гладких каналах, полученные различными авторами зависимости для коэффициента  $\lambda_R$  в гладких безнапорных каналах по общему виду являются аналогичными, что очевидно из:

$$\frac{C}{\sqrt{2g}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = a \lg \operatorname{Re}_R \sqrt{\lambda_R} + b_r = a \lg C_r \operatorname{Re}_R \sqrt{\lambda_R}. \quad (1)$$

и различается лишь значениями постоянных  $a$ ,  $b_r$ ,  $c_r$ .

С уменьшением постоянной  $b_r$  в формуле (1) величина  $\lambda_R$  увеличивается. Обширное исследование турбулентного движения воды в безнапорных каналах прямоугольного поперечного сечения с разнотекстурной (песчаной) искусственной шероховатостью поверхности дна и стен канала выполнено А.П.Зегжда. Результаты этих исследований привели автора к графику зависимости:

$$\lg \lambda_R = f\left(\lg \operatorname{Re}, \frac{R}{\Delta}\right). \quad (2)$$

Для квадратичной области сопротивления автор получил зависимость:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4 \lg \frac{R}{\Delta} + 4.25 = 4 \lg 11.5, \quad (3)$$

где:  $\Delta$  - абсолютная зернистая шероховатость (диаметр песчинок, которые наклеивались на поверхность дна и стен канала для создания

разнозернистой шероховатости). Никурадзе для области квадратичного сопротивления в трубах в свое время получил зависимость:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4 \lg \frac{R}{\Delta} + 4.68 = 4 \lg 14.8 \frac{R}{\Delta} \quad (4)$$

А.П. Зегжда, опираясь на экспериментальные данные Никурадзе предлагает для безнапорных потоков зависимость вида:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4 \lg \frac{R}{\Delta} + 3.46 = 4 \lg 7.42 \frac{R}{\Delta} \quad (5)$$

Как видно, зависимости, полученные различными авторами для коэффициента в безнапорных каналах с равнозернистой искусственной шероховатостью, имеют вид:

$$\frac{C}{\sqrt{2g}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = a \lg \frac{R}{\Delta} + b_3 = a \lg c_3 \frac{R}{\Delta}, \quad (6)$$

и различаются значениями постоянных  $a$ ,  $b_3$ , и  $c_3$ . Разные значения постоянной  $a$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  обусловлены с нашей точки зрения главным образом тем, что в этих работах неполно учтено влияние на величину  $\lambda_R$  формы живого сечения канала.

Во второй главе диссертации «Роль гидравлического сопротивления в гидродинамических уравнениях» рассмотрены вопросы по разработке математического и численного моделирования движения водного потока в подводных машинных каналах и сооружениях оросительных насосных станций. При составлении математической модели учитываются основные физические закономерности формирующие движения потока в руслах машинных каналов насосных станций.

. Уравнения Сен-Венана с анизотропией дна использовались в численных гидравлических экспериментах при исследованиях реальных объектов, а также для подбора элементов искусственной шероховатости, обеспечивающих удовлетворительное растекание потока. Приведена математическая модель движения водного потока в подводном канале, основанная на гидродинамических уравнениях сохранения массы и импульса–Сен-Венана. При неустановившемся движении для изучения динамических параметров потока в подводном канале насосной станции при сохранении законов массы и силы импульса на основе гидродинамических уравнений составлена математическая модель. Для решения гидродинамических уравнений в удобном виде приняты следующие ограничения:

- распределение давления по глубине потока соответствует гидростатическому закону;
- гидравлическое сопротивление при неустановившемся движении потока принимается, как при установившемся режиме;
- свободная поверхность в поперечном сечении потока остаётся в горизонтальном положении;
- в расчетных сечениях коэффициент Кориолиса постоянен.

С учетом приведенных допущений, произведя некоторые расчеты, уравнение имеет следующий вид.

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q^2 / \omega + gS}{\partial x} - g \frac{\partial S}{\partial x} \Big|_{Z_{fs} = const} + \frac{\lambda}{2} v^2 \times \chi = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где:  $t$  – время;  $x, y$  – соответственно, координаты по длине и поперечному сечению русла;  $\alpha$  – корректив количества движения, учитывающий форму эпюры скоростей потока;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $Q$  – расход воды в рассматриваемом сечении;

$\omega$  – площадь живого сечения потока;  $S$  – статический момент живого сечения потока относительно свободной поверхности,  $S = \omega h_{ум}$ ;  $h_{ум}$  – глубина центра тяжести рассматриваемого живого сечения потока;  $Z_{fs}$  – отметка уровня свободной поверхности потока;  $B$  – ширина верхней части поперечного сечения русла;  $\chi$  – смоченный периметр;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения.

Согласно решениям системы уравнений по методу Сен-Венана, можно вывести функциональное выражение движения потока в руслах машинных каналов насосной станций. В функциональном виде данное общее уравнение безнапорного движения жидкости в открытом русле, составленное из основных размерных перемещений параметров, характеризующих указанное движение можно представить в виде:

$$F(l_1, l_2, \Delta, v, F, \rho, G, \nu) = 0 \quad (9)$$

Уравнение (9) можно разделить по трём направлениям:

1. граничные условия и стандартные линейные размеры живого сечения потока  $l_1$ , а также высоты выступов шероховатости  $\Delta$ ;
2. кинематические и динамические характеристики движения (средняя скорость  $v$ , сила гидравлического сопротивления  $F$ , сила тяжести  $G$ );
3. основные физические характеристики воды: вязкость воды  $\nu$ , а также плотность воды  $\rho$ .

С использованием  $\pi$  – теоремы в уравнение (9) и имея в виду, что параметры, полученные в результате анализа размерных величин, характеризующих равномерное течение жидкости в безнапорном русле, представляют собой: 1-коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ ; 2-число Рейнольдса  $Re$ ; 3-число Фруда  $Fr$ ; 4 -относительную шероховатость  $\frac{\Delta}{R}$ ;

5-параметр формы канала  $\frac{l_1}{l_2}$ . Уравнение (9) можно представить в виде:

$$\lambda = f\left(\frac{l_1}{l_2}; \frac{\Delta}{R}; Fr; Re\right) \quad (10)$$

или:

$$\lambda = f\left(\Phi; \frac{\Delta}{R}; Fr; Re\right) \quad (11)$$

где:  $\Phi = f\left(\frac{l_1}{l_2}\right)$  - функция, зависящая от формы живого сечения канала.

Естественно, что отыскание функциональной зависимости коэффициента гидравлического трения от столь большого числа одновременно действующих переменных величин, представляет собой трудную задачу. Эти переменные, в зависимости от условий движения жидкости, могут в различной степени влиять на  $\lambda$ . Если, например, рассматривать и сравнивать между собой гидравлические параметры целого ряда потоков в каналах (с различными формами живого сечения, имеющих близкие гладкие и шероховатые поверхности) в условиях спокойного режима при ( $Fr \ll 1$ ), то в этом случае уравнения (11) примет вид:

$$\lambda = f\left(Re; \frac{\Delta}{R}; \Phi\right) \quad (12)$$

С целью обоснования справедливости зависимости (12) приведем сначала вывод формулы для гидравлического сопротивления имея ввиду простейшие формы поперечного сечения русел, характеризующиеся более сложными формами их поперечного сечения.

При выводе формулы для определения потерь напора в каналах, имеющих трапецеидальную форму сечения, необходимо рассмотреть случай: 1) когда биссектрисы внутренних углов данной формы, пересекаются над живым сечением канала.

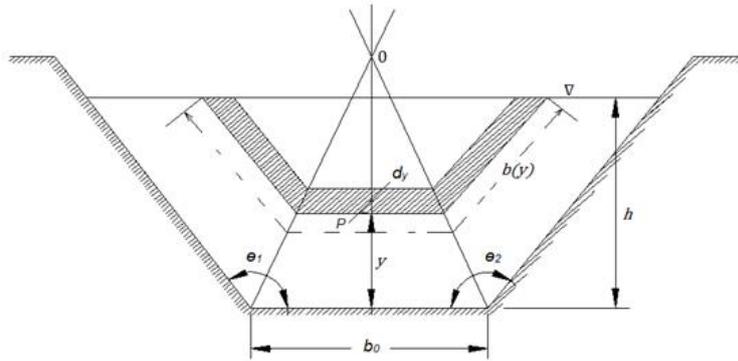
**1) Случай, когда биссектрисы внутренних углов данной формы пересекаются над живым сечением канала.** На рис.1 внутренние углы сечения канала обозначены через  $\Psi_1$  и  $\Psi_2$ , длина основания через  $B_0$ , а глубина – через  $h$ . Поделив живое сечение канала на зоны бесконечно малой ширины  $dy$  таким образом, чтобы все части данной зоны находились на одном и том же минимальном расстоянии  $y$  от стенки, скорость в точке  $P$  в одной из зон можно выразить как:

$$\frac{u}{\bar{u}_*} = a + b \ln\left(\frac{yu_*}{v}\right) - K_f \frac{\bar{u}}{\bar{u}_*}, \quad (13)$$

где:  $y$  - расстояние до точки  $P$  по нормали от стенки, а  $u_*$  - динамическая скорость, соответствующая местному касательному напряжению в основании нормали из точки  $P$ , член  $K_f \frac{\bar{u}}{\bar{u}_*}$  - поправка, учитывающая влияние свободной

поверхности, причем  $\bar{u}$  - средняя скорость в живом сечении, а  $\bar{u}_*$  - средняя динамическая скорость на твердой границе. Очевидно, что она зависит от положения точки  $P$ . Отношение местной динамической скорости  $u_*$  к средней динамической скорости можно записать так:

$$\frac{u_*}{\bar{u}_*} = 1 + K_* \quad (14)$$



**Рис. 1. Случай, когда биссектрисы пересекаются над живым сечением трапецидального канала**

Заменяя  $u_*$  в зависимости (13) его значением из зависимости (14) имеем:

$$\frac{u}{\bar{u}_*} = a + b \ln \frac{\bar{u}_* y}{\nu} + b \ln \frac{\bar{u}_*}{\bar{u}_*} - k_f \frac{u}{\bar{u}_*} \quad (15)$$

и отбрасывая малые величины в  $b \ln \frac{\bar{u}_*}{\bar{u}_*} = k_* \frac{u}{\bar{u}_*}$  содержащие  $k_*$  получим

$$\frac{u}{\bar{u}_*} = a + b \ln \frac{\bar{u}_* y}{\nu} - (k_f - k_*) \frac{u}{\bar{u}_*} \quad (16)$$

Зависимость (16) можно назвать точным законом распределения скоростей в канале с гладкими поверхностями. Если пренебречь течением в ламинарном подслое, то полный расход через живое сечение будет выражаться так:

$$Q = \nu \omega = \int_0^h u b(y) dy = \int_0^h u d\omega. \quad (17)$$

Причем  $d\omega = b(y) dy$ , где:  $Q$  - расход воды в канале;  $\nu = u$  - средняя скорость течения;  $b(y)$  - площадь живого сечения канала; длина  $b(y)$  любой зоны выражается соотношением:

$$b(y) = \chi - \varphi y, \quad (18)$$

где,  $\chi$  - смоченный периметр;  $\varphi$  - функция углов, зависящая от положения точки в которой пересекаются их биссектрисы, и в данном случае, когда точка пересечения биссектрис внутренних углов лежит над живым сечением канала,  $\varphi$  имеет вид:

$$\varphi = \operatorname{ctg} \psi_1 + \operatorname{ctg} \psi_2 + 2 \cos \operatorname{ec} \psi_1 + 2 \cos \operatorname{ec} \psi_2 \quad (19)$$

Площадь живого сечения  $\omega$  определяется как:

$$\omega = \int_0^\omega d\omega = \int_0^h b(y) dy \quad (20)$$

Подставляя значение  $b(y)$  из зависимости (20) в зависимость (21) и интегрируя получим:

$$\omega = \int_0^h (\chi - \varphi y) dy = \chi h - \frac{\varphi h^2}{2}. \quad (21)$$

Средняя скорость течения определится выражением:

$$v = \frac{1}{\omega} \int_0^{\omega} u d\omega = \frac{1}{\omega} \int_0^h ub(y) dy. \quad (22)$$

Из последнего выражения и уравнения (23) следует:

$$\begin{aligned} \frac{u}{u_*} &= \frac{1}{\omega} \int_0^h \left[ a + b \ln \frac{u_* y}{v} - (k_f - k_*) \frac{u}{u_*} \right] d\omega = \frac{1}{\omega} \left[ \int_0^{\omega} a d\omega - \int_0^{\omega} (k_f - k_*) \frac{u}{u_*} d\omega + \int_0^{\omega} b \ln \frac{u_* y}{v} d\omega \right] = \\ &= \frac{1}{\omega} \left[ \int_0^{\omega} a d\omega - \frac{u}{u_*} \int_0^{\omega} (k_f - k_*) d\omega + \int_0^{\omega} b \ln \frac{u_*}{v} d\omega + \int_0^{\omega} b \ln y d\omega. \right] \end{aligned} \quad (23)$$

Обозначив,

$$a_k = \frac{1}{\omega} \int_0^{\omega} a d\omega; \quad k = \frac{1}{\omega} \int_0^{\omega} (k_f - k_*) d\omega \quad (24)$$

получим, что

$$\frac{u}{u_*} = a_k - K \frac{u}{u_*} + b \ln \frac{u_*}{v} + b \ln h - b - \frac{\phi b h^2}{4w} = a_k - b + b \ln \frac{u_* h}{v} - \frac{\phi b h^2}{4w} - \frac{\phi b h^2}{4w} - K \frac{u}{u_*} \quad (25)$$

Если в логарифмическом члене уравнения (25),  $h$  заменить гидравлическим радиусом  $R$  путем подстановки  $h = h_* R / R$  или таким образом:

$$b \ln \frac{u_* h}{v} * \frac{R}{h} * \frac{h}{R} = b \ln \frac{u_* R}{v} + b * \ln \frac{h}{R} \quad (26)$$

и обозначить через  $\Phi$  разность:

$$\ln \frac{h}{R} - \frac{\phi h^2}{4w} = \Phi \quad (27)$$

То, выражение для средней скорости течений в канале с трапецидальной формой поперечного сечения с гладкой поверхностью дна и откосов при принятом  $u = v$  и  $u_* = v_*$  будет иметь вид:

$$\frac{v}{v_*} = a_{2\eta} - b + b \ln \left( \frac{R v_*}{v} \right) + b \phi - K \frac{v}{v_*} \quad (28)$$

Если дно и откосы канала шероховатые,  $a_{2\eta}$  в уравнении (28) следует заменить на  $a_{\sigma}$ , тогда уравнение для средней скорости в таком канале приобретает вид:

$$\frac{v}{v_*} = a_{\sigma} - b + b \ln \left( \frac{R}{\Delta} \right) + b \phi - K \frac{v}{v_*} \quad (29)$$

**Русла других форм живого сечения.** Если среднюю скорость в канале с другим правильным сечением вычислять таким же образом, как было пояснено выше, то можно обнаружить, что выражения для средней скорости и в этом случае будут иметь почти такой же вид, как и выражения,

полученные для средней скорости в канале для трапецеидального сечения уравнения (28) и (29) только « $\Phi$ » и « $K$ » в зависимости от геометрии поперечного сечения канала будут изменяться (от сечения к сечению). Ввиду вышесказанного уравнения (28) и (29) можно считать рациональными уравнениями для определения средней скорости течения в каналах с постоянным сечением и уклоном. Расчеты показывают, что в каналах треугольного поперечного сечения величина  $\Phi$  не зависит от глубины воды, причем в этом случае  $\Phi = 0,19$ . Для каналов прямоугольного поперечного сечения выражение для  $\Phi$  принимает вид:

$$\Phi = \ln\left(1 + \frac{2h}{B_0}\right) - \frac{h}{B_0}. \quad (30)$$

что следует из зависимости (30). Для каналов с полукруглым поперечным сечением:

$$\Phi = \int_0^h \left[ \ln\left(\frac{y}{R}\right) \right] * \frac{B_0}{R} * \frac{dy}{\chi} + 1,0 \quad (31)$$

Функция « $\Phi$ » зависит от формы живого сечения канала, являясь характеристикой этой формы. О коэффициенте « $K$ » пока мало что известно. Тем не менее можно предполагать, что он тоже будет зависеть от формы живого сечения канала, но величина его будет незначительной в особенности в тех случаях, когда подавление флуктуаций максимальной скорости невелико. Согласно предлагаемому методу и по методу Келегана формулы гидравлического сопротивления для каналов трапецеидальной формы и других форм правильного поперечного сечения можно представить в виде:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{1}{\psi \sqrt{2}} \left( \ln \frac{\eta_{\Lambda} R}{\delta_{\Lambda}} - 1 + \ln \frac{h}{\eta_{\Lambda} R} - \frac{\xi h^2}{4\omega} \right) \quad (32)$$

Такое же, соотношение получается и по В.Т.Чоу для каналов криволинейного поперечного профиля. В соотношении (32) принято:  $\psi$  – постоянная Кармана ;  $\psi = 0,4$ ;  $\eta_{\Lambda}$  - число Рейнольдса для вязкого подслоя,  $\eta_{\Lambda} = \delta_{\Lambda} v_*' / \nu$ ;  $\delta_{\Lambda}$  = толщина вязкого подслоя ;  $h$  – глубина наполнения канала;  $\xi$  - функция формы канала в соотношении  $b(y) = \chi - \xi y$ ;  $\chi$  - смоченный периметр,  $\omega$  - площадь живого сечения канала. Формула (32) справедлива как для движения жидкости в гладких ( $\eta_{\Lambda} = 1/9$ ), так и в шероховатых каналах ( $\eta_{\Lambda} = 1/30$ , причем  $\eta_{\Lambda} = \delta / \Delta_s$ ). Третий и последний члены в этой формуле учитывают влияние формы живого сечения канала на его гидравлическое сопротивление. Однако, в формуле (32) не учитывается в полной мере влияние свободной поверхности на распределение скоростей и потерь напора. Имея это в виду и некоторые другие допущения, сделанные при выводе формулы (32), следует полагать, что формула (32) позволяет лишь наметить общий вид членов, определяющих зависимость гидравлического сопротивления канала от формы его живого сечения.

Конкретный же вид, соответствующей зависимости может быть установлен только из рассмотрения соответствующих экспериментальных данных.

В третьей главе диссертации **“Опыты проведенных в лотках с различной шероховатостью и формы поперечного сечения (расчёты выполнены через глубины потока канала – « $h$ »)”** в основном содержит и составляет описание экспериментов, выполненных автором настоящей работы в лотках с различной шероховатостью и формы поперечного сечения. Практическая невозможность описание экспериментальной проверки, все многообразие форм поперечного сечения каналов и шероховатости смоченной поверхности, и с целью выявления влияния их на потери напора, побудила нас использовать некоторые экспериментальные исследования, опубликованных в литературе. В соответствии с этим нами были тщательно изучены классические опыты в открытых лотках Базена, а затем экспериментальные данные, полученные Базеном были несколько дополнены и расширены данными первого этапа наших опытов в прямоугольных и трапециевидных лотках с различной шероховатостью. Все расчёты по определению коэффициента гидравлического трения « $\lambda$ » выполнены через глубины потока канала – « $h$ ».

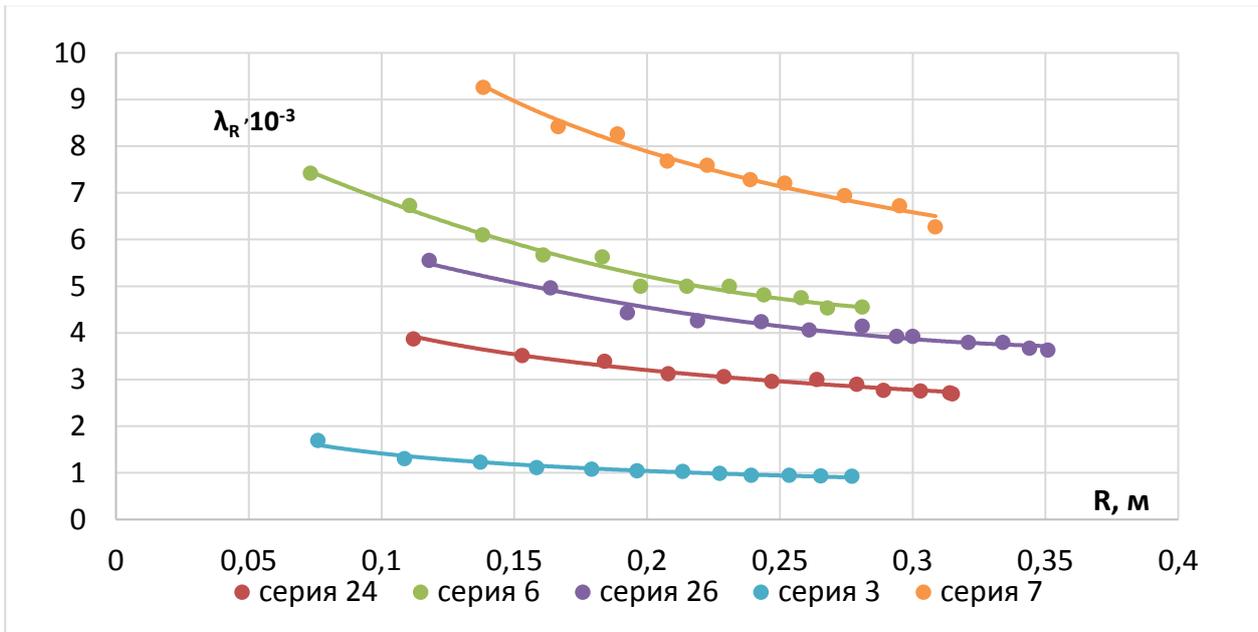
В четвёртой главе диссертации **«Результаты опытов экспериментальных и натурных исследований гидравлических сопротивлений подводящих машинных каналов и сооружений насосных станций»** приводятся результаты экспериментальных и натурных исследований гидравлических сопротивлений подводящих машинных каналов и сооружений насосных станций. Были проведены соответствующие опыты на моделях безнапорных каналов прямоугольного и трапециевидного поперечного сечения. А также, для наполнения экспериментальных данных использовались соответствующие серии опытов Базена на моделях безнапорных каналов - прямоугольного, трапециевидного и полуциркульного поперечного сечения с различной шероховатостью. Исследовались каналы с двумя видами шероховатости поверхности дна и стенок: близкой к гладкой (гладкозатертый бетон), и поверхности с наклеенным на нее гравием  $d = 5-7$  мм.

В указанных выше экспериментальных каналах прямоугольного и трапециевидного поперечного сечения было проведено 4 серии опытов. В каждой из них снималось 14 – 16 опытных точек, при постоянном уклоне дна канала  $i = 0,001$ . При этом через канал пропусклось 14-16 (обычно 16) различных расходов, они изменялись в диапазоне от 4 л/с. до 250 л/с. Числа Рейнольдса изменялись в пределах  $Re = 6400-124000$ , а числа Фруда были  $F_r < 1,0$ . Гидравлический радиус изменялся в каждой серии опытов в пределах от 1,72 до 19,45 см. В каждом опыте измерялись расход, температура и глубина потока. В случае ( $F_r < 1,0$ ) во всех опытах определялась нормальная глубина равномерного потока. В диссертационной работе использованы критерии пересчета результатов экспериментальных исследований на натуру.

Вместе с этим геометрические размеры экспериментального канала пересчитаны на основе параметров реального объекта с учетом масштаба моделирования. На основе экспериментальных исследований распределения вертикальных скоростей водного потока, а также натурных данных машинного каналах АБМК (расход воды каналах АБ-1  $Q=75 \text{ м}^3/\text{с}$ . и АБ-2 составляет  $Q=150 \text{ м}^3/\text{с}$ .) в натуре скорость воды на машинном канале довольно высокая и равна ( $v=3,2\div 4,52 \text{ м/с}$ ), полученные материалы экспериментальных и натурных условий дали сходные результаты.

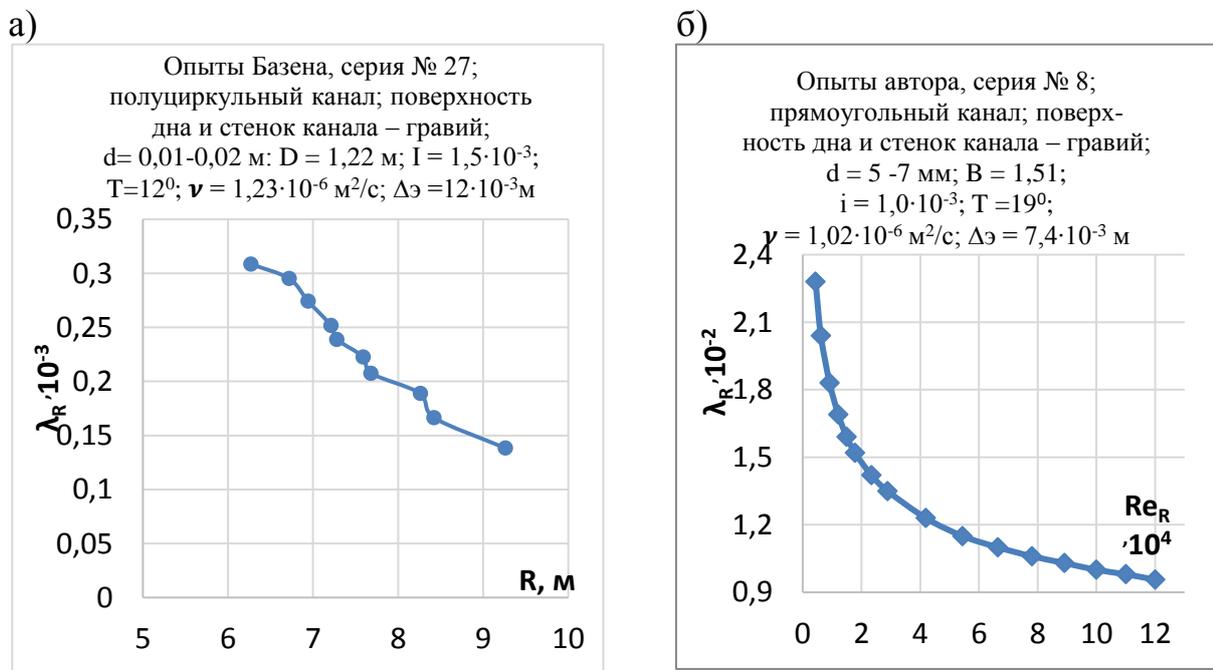
Кроме того, были обработаны следующие серии опытов Базена: серия №2 (канал с прямоугольной формой поперечного сечения; поверхность дна и стенок канала – гладкий цемент; серия № 24 (канал с полуциркульной формой поперечного сечения; поверхность дна и стенок канала – гладкий цемент; серия № 6 (канал с прямоугольной формой поперечного сечения; поверхность дна и стенок канала – доски; серия №26 и серия №4 (канал с прямоугольной формой поперечного сечения; поверхность дна и стенок канала – гравий  $d = 0,01 - 0,02\text{м}$ ; серия № 27 (канал полуциркульной формой поперечного сечения; поверхность дна и стенок канала – гравий  $d = 0,01 - 0,02\text{м}$ ). Определение коэффициента гидравлического трения  $\lambda_R$  и числа Рейнольдса, для всех серий опытов Базена осуществлялось также по обычным зависимостям. Далее, по экспериментальным данным наших опытов и серии опытов Базена, были определены высоты выступов шероховатости  $\Delta$ , для каждого определенного гидравлического радиуса  $R$ , обратным путем при известных значениях коэффициента гидравлического трения  $\lambda$ . Результаты соответствующей обработки данных экспериментальных опытов серий №1,3, №7,8 и опытов Базена серий № 2, № 24, № 6, № 26, № 3, № 7, № 21, № 23 преведены в таблицах 4 – 16 в диссертации и на графиках рис. 1- 6.

При малых значениях относительной шероховатости, т.е. в области сопротивления близкой к гладкой разница между  $\lambda_R$  для каналов прямоугольного и полуциркульного поперечного сечения составляет 14 – 18%, с увеличением  $\Delta/R$  соотношения между  $\lambda_R$  увеличиваются до 32 – 46%.



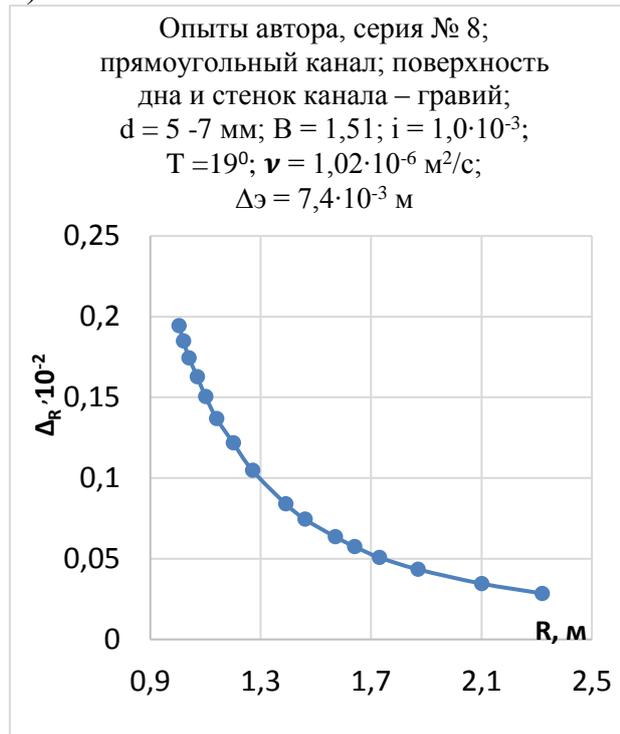
**Рис. 2. Зависимость  $\lambda_R$  от R**

Опыты Базена, серия № 24, канал полуциркульного сечения поверхность дна и стенок канала – гладкий бетон и серии № 6, 26, каналы прямоугольного и полуциркульного сечений, поверхность дна и стенок каналов – доски, опыты автора, серии № 3, 7, каналы прямоугольного и трапециевидального сечений, поверхность дна и стенок каналов – гравий  $d = 5-7$  мм.

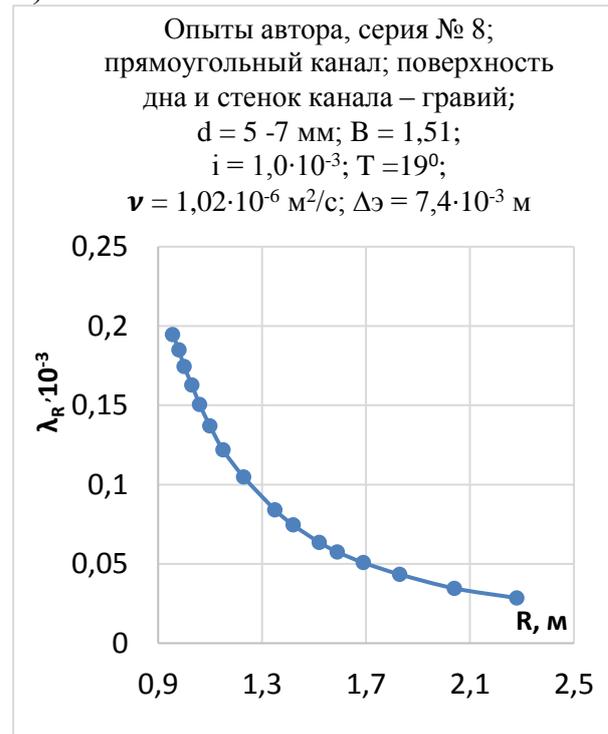


**Рис. 3. Зависимости  $\lambda_R = f(R)$  и  $\lambda_R = f(Re_R)$**

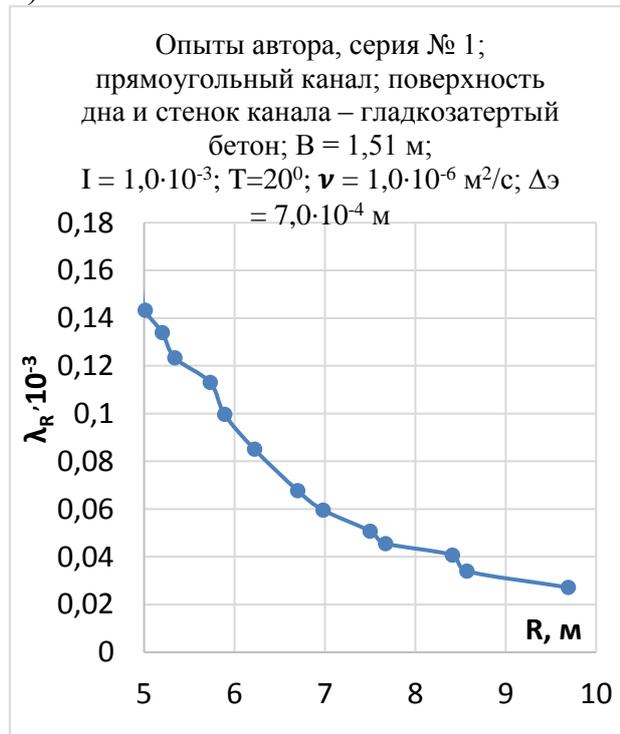
а)



б)



в)



г)

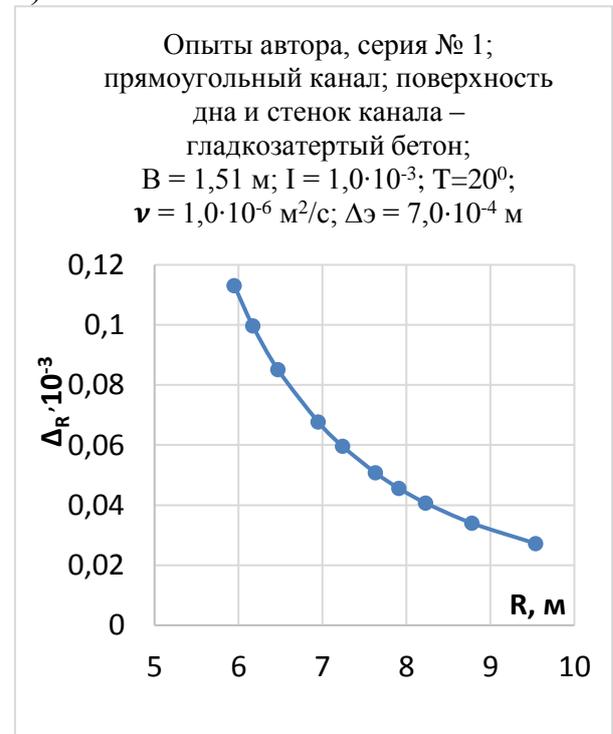
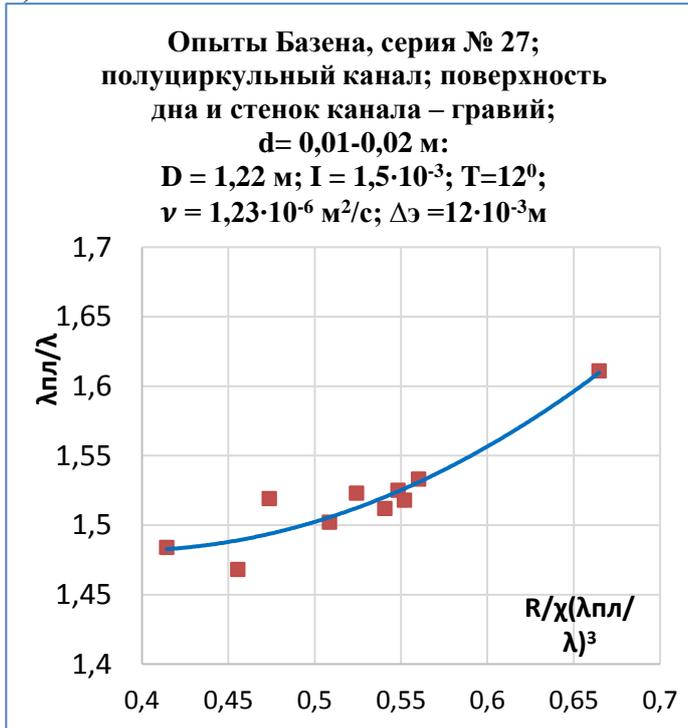
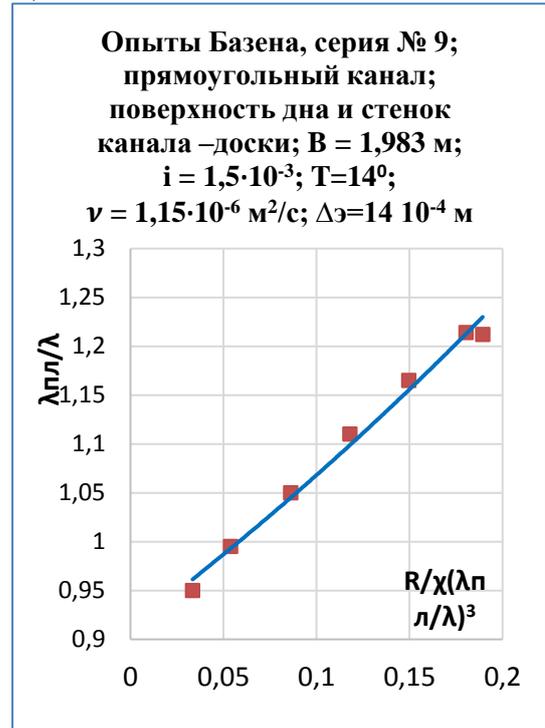


Рис. 4. Зависимости  $\Delta_R = f(R)$  и  $\lambda_R = f(R)$

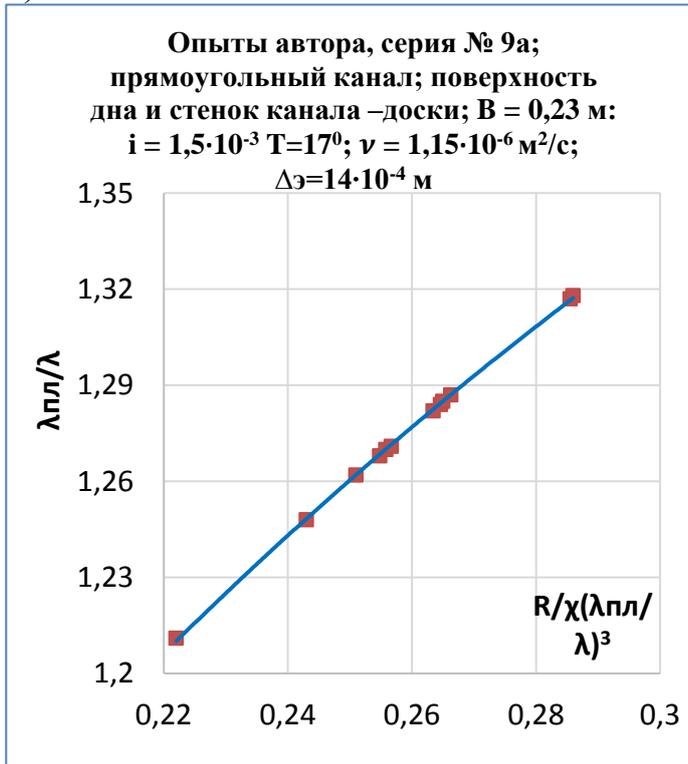
а)



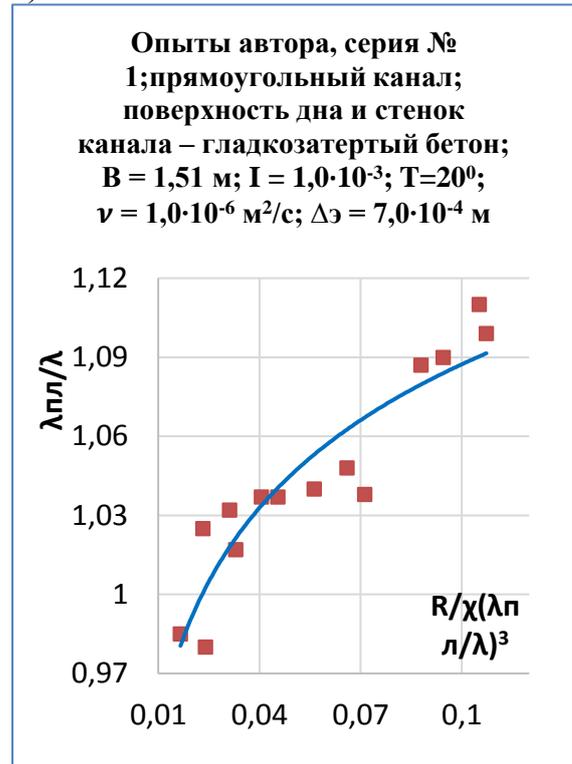
б)



в)



г)

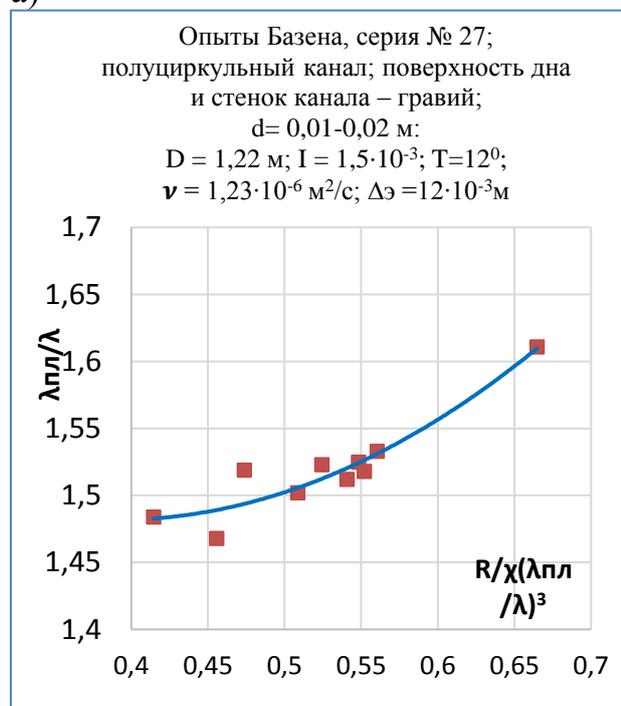


**Рис. 5. Зависимости  $\frac{\lambda_{nl}}{\lambda} = f \left[ R/\chi \left( \frac{\lambda_{nl}}{\lambda} \right)^3 \right]$  и  $\Delta z/\Delta R = f(R/\chi)$**

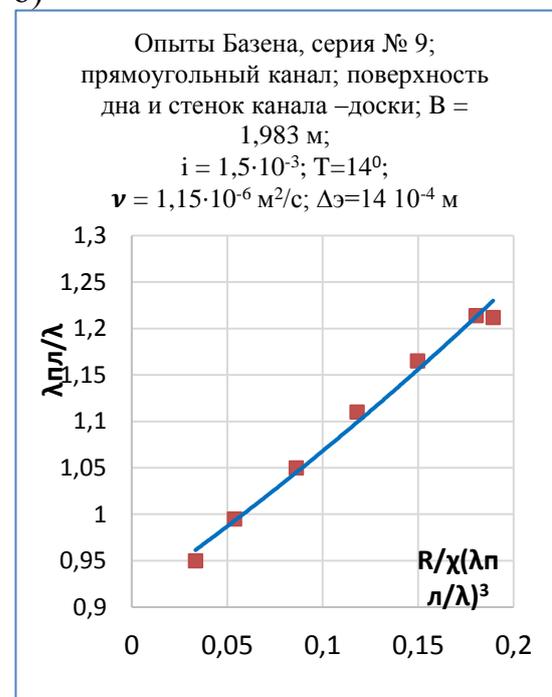
Экспериментальные данные Базена в каналах с правильными поперечными сечениями различной геометрической формы (прямоугольной, трапецидальной, треугольной, полуциркульной), а также экспериментальные данные о течении в прямоугольных и трапецидальных

каналах, полученные в настоящей работе, результаты некоторых опубликованных в литературе данных о потоках воды в каналах различной геометрической формы, были обобщены на предлагаемом ниже графике в координатах  $\left[ R/\chi(\lambda_{пл}/\lambda)^3; \lambda_{пл}/\lambda \right]$  (рис.7). Результаты обработки опытов, производившихся с указанными каналами, приведены в приложении 1 на таблицах 16 – 29.

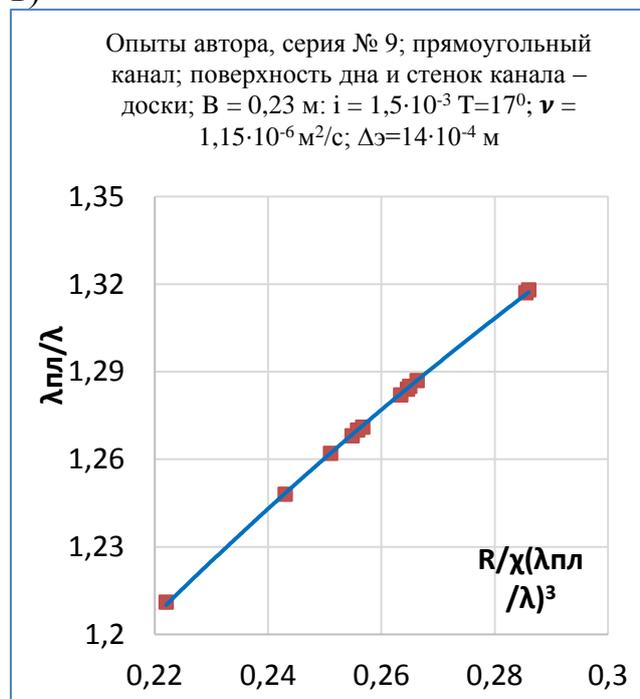
а)



б)



в)



г)

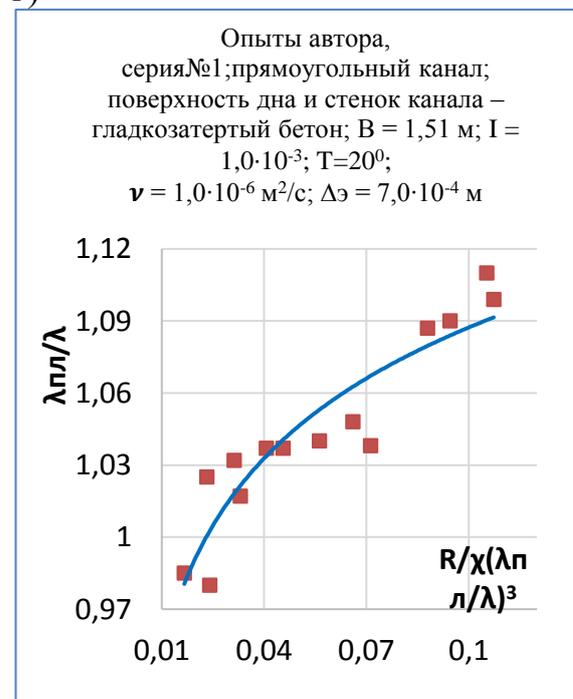
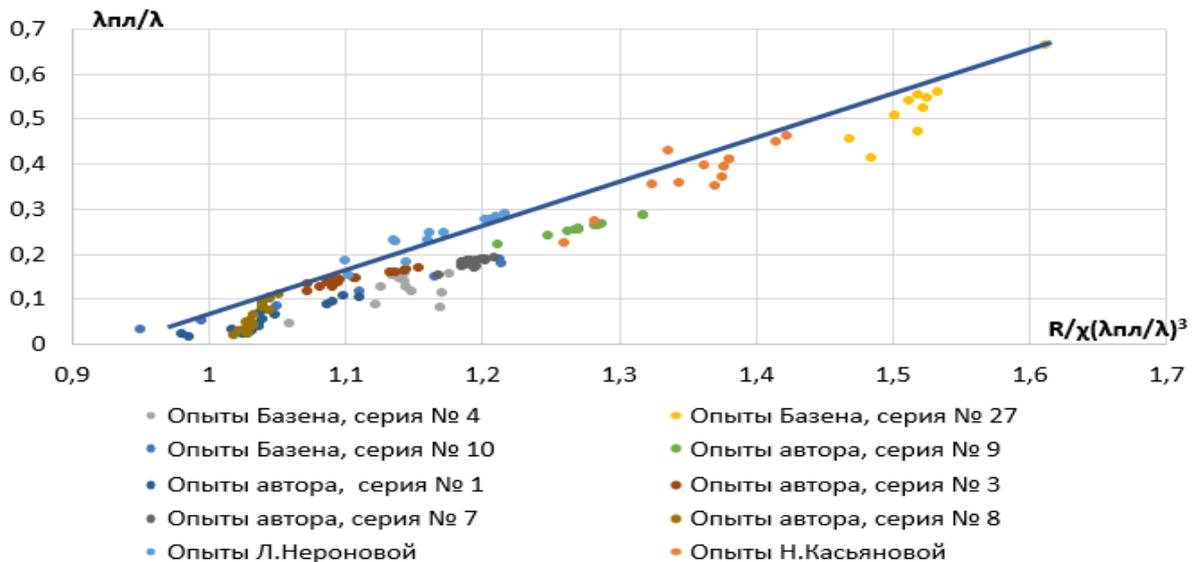


Рис. 6. Зависимость  $\frac{\lambda_{пл}}{\lambda} = f \left[ R/\chi \left( \frac{\lambda_{пл}}{\lambda} \right)^3 \right]$

Экспериментальные данные Базена в каналах с правильными поперечными сечениями различной геометрической формы (прямоугольной, трапецидальной, треугольной, полуциркульной), а также экспериментальные данные о течении в прямоугольных и трапецидальных каналах, полученные в настоящей работе; результаты некоторых опубликованных в литературе данных о потоках воды в каналах различной геометрической формы, были обобщены на предлагаемом ниже графике в координатах  $\left[ R/\chi(\lambda_{пл}/\lambda)^3; \lambda_{пл}/\lambda \right]$  (рис.7). Результаты обработки опытов, производившихся на указанных каналах, приведены в приложении 1, таблицы 16 – 29.



**Рис. 7. Зависимость  $\frac{\lambda_{пл}}{\lambda} = f \left[ R/\chi \left( \frac{\lambda_{пл}}{\lambda} \right)^3 \right]$**

На указанном графике (см.рис.7) точки, отвечающие экспериментальным данным Базена, Л.И.Нероновой, Ю.П. Титова, Н.Д.Касьяновой и автора настоящей работы, довольно хорошо располагаются около прямой, имеющей уравнение вида:

$$\frac{\lambda_{пл}}{\lambda} = R/\chi \left( \frac{\lambda_{пл}}{\lambda} \right)^3 + 1.0. \quad (33)$$

$$\lambda^3 - \lambda_{пл}\lambda^2 + R/\chi * \lambda_{пл}^3 = 0, \quad (34)$$

Откуда, для величины  $\lambda$  получается следующее кубическое уравнение (34) где:  $\lambda$  - искомый коэффициент гидравлического трения;  $\lambda_{пл}$  - коэффициент гидравлического трения плоского потока;  $R$  - гидравлический радиус;  $\chi$  - смоченный периметр. Уравнение (34) может быть разрешено при известных значениях  $\lambda_{пл}$ ,  $R$  и  $\chi$ . Рассмотрим решение уравнения (34). Дискриминант уравнения (34) приведенного к виду  $y^3 + 3py + 2q = 0$ , где  $y = \lambda - \lambda_{пл}/3$  превращается в ноль при  $R/\chi = 4/27$ . При  $R/\chi > 4/27$  дискриминант больше нуля и кубическое уравнение имеет одно действительное решение:

$$\lambda = \lambda_{nl} \left[ \sqrt[3]{\sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{R}{\chi} - \frac{2}{27} \right)^2 - \frac{1}{9^3}} - \frac{1}{2} \left( \frac{R}{\chi} - \frac{2}{27} \right)} - \sqrt[3]{\sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{R}{\chi} - \frac{2}{27} \right)^2 - \frac{1}{9^3}} + \frac{1}{2} \left( \frac{R}{\chi} - \frac{2}{27} \right)} \right] \quad (35)$$

При  $R/\chi < 4/27$  дискриминант меньше или равен нулю. В этом случае уравнение (34) имеет три действительных решения, из которых (как показал проведенный анализ) условиям рассматриваемой задачи удовлетворяет лишь решение вида:

$$\lambda = \frac{\lambda_{nl}}{3} \left\{ 1 + 2 \cos \left[ \frac{\arccos \left( 1 - \frac{27}{2} R / \chi \right)}{3} \right] \right\} \quad (36)$$

Из вышесказанного вытекает следующий порядок вычисления коэффициента гидравлического трения  $\lambda$  для безнапорных каналов правильного поперечного сечения. Полагаются известными нижеследующие данные о канале; размеры поперечного сечения (ширина по дну, коэффициент откоса и т.д.), вид шероховатости (разнозернистая, не разнозернистая) и эквивалентная абсолютная высота выступов шероховатости смоченной поверхности  $\Delta_0$ , уклон  $I$ , глубина наполнения канала  $h$ , и следовательно, величина  $R/\chi$ . Искомыми величинами являются; коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ , средняя скорость течения  $\mathcal{V}$ , расход воды  $Q$ . Вычисляются величины;  $\omega$ ,  $\chi$ ,  $R$ ,  $v_* = \sqrt{g Ri}$ ;  $\Delta = \Delta_0/h$ ; из закона сопротивления для безграничного широкого (плоского) канала, например, с не разнозернистой шероховатостью смоченной поверхности:

$$1/\sqrt{\lambda_{nl}} = 4,06 \lg \left[ 11,03 \left( \frac{3,3}{Re_{*h}} + \frac{\Delta_0}{h} \right) \right] \quad (37)$$

где:  $Re_h = v_* h / \nu$ ;  $v_*$ - динамическая скорость течения вычисляется величина  $\lambda_{nl}$  для плоского потока с глубиной  $h$ . Из приведенных формул решения кубического уравнения (34) в соответствии с заданной величиной  $R/\chi$ , находится искомая величина  $\lambda$  из зависимости (36).

В пятой главе диссертации «**Технико-экономическая эффективность разработанного метода расчёта оптимальной конструкции подводных машинных каналов и сооружений насосных станций**» приводятся результаты технико-экономических расчётов по выбору оптимальной конструкции подводных машинных каналов и сооружений насосных станций. Выполнены расчёты по определению технико-экономических показателей и экономической эффективности от внедрения подводных машинных каналов оптимальной формы живого сечения. Расчёты по сравнению вариантов технико-экономических показателей проведены согласно рекомендациям. Общее количество воды, перекачиваемой НС, определено для средней продолжительности работы каждого агрегата 2870 часов за поливной период с учетом увеличения подачи насоса 8,29 %, т.е. на 0,059 м<sup>3</sup>/с при внедрении оптимальной формы русла машинных каналов и камер водозабора НС.

Технико-экономическое сравнение вариантов конструкции форм поперечного сечения подводящих машинных каналов и камер водозаборов НС, обычной и предложенной оптимальной конструкции, формы живого сечения подводящих машинных каналов показывают, что за счёт применения улучшенной оптимальной конструкции подводящих машинных каналов и сооружений НС, например, на существующей средней девятиагрегатной НС «Бахт» с насосами 22 НДС годовой ожидаемый экономический эффект составляет 29,5 млн. сумов.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований по диссертации доктора наук (DSc) по техническим наукам на тему: «Теоретическое и экспериментальное обоснование влияния шероховатости и морфометрических элементов русла на гидравлические сопротивления машинных каналов насосных станций» представлены следующие выводы:

1. Опубликованные в литературе экспериментальные данные о потерях напора в безнапорных каналах с поперечным сечением «правильной» формы, а также данные наших исследований, как и других авторов показывают, что величина потерь напора в указанных выше каналах является не только функцией числа Рейнольдса, но в значительной степени (в особенности в каналах с шероховатой смоченной поверхностью) зависит от формы их поперечного сечения.

2. Из рассмотрения экспериментальных данных о потерях напора в вышеназванных безнапорных каналах следует, что для нескольких каналов с различными формами поперечного сечения, но с одинаковыми уклонами и одинаковой шероховатостью смоченной поверхности, кривые на графике ( $Re_R = vR/\nu$ ,  $\lambda_R = v^{2*}/v^2$ ) будут располагаться в следующем порядке (сверху – вниз); весьма широкий канал прямоугольного сечения, относительно неширокий канал прямоугольного поперечного сечения, каналы трапецеидального и треугольного сечения, канал полуциркульного поперечного сечения.

3. Величина коэффициента гидравлического трения  $\lambda_R$  для весьма широкого канала или канала прямоугольного поперечного сечения при прочих равных условиях оказывается больше, чем для канала трапецеидального или полуциркульного сечения. Соответствующие кривые зависимости  $\lambda_R$  от числа  $Re_R$  проходят при этом, примерно, параллельно кривой, полученной для закона «гладкого сопротивления».

4. Из рассмотрения результатов опытов следует, что для рассматриваемых каналов величины коэффициентов гидравлического трения могут существенно (например, в 1,3 раза) различаться между собой при одних и тех же значениях гидравлического радиуса, и прочих равных условиях.

5. На основании экспериментальных данных, имеющих в литературе и опытов, проведенных в процессе выполнения настоящей работе, нами

получены и рекомендуются расчетные зависимости, позволяющие определить потери напора для «правильных» русел с различной формой поперечного сечения и с различной шероховатостью смоченной поверхности.

6. За счёт выбора оптимальных параметров подводящих машинных каналов, водоприёмных камер и всасывающего трубопровода улучшаются гидравлические характеристики подводящих машинных каналов, водоприёмных сооружений и всасывающего трубопровода насоса, вследствие чего, водоподача насосных агрегатов возрастает на 2,7...3,2 %, а коэффициент полезного действия насосных агрегатов (НА) на 2,09 %.

7. За счёт уменьшения образования водоворотных зон и гидравлических сопротивлений в подводящих машинных каналах и сооружений НС, трапецеидального поперечного сечения, а также уменьшения угла входа воды в подводящему сооружению НС, водоподача насоса составляет 94,3%.

8. С уменьшением отложения наносов в подводящем машинном канале и водоприёмном сооружений насосных станций, создана возможность повышения ресурсосберегаемости оросительных насосных станций на 2,1...4,3%.

9. Для обеспечения оптимальной работы подводящих машинных каналов и сооружений насосных станций рекомендуется принять минимальную глубину погружения над уровнем воды входного участка всасывающей трубы  $h_2 = 0,62 D_{вх}$ .

10. Если глубину погружения входного участка всасывающей трубы над уровнем воды уменьшить с  $1,7 D_{вх}$  до  $0,66 D_{вх}$ , тогда и размеры подводящих машинных каналов и сооружений НС уменьшатся, что уменьшает объем водяных воронок в 2 ... 3 раза и количество мутных отложений.

11. При натурном обследовании насосных станций установлено, что объёмы заиливания по отдельным станциям составляют от 15 до 55 % от общего объёма подводящих машинных каналов и сооружений НС.

12. Влияние формы живого сечения машинных каналов на величину потерь напора проявляется тем сильнее, чем больше относительная шероховатость.

13. Учет (по рекомендуемым зависимостям) влияния формы поперечного сечения и шероховатости на величину потерь напора в безнапорных машинных каналах насосных станций, правильной формы может дать при их проектировании существенный экономический эффект. Ожидаемый экономический эффект составляет 29,5 млн. сум.

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

---

**TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL  
MECHANIZATION ENGINEERS**

**URALOV BAKHTIYOR RAXMATULLAEVICH**

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE  
INFLUENCE OF ROUGHNESS AND MORPHOMETRIC ELEMENTS OF  
THE CHANNEL ON THE HYDRAULIC RESISTANCE OF MACHINE  
CHANNELS OF PUMPING STATIONS**

**05.09.07 – Hydraulics and engineering hydrology**

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

**TASHKENT – 2021**

**The theme of doctoral dissertation (DSc) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2020.4. DSc /T407.**

The dissertation has been prepared at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers.

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

**Scientific consultant:**

**Dilshod Raimovich Bazarov**

doctor of technical science, professor.

**Official opponents:**

**Eshev Sobir Samatovich**

doctor of technical science, professor.

**Makhmudov Ilhom Ernazarovich**

doctor of technical sciences, professor.

**Khujaev Ismatulla Kushaevich**

doctor of technical sciences, professor.

**Leading organization:**

**Tashkent architecture-construction Institute**

The defense of the thesis will be « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 at \_\_\_\_ hours at the meeting of the Scientific council DSc. 03/30.12.2019.T.10.02 at the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Tel.: (99871) 237-22-67, Fax: (99871)237-54-79. e-mail: [admin@tiiame.uz](mailto:admin@tiiame.uz))

The doctoral dissertation can be found at the Information resource centre of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (registered with № \_\_\_\_ ) at the address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Tel: (99871) 237-19-45

Abstract of dissertation was sent « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021.

(register of the distribution protocol № \_\_\_\_ from « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021).

**T.Z.Sultanov**

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

**F.A.Gapparov**

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

**A.M. Fatkhulloev**

Deputy Chairman of the scientific seminar at the Scientific Council for awarding Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Associate professor

## INTRODUCTION (abstract of the DSc Thesis)

**The aim of the research.** The purpose of the work is in general terms arranged from the above. Specifying this, the value of the pressure loss in channels with varying degrees of roughness can be emphasized that in the end we propose, when designing machine channels of pumping stations (PS), large earthen ("non-fastened" and "fixed") channels, the following "calculated positions ":

- dependence of hydraulic resistance on the Reynolds number and the shape of the channel cross-section in channels with a "smooth" or close to it wetted surface.

- the nature of the curves, in channels with a rough surface of the bottom and walls (with different relative, both equal and non-grained roughness);

- dependences that take into account the influence of the shape of the living section of the channel on the th surface.

**The object of research** in this work is the Amu-Bukhara machine canal (ABMK), in the area of the damless water intake from the Amu Darya river bed. Sections of the ABMK machine channels, from the head structure to the AB-I and AB-II pumping stations, were taken as the object of hydraulic research.

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

- the calculation method has been improved, which provides slowly changing flow movements, taking into account the operating mode of the water supplying machine channels of pumping stations.

- the method for calculating the optimal parameters of the bed of water-supplying machine channels has been improved to improve the operating mode of pumping stations;

- a method has been developed to prevent sediment inflow into the front chamber of pumping stations;

- improved mathematical model, polishing the movement of water flow in the channel. Implementation of research results.

**Implementation of research results.** On the basis of the developed computer program, which created the opportunity to describe the movement of the water flow, according to which a recommendation was developed for the operation of water-supplying machine channels of pumping stations of the Amu-Bukhara machine channel was implemented as intended. (Act of implementation from 01.04.2019y., Act of implementation of Namangan DPS and E from 27.07.20y., Act of implementation of Andijan DPS and E from 01.08.20. Act of implementation of Fergana DPS and E from 10.80.20y., Act of implementation of SUVLOYIXA of Andijan region from 07/27/2020y. The act of implementation of the Kashkadarya DPS and E from 08/20/2020). The act of implementation of the Ministry of Water Resources (certificate of the Ministry of Water Resources № 04/20-3619 dated 27 November, 2020). When using the results of scientific research, the expected economic effect is 29.5 million soums.

**The structure and scope of the thesis.** The dissertation work consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 170 pages.

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

**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. Мамажонов М., **Уралов Б.Р.**, Турсунов Х. Изменение водоподачи насосов // «Ўзбекистон Қишлоқ хўжалиги» журнали, Тошкент, 2005 йил, № 1-сон, С.27-29.

2. Мамажанов М., **Уралов Б.Р.**, Хидиров С. “Влияние гидроабразивного износа деталей центробежных и осевых насосов на эффективность эксплуатации оросительных насосных станций // ISSN 2181 - 8584 “Irrigatsiya va melioratsiya ” журнали, №1(15), Тошкент, 2019, С. 37-43 .

3. **Уралов Б.Р.**, Шоазизов Ф., Хидиров С., Норкулов Б. Влияние формы живого сечения машинных каналов на потери напора при равномерном турбулентном движении жидкости // ”Меъморчилик ва курилиш муммолари” илмий – техник журнали, СамДАКИ, Самарканд, 2019й. №3, С. 34-37.

4. **Уралов Б.Р.**, Таджиева Д. Дехканова Н. Вохидов О. Марказдан кочма насоснинг сув сарфига таъсир килувчи омилларни хисоби // “Меъморчилик ва курилиш муммолари” илмий - техник журнали, СамДАКИ, Самарканд, 2019йил, № 4-сон, Б. 22-24.

5. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Норкулов Б.М., Саидов Б.М. Влияние формы безнапорного трапециедального канала и шероховатости на потери напора машинных каналов насосных станций. «Меъморчилик ва курилиш муммолари» илмий - техник журнали, СамДАКИ, Самарканд, 2020йил, № 2 (2-кисм), С. 21-24.

6. **Уралов Б.Р.**, Мирзаев А.Б., Нодиров Д. Влияние формы русла и шероховатости машинных и деривационных каналов на гидравлическое сопротивление гидроэнергетических сооружений // «Меъморчилик ва курилиш муммолари» илмий - техник журнали, СамДАКИ, Самарканд, СамДАКИ, 2020йил, № 2 (2-кисм), С. 27-28.

7. Мамажанов М., **Уралов Б.Р.**, Суюнов Ж.Ш., Таджиева Д. Рациональные режимы работы лопастных насосов при кавитационно-абразивном износе их деталей //«Меъморчилик ва курилиш муммолари» илмий - техник журнали, СамДАКИ, Самарканд, СамДАКИ, 2020йил, № 2 (2-кисм), С. 44-48.

8. Базаров Д. Р., **Уралов Б.Р.**, Райимова И.Д., Усмонов У., Норкулов Б. О зависимости гидравлических сопротивлений машинных и деривационных каналов ГЭС на потери напора гидроэнергетических сооружений //«Меъморчилик ва курилиш муммолари» илмий - техник журнали, СамДАКИ, Самарканд, 2020й., № 2 (3-кисм), С.51-54 .

9. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Ташханова М.П. Закономерности гидравлического сопротивления машинных каналов насосных станций // ISSN, 2181-8584, “Irrigatsiya va melioratsiya ” журнали, ТИКХММИ, Тошкент, 2020-йил, №2(20)-сон, С.37-42.

10. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Норкулов Б.Э., Вохидов О. Влияние шероховатости и формы русла деривационных каналов на гидравлическое сопротивление гидроэнергетических сооружений // ISSN-C-15351, «Узбекгидроэнергетика» журналы, «Узбекгидроэнерго» акциядорлик жамияти илмий-техник журналы, Тошкент, 2020 йил, №2-сон, С.50-53.

11. **Уралов Б.Р.**, Исломов К.С., Улжаев Ф., Хакимова Г. Влияние морфометрических элементов русла на гидравлическое сопротивление машинных каналов насосных станций // «Меъморчилик ва курилиш муммолари» илмий - техник журналы, СамДАКИ, Самарканд, 2020й., № 4 (2-кисм), С.68 – 73.

12. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Нурматов П.А., Ишонкулов З., Каюмов А. Влияние формы живого сечение безнапорного машинного канала и шероховатости его смоченной поверхности на гидравлическое сопротивление // «Меъморчилик ва курилиш муммолари» илмий - техник журналы, СамДАКИ, Самарканд, 2020й., № 4 (2-кисм), С.73 – 76.

13. **Уралов Б.Р.**, Хазратов А., Саидов И.Э., Норчаев А.Ж. Влияние морфометрических элементов русла деривационных каналов на манометрический напор гидроэлектростанций // «Инновацион технологиялар /Innovative technologies» илмий – техник журналы, КарМИИ, Карши, 2021й., Махсус сон, Б.47-53.

14. Shaazizov F., **Uralov B.**, Shukurov E., Nasrulin A. Development of the computerized decision-making support system for the prevention and revealing of dangerous zones of flooding // XXII international Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering. E3S Web of Conferences 97, 05040 (2019), FORM-2019, [doi.org/10.1051/e3sconf/20199705038](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705038) pp.1-7. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

15. M. Mamajonov, D.R. Bazarov, **B.R. Uralov**, G.U. Djumabaeva, N. Rahmatov. The impact of hydro-wear parts of pumps for operational efficiency of the pumping station // Journal of Physics: Conference Series. J.Phys.:Conf.ser. 1425 (2020) 012123. [doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012123](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1425/1/012123) pp 1-8. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

16. Dilshod Bazarov, **Bakhtiyar Uralov**, B. Matyakubov, O. Vokhidov, F. Uljaev, M. Akhmedi. The effects of morphometric elements of the channel on hydraulic resistance of machine channels of pumping stations // FORM-2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072015 IOP Publishing [doi:10.1088/1757-899X/869/7/072015](https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/7/072015). Pp.1-8. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

17. **Bakhtiyar Uralov**, S. Xidirov, B. Matyakubov, Z. Eshonkulov, B. Norkulov, A. Gayur. River channel deformations in the area of damless water Intake // To cite this article: Bakhtiyar Uralov et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 869 072014 FORM-2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072014 IOP Publishing [doi:10.1088/1757899X/869/7/072014](https://doi.org/10.1088/1757899X/869/7/072014). pp 1-11. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

18. **B. Uralov**, D. Saidkhodjaeva, U. Kurbonova and R. Baymanov. Influence of the shape of the pressureless trapezoidal channel and roughness on the pressure loss of the machine channels of the pumping stations // To cite this article: B. Uralov et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 883 012012 View

CONMECHYDRO – 2020, IOP Conf.Series: Materials Science and Engineer 883 (2020) 012012 IOP Publishing doi:10.1088/1757899X/883/1/012012 pp. 1-8. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

19. **B.Uralov**, K. Isabaev, F. Jamolov, M. Akhmadi and M. Mirzaev. The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance // To cite this article: B Uralov et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 883 012006 View CONMECHYDRO – 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012006. pp. 1-8. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

20. **Bakhtiyor Uralov**, Sanatjon Khidirov, Fotima Artykbekova, Bobur Shodiev. The influence of the roughness and shape of the canals on trapezoidal canals on the pressure loss of the hydropower structures // International Conference Sustainable Energy Systems: Lecture Notes in Civil Engineering, 05 february 2021: link [springer.com/chapter/101007/978-3-330-67654-4\\_5](https://www.springer.com/chapter/101007/978-3-330-67654-4_5) LNCE, volume 141, pp.35-46. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

21. **Bakhtiyor Uralov**, Norkobul Rakhmatov, Sanatjon Khidirov, Gayrat Safarov, Farokhiddin Uljaev and Ikboloy Raimova // Hydraulic modes of damless water intake // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012123 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/0121231 pp.1-7. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

22. **Bakhtiyor Uralov**, Ruzimurod Choriev, Lyudmila Maksudova, Mukaddas Sapaeva, Anvar Shernaev and Panji Nurmatov . Substantiation of the influence of the channel shape and the roughness of machine canals on the pressure loss of irrigation pumping stations // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012148 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012148 pp.1-17. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

23. Makhmudjon Mamajanov, **Bakhtiyor Uralov**, Marina Li, Eshmatboy Qalqonov, Panji Nurmatov, and Abdulatif Gayur. Irrigation pumping stations according to the hydraulic and operational indicators of pumping units // CONMECHYDRO – 2021, E3S Web of Conferences, open access proceedings in environment, energy and earth sciences 264, 03074 (2021).doi.org/10.1051/e3sconf/202126403074 pp.1-9. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

24. **Bakhtiyor Uralov**, Marina Li, Eshmatboy Qalqonov, Zokhidjon Ishankulov, Makhfuz Akhmadi, and Lyudmila Maksudova. Hydraulic resistances experimental and field studies of supply canals and pumping stations structures // CONMECHYDRO – 2021, E3S Web of Conferences, open access proceedings in environment, energy and earth sciences 264, 03075 (2021), doi.org/10.1051/e3sconf/202126403075 pp.1-15. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

25. **Bakhtiyor Uralov**<sup>1\*</sup>, Sanatjon Khidirov, Farokhiddin Uljaev, Ikboloy Raimova, Khumoyun Kholmatov and Alisher Allanazarov. Hydraulic resistances of derivation channels of hydropower facilities // E3S Web of Conferences **274**, 03010 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127403010>, STCCE–2021, pp.1-7. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

26. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Хидиров С. Влияние шероховатости и формы живого сечения машинных и деривационных каналов на потери

напора при безнапорном движении жидкости / Монография, ТИКХММИ, Ташкент, 2019г., С.131.

## II бўлим (II часть, part II)

27. **Уралов Б.Р.** Влияние шероховатости и формы русла на потери энергии потока в подводящих и отводящих каналах крупных насосных станций. Исследование работы гидротехнических сооружений и насосных станций. Сборник научных трудов ТИИИМСХ, вып.140, Ташкент, 1985 г. С. 49-54.

28. **Уралов Б.Р.** Гидравлические сопротивления в машинных каналах правильной формы сечения при турбулентном движении жидкости. Проектирование строительства гидротехнических сооружений и насосных станций в условиях Узбекистана. Сборник научных трудов ТИИИМСХ, Ташкент, 1987 г., С.32-40.

29. **Уралов Б.Р.,** Мухамедов Д.А. Некоторые результаты исследований криволинейных участков канала ЛМК Кызылординского гидроузла. Совершенствование проектирования гидротехнических сооружений в условиях Средней Азии. Сборник научных трудов ТИИИМСХ, Ташкент, 1989 г., С.46-49.

30. **Уралов Б.Р.,** Мухамедов Д.А. Некоторые результаты натурных исследований на канале Чирейли. Сборник научных трудов ТИИИМСХ, посв.60-летнему юбилею института, Ташкент, 1994г., С.14-16 стр.

31. **Уралов Б.Р.,** Мухамедов Д.А. Исследование на коллекторах Приаралья. Сборник научных трудов ТИИИМСХ, посв.60-летнему юбилею института, Ташкент, 1994г., С.18-20.

32. **Уралов Б.Р.** О зависимости коэффициента гидравлического трения в призматических каналах правильной формы сечения. Сборник научных трудов ТИИИМСХ, "Научные основы оптимизации мелиоративных режимов в районах орошения". Ташкент, 1994г., С.121-126.

33. **Уралов Б.Р.,** Мухамедов Д.А. Натурные и лабораторные исследования в безнапорных руслах различной формы поперечного сечения // Сборник научных трудов ТИИИМСХ, Ташкент, 1995г.С.52-55.

34. Glovatsky O.Ya., **Uralov B.R.,** Ergashev R.R. Reliability assessment and measures for resources-saving on water lifting engine systems in the republic of Uzbekistan. Perspectives of innovations. Economics and Business International Gross-Industry Research Journal, Volume 4 (Issue 1), 2010., Pp.118-120.

35. Гловацкий О.Я., **Уралов Б.Р.** Исследование гидродинамических характеристик движения твёрдых частиц над направляющими системами. Проблемы механики Академии наук, Республики Узбекистан, Журнал № 4, Ташкент, 2009г., С. 26-29.

36. Гловацкий О.Я., **Уралов Б.Р.,** Эргашев Р.Р.Повышение надежности эксплуатации водоподводящих сооружений крупных насосных станций. «Ўзбекистон Республикаси мелиорация ва сув хўжалигини

ривожланишининг замонавий муаммолари» мавзусидаги Халқаро илмий-техник конференция материаллари. Тошкент, 2008 й, 27-29 ноябр, Б.235-237.

37. Гловацкий О.Я., Уралов Б.Р., Эргашев Р.Р. Определение критериальных значений ресурсосберегающих технологий эксплуатации насосных станций. Международная конференция- “Современные проблемы сельского и водного хозяйства”. //Труды Волгоградского СХИ, Волгоград, 2009г.,С.234-236.

38. Шоазизов Ф., Уралов Б.Р. Разработка компьютеризированной системы поддержки принятия решений по определению опасных зон затоплений. XXII-Международная конференция “Передовые технологии Цивильной Инженерии”,Ташкент, Узбекистан, 18-21 апреля, 2019г.С.1- 5.

39.Уралов Б.Р. О гидравлических сопротивлениях безнапорных ирригационных и машинных каналов на жестком русле. Сборник трудов Международной конференции “Проблемы управления водных ресурсов в бассейне Аральского моря”, Ташкент, 2000, С.56-58.

40. Уралов Б.Р. Гидравлические сопротивления безнапорных машинных каналов трапециевидальной формы сечения при безнапорном движении жидкости. Сборник трудов Международной научно-технической-практической конференции «Проблемы высшей школы на современном этапе реформ в агропромышленном комплексе» Ташкент, 2000, С.59-61.

41. Уралов Б.Р., Хазраткулов И. Суғориш тизимларидаги насос станциялари ва агрегатларини ишлатиш ва технологик жараёнларининг тахлили. “Агросаноат тармоқларида электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлиги ошириш муаммолари” мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами, Тошкент, ТИҚХММИ, 2018 йил, Б.478-482 .

42. Уралов Б.Р., Хазраткулов И. Марказдан қочма ва ўқий насосларнинг ишчи деталларини ейилишини натура шароитларида ўрганиш. “Агросаноат тармоқларида электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлиги ошириш муаммолари” мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами, Тошкент, ТИҚХММИ, 2018 йил,Б.361-364.

43. Уралов Б.Р., Мухамедов Д.А. Натурные и лабораторные исследования в безнапорных руслах различной формы поперечного сечения. Министерство сельского и водного хозяйства РУз. Сборник статей - «Учебно-научной конференции по подготовки инженеров ирригации», Ташкент, 1995 г., С.22-24.

44.Уралов Б.Р., Хидиров С. Деривация каналидаги гидравлик каршилиқларнинг ГЭС босимиға таъсири. “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги магистрантларнинг иккинчи илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2003, Б.26-29.

45. Уралов Б.Р. О гидравлических сопротивлениях безнапорных водоводов машинных каналов крупных насосных станций. Республиканская научно-практическая конференция “Юридические и научно-технические основы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений” ТИИМ, Ташкент, 2003, 27-30май, С. 33-36.

46. **Уралов Б.Р.**, Баратов Р. Об опыте управления и экономии водно-энергетических ресурсов «Калифорнийского акведука» в штате Калифорния. Республика илмий- амалий анжумани “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги магистрантларнинг иккинчи илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, ТИМИ, Тошкент, 2004, Б.254-256.

47. **Уралов Б.Р.**, Азимов А.И. Исследования закономерности гидравлических сопротивлений водопроводящих каналов при турбулентном движении жидкости. Республика илмий-амалий анжумани, “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги магистрантларнинг иккинчи илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами. ТИМИ, Тошкент, 2004, Б.46-48.

48. Гловацкий О.Я., **Уралов Б.Р.** Кавитационно-абразивный износ элементов проточной части насосных установок и мероприятия по уменьшению интенсивности их износа. Сборник научных трудов - 80 летию САНИИРИ, Ташкент, 2006 г., С.181-184.

49. Гловацкий О.Я., **Уралов Б.Р.**, Азимов А.И. Новые способы реформирования потока в водоподводящем комплексе насосной станций. «Эффективной использования водных ресурсов в сельском хозяйстве и актуальной проблемы улучшения мелиоративного состояния земель», Материалы научно- практической конференции, Тошкент, 2010г., 10 ноября, С.61-67.

50. Мамажанов М., Гловацкий О., **Уралов Б.Р.**, Кан Э. Исследование проблемы по снижению интенсивности износа деталей проточной части центробежных и осевых насосов. Республика илмий- амалий анжумани, “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2010й., Б.198-202.

51. Мамажанов М., Гловацкий О., **Уралов Б.Р.** Об оптимизации эксплуатационных режимов водоподводящих и водоотводящих сооружений крупных насосных станций. Республика илмий- амалий анжумани, “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2010й., Б.198-202.

52. Мамажанов М., Гловацкий О., **Уралов Б.Р.** Результаты экспериментальных и натурных исследований водоподводящих сооружений насосных станций. Республика илмий- амалий анжумани “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2011й., Б.214-216.

53. Мамажанов М., Гловацкий О., **Уралов Б.Р.**, Эргашев Р. Результаты лабораторных исследований гидроабразивных и кавитационных износов насосных агрегатов мелиоративных насосных станций. Республика илмий-амалий анжумани, “Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2011й., Б.238-241.

54. Мамажанов М., Гловацкий О., **Уралов Б.Р.**, Эргашев Р. О влиянии гидроабразивного износа на потери напора насосных агрегатов оросительных

насосных станций. Республика илмий- амалий анжумани, «Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари» мавзусидаги илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2012й., Б.157-160.

55. Мамажанов М., Гловацкий О., **Уралов Б.Р.**, Эргашев Р. Об расчете и оценки интенсивности увеличения уплотняющих и торцевых зазоров рабочих колес насосных агрегатов крупных насосных станций. Республика илмий- амалий анжумани, «Кишлоқ ва сув хужалигининг замонавий муаммолари» мавзусидаги илмий-амалий конференцияси маърузалар туплами, Тошкент, 2012й., Б.202-204.

56. Мамажанов М., **Уралов Б.Р.** Суғориш насос станциясидаги насос агрегатларнинг ишчи деталларини ёйилиш сабаблари ва уларнинг ечимлари. “Машиносозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муммолар ва инновацион ечимлар” Республика илмий- техник анжумани материаллари, УРОУМТВ, ФарПИ, Фарғона, 2019й., 19-20сентябрь, Б.292-294.

57. **B. Uralov**, D. Saidkhodjaeva, U. Kurbonova and R. Baymanov. Influence of the shape of the pressureless trapezoidal channel and roughness on the pressure loss of the machine channels of the pumping stations. Международная научная конференция "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2020) в режиме онлайн. 23 апреля 2020г.

58. **B.Uralov**, K. Isabaev, F. Jamolov, M. Akhmedi and M. Mirzaev. The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance. Международная научная конференция "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2020) в режиме онлайн. 24 апреля 2020г.

59. **Уралов Б.Р.**, Шарипов А., Абдуллаев Ж., Назаров Д., Фатхуллаев С. Суғориш насос станцияларидаги насос агрегатларининг фойдали иш коэффициентларини камайиши сабаблари ва уларнинг самандорлигини ошириш йуллари. Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве» Бухара, 25-26сентября 2020, С.243-244.

60. **Уралов Б.Р.**, Шарипов А., Абдуллаев Ж., Назаров Д., Махмудов А. Мелиоратив насос станцияларидаги агрегатларини ишлатиш ва самандорлигини ошириш омиллари. Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве» Бухара, 25-26сентября 2020, С.244-247.

61. Makhmudjon Mamajanov, **Bakhtiyor Uralov**. Irrigation pumping stations according to the hydraulic and operational indicators of pumping units. Международная научная конференция "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021) в режиме онлайн. Ташкент, 1-3 апреля, 2021г.

62. **Bakhtiyor Uralov** and Ikboloy Raimova. Experimental and field studies of hydraulic resistances of supply canals and structures of pumping stations. Международная научная конференция "Construction Mechanics, Hydraulics

and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021) в режиме онлайн. Ташкент, 1-3 апреля, 2021г.

63. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Хидиров С.К., Норкулов Б.Э., Улжаев Ф. “Қарши Магистрал каналнинг насос станциясига сув олиб келиш қисми ўзанидаги жараёнларни ростлаш ҳамда земснарядларнинг ишлаш самарадорлигини ошириш бўйича керакли тавсияларни ишлаб чиқиш” мавзусидаги №18/2020-сонли хўжалик шартномасининг тадқиқот ишлари бўйича **тавсиянома**. ТИКХММИ босмаҳонасида чоп этилди. Тошкент шаҳри, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй. Буюртма №1452. Адади 100 нусха. Тошкент, 2020й. Б.73.

64. Базаров Д.Р., **Уралов Б.Р.**, Хидиров С.К., Норкулов Б.Э., Улжаев Ф., Ишонкулов З. “Аму-Бухоро машина каналига тўғонсиз сув олиш соҳасидаги ўзандаги жараёнларни ростлаш ҳамда бош иншоотнинг ишлаш шароитини яхшилаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш” мавзусидаги №19/2020-сонли хўжалик шартномасининг тадқиқот ишлари бўйича **тавсиянома**. ТИКХММИ босмаҳонасида чоп этилди. Тошкент шаҳри, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй. Буюртма №1852. Адади 100 нусха. Тошкент, 2020й., Б. 68.

Автореферат IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA илмий журнали тахририятда тахрирдан ўтказилди. Ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди. (03.04.2021)

Босишга рухсат этилди: 10.12.2021 йил.  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табоғи: 4. Адади 100. Буюртма № 226.  
Тел (99) 832 99 79; (97) 815 44 54.  
Гувоҳнома reestr № 10-3279  
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмахонасида чоп этилган.  
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй