Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Ош мамлекеттик университети

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети

Д 05.24.705 Диссертациялык кеңеш

Кол жазма укугунда
УДК: 621.311.212

Оразбаев Казбек Найманказиевич

Гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧти эсептөөнүн практикалык ыкмаларын изилдөө жана иштеп чыгуу

05.14.08 – кайра жаралуучу энергия булактарынын негизиндеги энергетикалык түзүлүштөр

Техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын
изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
Автореферэты

Бишкек – 2025

Иш И. Раззаков ат. Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин энергиянын калыптанма булактары кафедрасында аткарылды

Илимий жетекчиси:

Обозов Алайбек Джумабекович
техника илимдеринин доктору, профессор, КР УИАнын мүчө-корреспонденти, КР УИАнын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун энергиянын калыптанма булактары лабораториясынын башчысы

Расмий оппоненттер:

Эргашев Сирожиддин Фаязович
техника илимдеринин доктору, профессор, Фергана политехникалык институтунун илим жана илимий-педагогикалык кадрларды даярдоо бөлүмүнүн башчысы, Фергана ш.

Эрмекова Зулайка Карыбековна
техника илимдеринин кандидаты, доцент, Б. Сыдыков ат. Кыргыз-Өзбек эл аралык университетинин Машина таануу жана энергетика кафедрасынын башчысы, Ош ш.

Жетектөөчү уюм:

А. С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту, КР УИАнын Түштүк бөлүмү (723500, Кыргыз Республикасы, Ош ш., А. Каримов көч., 31)

Ишти коргоо 2025 жылдын 23 майында саат 14.30 КР УИАнын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту, ОшМУ жана И. Раззаков ат. КМТУга караштуу техника илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн диссертацияны коргоо боюнча Д 05.24.705 диссертациялык кеңешинин отурумунда болот. Дареги: 720055, Бишкек ш., Скрябин көч., 23. Диссертацияны коргоо боюнча видеоконференцияга кирүү шилтемеси: https://vc.vak.kg/b/052-bdi-qrs-06b

Диссертациялык иш менен КР УИАнын МАГИ (720055, Бишкек ш., Скрябин көч., 23), ОшМУнун (723500, Ош ш., Бөрүбаев көч., 2), И. Раззаков ат. КМТУнун (720044, Бишкек ш, Ч. Айтматов пр., 66) китепканаларынан жана КР Президентине караштуу Улуттук аттестациялык комиссиясынын сайтынан таанышса болот: https://stepen.vak.kg/diss_sovety/d-05-24-705/

Автореферат 2025 жылдын 22 апрелинде таркатылды.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы,
т.и.к., доцент Медеров Т. Т.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Ар бир өлкөнүн технологиялык жана индустриалдык-инновациялык жактан ийгиликтүү өнүгүүсү анын энергетикалык мүмкүнчүлүктөрүнө түздөн-түз көз каранды. Энергетика азыркы замандын негизги кыймылдаткыч күчү болуп келет, ал адамдардын социалдык-экономикалык абалын гана эмес, мамлекеттин өнүгүшүнүн жана гүлдөшүнүн негизки критерийи болгон илимий-техникалык прогресстин эң заманбап жетишкендиктерине жетүү мүмкүнчүлүгүн да аныктайт.

Акыркы он жылдыктарда көмүрсуутек чийки затына (мунай, газ, көмүр ж.б.) негизделген салттуу отун-энергетикалык ресурстарды пайдалануунун деңгээли ушунчалык өскөндүктөн, алардын жакынкы келечекте мүмкүн болгон түгөнүп калуусу жөнүндө маселе чыга баштады. Окумуштуулардын айтымында, жакынкы 50-100 жылда алардын жетишсиздиги байкалышы мүмкүн.

Демек, бүгүнкү күндө салттуу отундун ордун толтуратурган жаңы энергия булактарын табуу жөнүндө катуу ойлонуу керек. Практика көрсөткөндөй, мындай булактар салттуу эмес кайра жаралуучу энергия булактары болушу мүмкүн, мисалы, күн энергиясы, шамал энергиясы, геотермалдык энергия, биомасса энергиясы ж.б. Окумуштуулардын пикири боюнча, аталган булактардын запастары эбегейсиз зор жана ал тургай адамзаттын бардык энергияга болгон муктаждыктарын толук канааттандыра алат.

Мындан тышкары, аталган булактар дагы бир планеталык көйгөйдү – айлана-чөйрөнү булгануудан коргоо көйгөйүн чечүүнү камсыздай алат. Бүгүнкү күндө бул маселелер бүткүл дүйнөлүк коомчулуктун күн тартибине коюлуп, климаттын кеңири өзгөрүшү (кургакчылык, суу ташкындары, бороон-чапкындар ж.б.) Мунун баары энергияны (электр, жылуулук, механикалык ж.б.) өндүрүү үчүн кайра жаралуучу булактардын энергиясын колдонгон жаңы технологияларды жана техникалык каражаттарды иштеп чыгууга багытталган изилдөөлөрдү олуттуу бурулуу зарылчылыгына алып келди.

Келечектүү жана иш жүзүндө акталган булактардын бири – бул таза, суу энергиясы. Ал практикада электр (гидроэлектр чордондор – ГЭЧтер), механикалык (насостук чордондор) жана энергиянын башка түрлөрүн алуу үчүн кеңири колдонулат.

ГЭЧтердин ар кандай түрлөрүндөгү көп түрдүүлүктүн ичинен акыркы жылдары чакан жана микрогидроэлектрчордондор деп аталгандар ири ГЭЧтерге караганда компактуулук, автономдуу, ишке киргизүүнүн чакан мөөнөттөрү, экономикалык натыйжалуулук, чоң суу сактагычтарды жана тосмолорду курбастан чакан суу агымдарын кеңири пайдалануу мүмкүнчүлүгү катары кеңири колдонулууда. Мунун баары К. Браун, П. Коурис, Ф. Цотлетерер, Б. С. Блинов, Н. И. Ленев, В. Г. Краснов, К. А. Токомбаев, Ю. П. Беляков, А.-Х. М. Тамадаев, А. Ж. Жамалов сыяктуу ата мекендик жана

чет өлкөлүк окумуштуулардын жана ойлоп табуучу инженерлердин эмгектеринин артында мүмкүн болду.

Негизинен автономдуу аз энергия колдонуучу объектилерди электр менен камсыз кылууга арналган микроГЭЧтер классынын ичинен чоң айырмачылыктар болбогон жана рельефтин эңкейиштери анча чоң болбогон түздүк зоналарда иштөө мүмкүнчүлүгүнө ээ болгон төмөн басымдуу гравитациялык орнотмолор кызыгууну жаратууда. Мындай гравитациялык микроГЭЧтердин негизги айырмасы, алар негизинен жабык суу каналынын бийиктик басымы менен эмес, суу агымынын ылдамдыгы менен иштешет. Мындай микроГЭЧтин иштөө принциби, суу агымынан энергияны тандоо технологиясын уюштурууда, ошондой эле анын негизги элементтеринин параметрлерин эсептөөдө жана тандоодо турбиналык камера, турбинанын калактарынын түрү жана формасы, алардын геометриялык жана кинематикалык параметрлерин эсептөө жана негиздөө, динамикалык параметрлерди аныктоонун жаңы ыкмаларын издөөдө турбинанын валындагы учуру, гидрогенератордун кубаттуулугу ж.б.

Диссертациянын темасынын илимдин негизги өнүгүү багыттары, ири илимий программалар (долбоорлор), билим берүү жана илимий мекемелердин тарабынан жүргүзүлүп жаткан негизги илимий-изилдөө иштери менен байланышы. Диссертациялык иш О. А. Байконуров атындагы Жезказган университетинин «Электр энергетика жана эмгекти коргоо» кафедрасынын мамлекеттик бюджеттик илимий-изилдөө иштеринин алкагында «Калыбына келүүчү энергиянын келечектүү булактарын изилдөө жана тандоо» (2015–2017 жж.) жана «Энергетикадагы экологиялык көйгөйлөр» (2018-2021 жж.) темаларында аткарылган.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери. Аталган иш, аз энергия колдонуучу автономдуу керектөөчүлөрдү электр энергиясы менен жабдуу үчүн гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧти эсептөөнүн жана долбоорлоонун илимий негизделген ыкмаларын иштеп чыгууга арналган.

Аталган максатка жетүү үчүн төмөнкү милдеттер коюлган:

- K трансформация жана Z толтуруу коэффициенттерин эске алуу менен гидротурбинанын кубаттуулугун аныктоо методикасын иштеп чыгуу;
- аба воронкасынын түзүүчү бетинин профилин эске алуу менен турбинанын валынын айлануу моментин эсептөө методикасын иштеп чыгуу;
- гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧтин жалпыланган математикалык моделин тургузуу;
- турбинанын айлануу ылдамдыгынын өзгөрүшүнүн басымга жана камеранын геометриялык параметрлерине көз карандылыгын орнотуу;
- тажрыйба стендин иштеп чыгуу жана гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧтин гидротурбинасынын тажрыйбалык изилдөөлөрүн жүргүзүү.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы. Төмөн басымдуу микроГЭЧтердин бөлүктөрүн жана колдонуу тажрыйбасын талдоонун негизинде жаңы илимий милдеттер түзүлгөн жана коюлган, алардын жаңылыгы менен байланышкан:

- суунун кыймылдуу массасынын энергия үлүшүн эске алуу менен гравитациялык микроГЭЧтин кубаттуулугун эсептөөнүн аналитикалык көз карандылыгын басым бөлүгүнөн алуу;
- турбинанын өлүк чекитинин абалын кошпогондо, суу агымынан максималдуу кубаттуулукту алууну камсыз кылган ротордук гидротурбинанын калактарынын геометриялык параметрлерин синтездөө методикасын иштеп чыгуу;
- ар кандай ылдамдыкта жана суу агымынын чыгымдарында анын кубаттуулугун эсептөө үчүн синтезделген ротордук турбина менен суу агымынын өз ара аракеттенүү процессинин математикалык моделин куруу;
- KompasFlow программалык продуктусун колдонуу менен турбиналык камерада агымды моделдөөнүн негизинде калактарга чейин жана андан кийин гидротурбинанын ичиндеги басымдын бөлүштүрүлүшүнүн сапаттуу үлгүсүн орнотуу;
- турбинанын камерасынын кириш параметрлеринин (кирүү жана чыгуу кесилиштеринин аянты, бийиктиги, басым ж.б.) негизинде чыгыш параметрлерин (кубаттуулук, момент, ПАК ж.б.) аныктоого мүмкүндүк берүүчү MATLAB чөйрөсүндө Simulink кеңейтүү пакетинин негизинде жалпыланган математикалык моделди түзүү менен алгоритмин тургузуу;
- аба воронкасынын формасынын жана геометриясынын турбинанын камерасын толтуруу коэффициентине тийгизген таасирин изилдөө жана турбинанын чыгыш кубаттуулугунун анын маанисине көз карандылыгын аныктоо.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү:

- Сунушталган классификациялык таблица, гравитациялык микроГЭЧтер жердин рельефинин өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен тигил же бул бөлүктөрүнүн классын жана аларды практикалык колдонууга ылайыктуулугун аныктоого мүмкүндүк берет.
- Гидротурбинанын кубаттуулугун аныктоонун иштелип чыккан эсептөө ыкмалары жана аналитикалык көз карандылыгы жана камеранын геометриялык параметрлери гравитациялык микроГЭЧтин ушул негизги түзүмдүк элементтерин эсептөөгө жана долбоорлоого мүмкүндүк берет.
- Тургузулган математикалык модель микроГЭЧтин иштөө режимдерин баалоонун жана аны долбоорлоо баскычында эле кинематикалык, ошондой эле гидродинамикалык параметрлерди эсептөөнүн негизги элементи болуп саналат.
- Иштелип чыккан ыкмалар, моделдер, түзүлгөн алгоритмдер жана изилдөөлөрдүн натыйжалары тиешелүү адистиктеги студенттерди даярдоодо окуу процессинде колдонулушу мүмкүн.
- Эксперименттер методикасы жана эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн түзүлгөн гидравликалык стенд бакалавр студенттердин практикалык сабактарын өткөрүү жана магистранттар жана докторанттар арасында изилдөө жүргүзүү үчүн лабораториялык стенд катары колдонулушу мүмкүн.

Диссертациянын коргоого чыгарылуучу негизги жоболору:

- Толтуруу коэффициентинин ар кандай маанилеринде турбиналык камерада аба воронкасынын формасына жана геометриясына жараша турбинанын чыгуу кубаттуулугун эсептөө методикасын иштеп чыгуу.
- Гравитациялык микроГЭЧтин кубаттуулугун эсептөөнүн аналитикалык көз карандылыгын, анын жалпы балансында суу агымынын ылдамдык басымынын энергиясынын үлүшүн эске алуу менен.
- «Өлүк» абалынын пайда болуу мүмкүнчүлүгүнүн жоктугун эске алуу менен гравитациялык микроГЭЧтин ротордук турбинасынын калактарынын геометриялык параметрлерин синтездөөнүн графо-аналитикалык ыкмасын иштеп чыгуу.
- Эсептөө алгоритми жана гравитациялык микроГЭЧтин жалпыланган математикалык модели, анын түзүлүшүнүн жана иштешинин өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен.
- Эксперименталдык стенд жана гравитациялык микроГЭЧтин ротордук турбинасынын кинематикалык жана гидродинамикалык параметрлерин эксперименталдык изилдөө методикасы.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Иштин жүрүшүндө алынган бардык негизги илимий жана практикалык натыйжалар илимий жетекчинин кеңешинин жардамы жана колдоосу менен түздөн-түз автор тарабынан аткарылган жана алынган.

Диссертациянын натыйжаларынын апробациясы. Диссертацияга киргизилген илимий изилдөөлөрдүн негизги жоболору, корутундулары, теориялык жана практикалык натыйжалары талкууланды:

- Международные XVI Байконуровские чтения «Улытау в историческом контексте концепции «Мәңгілік ел»» (РК, г. Жезказган, 25 ноября 2016 года);
- Международная научно-практическая конференция «Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности» (РФ, г. Вологда, 12 декабря 2018 года);
- Седьмая международная научная конференция «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство» (РФ, г. Казань, 31 августа 2019 года);
- Международные XXI Байконуровские чтения «Перспективы развития науки и образования в условиях новой реальности» (РК, г. Жезказган, 10 декабря 2021 года);
- Международная научная конференция «Проблемы интеграции науки, образования и практики» (КР, г. Ош, 2-3 июня 2022 года).

Ошондой эле алынган жыйынтыктар 2016–2022 жылдары «Электр энергетика жана эмгекти коргоо» кафедрасынын кеңейтилген илимий семинарларында, О. А. Байконуров атындагы Жезказган университетинин окумуштуулар кеңештеринде, «Энергиянын кайра жаралуучу булактары» кафедрасынын жана И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин Энергетика институтунун кеңейтилген илимий семинарларында бир нече жолу угузулган.

Диссертациянын натыйжаларын басылмаларда чагылдыруунун толуктугу. Диссертациянын негизги жыйынтыктары 12 илимий басылмада жарыяланган, алардын ичинен: Web of Science базасында индекстелген жана экинчи квартили бар журналда – 1, Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу УАКтын диссертациясынын негизги илимий жыйынтыктарын жарыялоо үчүн рецензиялануучу илимий, мезгилдүү басылмалардын тизмесиндеги журналдарда – 7, эл-аралык конференциялардын материалдар жыйнагында – 2, башка басылмаларда жарыяланган – 2 макала. Ошондой эле ойлоп табууга Кыргыз Республикасынын 1 патенти алынган.

Диссертациянын түзүмү жана көлөмү. Диссертация киришүүдөн, 4 негизги бөлүмдөн, корутундудан, 130 аталыштагы колдонулган булактардын тизмесинен жана 4 тиркемеден турат. Диссертациянын материалы 150 барактан турган машиналык текст, анын ичинде 6 таблица жана 66 сүрөт бар.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу негизделип, максаттары, милдеттери жана изилдөөнүн негизги багыттары аныкталган.

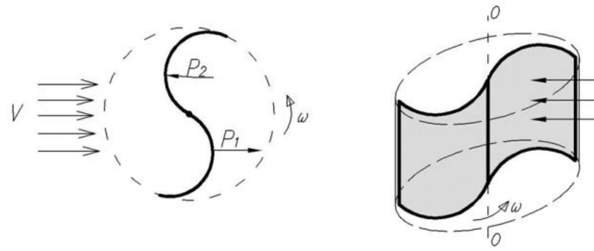
1 бөлүм «Адабияттарды кароо. МикроГЭЧти пайдалануу тажрыйбасын талдоо жана жалпылоо»-да аталган багытта адабий сереп жүргүзүлүп, микроГЭЧти колдонуунун абалы жана келечеги бааланды. МикроГЭЧтин бөлүктөрүнүн ар кандай түрлөрүнүн салыштырма анализинин жыйынтыктары келтирилген, алар практикада кеңири колдонулган жана ишинин өзгөчөлүктөрү каралган.

Кичи басымдарда иштеген жана негизинен жалпак бөлүктө ийгиликтүү иштөөнү камсыз кылган төмөн басымдагы микроГЭЧтин классификациясы сунушталды.

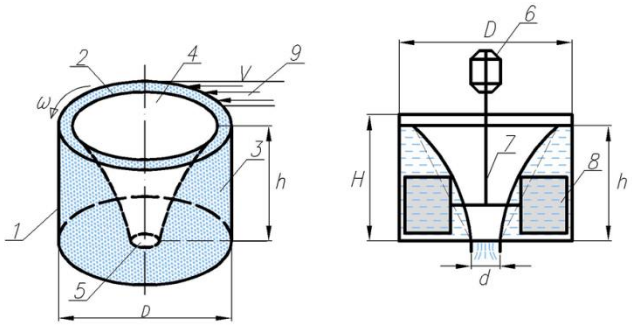
Түздүктөгү микроГЭЧтердин көп түрдүүлүгүнүн ичинен гравитациялык-айланма микроГЭЧтер эң чоң кызыгууну жаратууда. Суу турбиналарынын ар кандай түрлөрүн колдонууга жүргүзүлгөн талдоо эркин агымдуу (түздүк) микроГЭЧтер үчүн турбиналардын эң алгылыктуу жана иш жүзүндө негиздүү түрү ротордук гидротурбиналар экенин көрсөттү. Алар пайда болгон жарым цилиндрлердин боюнда жайгашкан бир жалпы айлануу огуна ээ болгон эки жарым цилиндрдик калактар. 1-сүрөттөн көрүнүп тургандай, эгер бул турбинаны суунун кыймылдуу агымына жайгаштырсаңыз, анын таасири астында ал О-О огунун айланасында айланат.

Көбүнчө, мындай айлануучу турбиналардын калактарынын саны көбүрөөк жана ал турбинанын кубаттуулугуна көз каранды болот.

Куюн түрүндөгү гравитациялык микроГЭЧти карап көрөлү, анда турбиналык камера катары түбүндө чыгуучу тешиги бар кадимки ачык цилиндрлүү сыйымдуулук колдонулат жана анын ичине гидрогенераторго туташтырылган суу турбинасы орнотулган (2-сүрөт).



а) б)



1-сүрөт – Суу агымынын ротордук турбинасынын бычактары менен өз ара аракеттенүү схемасы
а) үстүртөн көрүнүшү;
б) жалпы көрүнүшү.

2-сүрөт – Айланма типтеги гравитациялык микроГЭЧтин схемасы

Аталган система төмөнкүдөй иштейт. Кандайдыр бир берүүчү каналдын жардамы менен (ачык деривация, түтүк ж.б.) 9 дарыядан суу 1 камерага берилет. Камера кадимки цилиндр түрүндө жасалган, бийиктиги H, диаметри D жана төмөнкү бөлүгүндө 5 тешиги бар. Төмөнкү тешиктин диаметри d. Берүүчү каналдан суу 3 камеранын бетине тийишүү түрдө киргенден кийин ийри цилиндрлик кыйшык сызыктан улам андагы суу бурмаланып, башкача айтканда суунун агымынын котормо кыймылы айланма агымга айлана тургандай берилет. Мындай ыкманын натыйжасында берилүүчү суу агымынын белгилүү бир сызыктуу ылдамдыгында (V) жана камеранын тиешелүү геометриялык параметрлеринде (D, d, H) анда 2 суу воронкасы пайда болот. Ал эми, эгерде бул воронкага кандайдыр бир турбина 8 орнотулган болсо, анда айлануучу суу агымынын таасири астында ал айланып баштайт жана айлануучу моментти 6 генератордун 7 валына өткөрүп берет, ал электр энергиясын өндүрөт. Ошентип, суу агымынын котормо жана андан кийин айлануу кыймылы анын энергиясын электр энергиясына айлантат.

2 бөлүм «Изилдөөнүн методологиясы жана ыкмалары. Суу агымынын гидротурбина менен өз ара аракеттенүү өзгөчөлүктөрүн изилдөө» микроГЭЧтин иштешине геометриялык, кинематикалык, гидродинамикалык жана электрдик параметрлердин таасиринин өзгөчөлүктөрүн изилдөөгө арналган.

Эгерде турбинага суу агымын жеткирүү режими стационардык деп эсептесек, анда гидротурбинанын валындагы микроГЭЧтин кубаттуулугун аныктоого болот:

$$N_{тур} = \left(\frac{\rho F v^3}{2} + \rho F \times vgh \right) \eta_0 \qquad (1)$$

Ошентип, жалпы учурда гидротурбинанын валында иштелип чыккан кубаттуулуктун көлөмү, суу астындагы суу түтүгүнүн кесилишинин аянты F, агымынын абсолюттук ылдамдыгы v, гидравликалык басым h жана турбинанын пайдалуу аракет коэффициенти η_0 көз каранды экенин көрүүгө болот. (1)

формуласын суу менен камсыздоо түтүгүндөгү көлөмдүк чыгымдар аркылуу сунушталат:

$$G = F \times v \tag{2}$$

Анда алабыз:

$$N_{тур} = \eta_0 \rho G\left(0{,}5v^2 + gh\right) \tag{3}$$

Кашаанын ичиндеги туюнтма турбинанын жалпы энергиясындагы суунун кыймылдуу массасынын энергиясынын (ылдамдык агымынын кинетикалык энергиясы) басым энергиясына (потенциалдуу энергия деп аталат) канча бөлүгүн түзөрүн иш жүзүндө көрсөтөт.

Анда, төмөнкү белгилөөнү киргизели:

$$K = \frac{2h}{0{,}5v^2} \tag{4}$$

мында К – трансформация коэффициенти.

Ошондо (3) формуласы көрүнөт:

$$N_{тур} = \frac{\eta_0 G \rho v^2}{2}\left(1 + K\right) \tag{5}$$

Берилген трансформация коэффициенти суу агымынын абсолюттук ылдамдыгынын белгилүү бир маанилеринде гидротурбинанын потенциалдуу компонентине канча кубаттуулук үлүшү туура келерин көрсөткөн физикалык чоңдук.

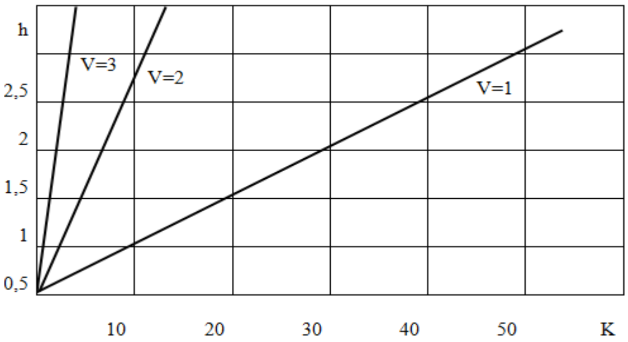
Аталган коэффициенттин суу агымынын ылдамдыгынын ар кандай чоңдуктарындагы гравитациялык түздүк микроГЭЧтин гидравликалык басымынын h чоңдугуна көз карандылыгын аныктайбыз. Гравитациялык микроГЭЧ үчүн мааниси h болгон жалпысынан 0-дөн 5 м-ге чейинки аралыкта, б.а. $0 \leq h \leq 5$.

Ылдамдык $0 \leq v \leq v_n$ чейинки диапазондо өзгөргөн учурда К-нин h-дан көз карандылык графигин түзөбүз, мында $v_1 < v_2 < \ldots < v_n$ (3-сүрөт).

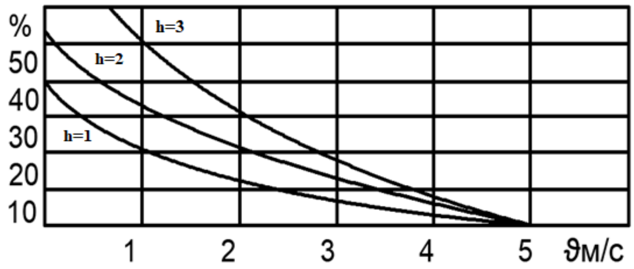
Алынган гистограммаларды жакшылап карасак, К коэффициенти басымдын чоңдугуна h сызыктын байланышы бар экенин көрө алабыз. Демек, трансформация коэффициенти К гравитациялык микроГЭЧтин турбиналык трактындагы мүмкүн болгон бардык трансформацияланган энергияга карата суу агымынын потенциалдык энергиясынын чоңдугун баалоо чарасы катары колдонулушу мүмкүн.

4-сүрөттү жакшылап карасак, каралып жаткан басымдын өзгөрүү диапазонунда 0-дөн 3 м-ге чейин ылдамдык 0-дөн 5 м/сек чейин өзгөргөндө,

потенциалдуу компоненттин пайызынын шарттуу үлүшү 0,4%-дан ашпаганын көрүүгө болот.



3-сүрөт – K трансформация коэффициентинин өзгөрүү диаграммасы h басымынын чоңдугуна жараша



4-сүрөт. v жана h ар кандай маанилерде потенциалдуу энергиянын % үлүшүнүн өзгөрүү диаграммалары

4-сүрөттү жакшылап карасак, каралып жаткан басымдын өзгөрүү диапазонунда 0-дөн 3 м-ге чейин ылдамдык 0-дөн 5 м/сек чейин өзгөргөндө, потенциалдуу компоненттин пайызынын шарттуу үлүшү 0,4%-дан ашпаганын көрүүгө болот.

Алынган жыйынтыктар иш жүзүндө мындай динамикалык параметрлерди аныктоодо гидротурбинанын валындагы момент, анын кубаттуулугу, агымдын ылдамдыгы 5 м/с жана басымы 3 м-ден аз болгондо, гравитациялык микроГЭЧтин суу агымынын потенциалдык энергиясынын маанилерине көңүл бурбай коюуга болот, ал эми катанын чоңдугу 0,4% ашпайт.

Акыркы жылдары изилдөөчүлөргө гидравликалык чордондордун турбиналарында суюктуктун агымын моделдөөгө мүмкүндүк берген ар кандай программалык азыктар кеңири жайылууда.

Гидроагымдын турбинанын калактары менен өз ара аракеттенүү процессин карап чыгуу үчүн торчо теориясын колдонобуз. Маселени суюктук кысылбай турган деген божомол менен эки өлчөмдүү координаттар тутумунда чечебиз. Бул учурда Навье – Стокс теңдемесин колдонуп маселени чечүү, төмөнкүдөй берилиши мүмкүн:

$$\frac{\overrightarrow{dv}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} grad\ p + \vartheta \nabla^2 \vec{v} \tag{6}$$

мында $\frac{\overrightarrow{dv}}{dt}$ – суюктук бөлүкчөсүнүн толук ылдамдашы, $\vec{F}$ – массалык күчтөрдүн ылдамдашы, $-\frac{1}{\rho} grad$ p – басым күчтөрүнөн ылдамдануу, $\vartheta \nabla^2 \vec{v}$ – илешкектүүлүк күчтөрүнөн ылдамдануу.

Жалпак маселе үчүн жогоруда айтылган теңдеме координат октору боюнча проекцияларда жазылат:

$$\left.\begin{aligned}\frac{dv_x}{dt} &= F_x - \frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial x} + v\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}\right)\\ \frac{dv_y}{dt} &= F_y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial y} + v\left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2}\right)\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Салыштырмалуу агым үчүн Бернулли теңдемесинин негизинде агымдын жалпы басымы Р аныкталышы мүмкүн:

$$P = \frac{\rho}{2}\left(v_2^2 + \vartheta_2^2 - \omega_2^2\right) - \frac{\rho}{2}\left(v_1^2 + \vartheta_1^2 - \omega_1^2\right) - \Delta P_n \qquad (8)$$

мында ω – салыштырмалуу ылдамдык, ϑ – айлануу ылдамдыгы, ΔP_n – кесилиштери ортосундагы аймакта гидравликалык жоготуулар аркылуу басымдын өзгөрүшү.

Каралып жаткан классикалык ылдамдык үч бурчтугунан турбинанын валына гидравликалык күч алабыз:

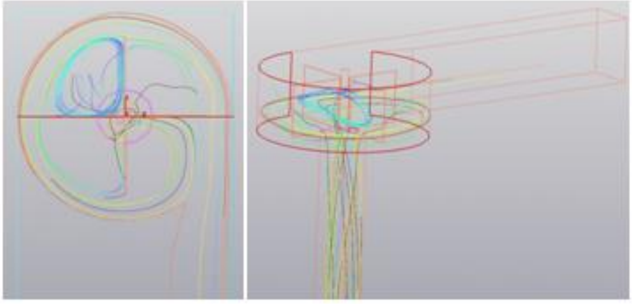
$$N_{тур} = \frac{\rho Q \omega\left(\overline{\Gamma_1} - \overline{\Gamma_2}\right)}{2\pi} \qquad (9)$$

жана айлануу учуру:

$$M = \frac{\rho Q}{2\pi}\left(\overline{\Gamma_1} - \overline{\Gamma_2}\right) \qquad (10)$$

мында Q – турбина аркылуу өтүүчү суюктуктун агымы, $\overline{\Gamma_1}$, $\overline{\Gamma_2}$ – кирүүсү жана чыгуусундагы ылдамдыгын айлантуу.

Гидрокамерадагы суу агымынын жүрүм-турумун, анын калактарынын алдындагы жана артындагы өзгөрүү мүнөзүн, ошондой эле орнотмодогу басымдын бөлүштүрүлүшүн баалоо үчүн адаптивдүү программалык комплексинин ылайыкташтырылган FlowVision версиясы болгон KompasFlow белгилүү программасын колдонолу.



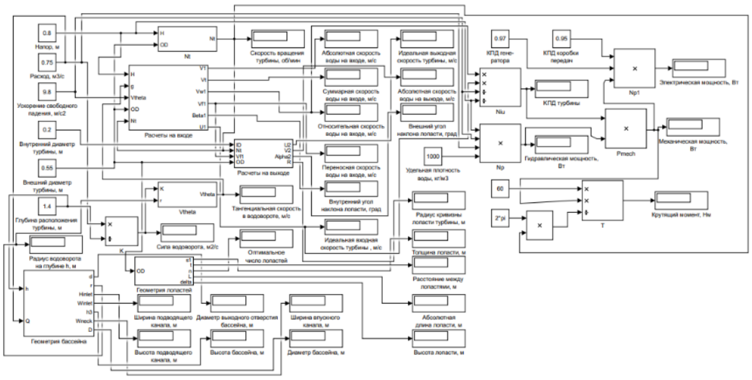
5-сүрөт – «Агым сызыгы» сүрөттөө катмары

Анда жайгашкан турбиналардын калактары бар камера аркылуу гидроагымдын өтүшүнүн визуалдык сүрөтү гравитациялык микроГЭЧ үчүн жогорку ылдамдыктагы агымды гидротурбинанын айлануу энергиясына айландыруу маселеси өзгөчө орунду ээлей турганын көрсөтүп турат, бул турбинанын түрүн жана анын геометриялык

параметрлерин эсептөө жана тандоо маселеси менен тыгыз байланышкан, ошондой эле анын гидроагым менен өз ара аракеттенүүсүнүн өзгөчөлүктөрүн карап чыгуу (5-сүрөт).

3 бөлүм «Жеке изилдөөнүн натыйжалары. Гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧтин математикалык моделин иштеп чыгуу жана тургузуу»-да гравитациялык микроГЭЧтин айлануучу турбинасынын параметрлерин тандоо методикасы иштелип чыккан жана анын математикалык модели тургузулган.

МикроГЭЧтин жалпыланган математикалык моделин куруу үчүн MATLAB чөйрөсүндө Simulink кеңейтүүчү пакетин пайдаланабыз. Моделди куруу үчүн негиз, бул мурда кинематикалык жана геометриялык параметрлердин көз карандылыгы болгон. Курулган моделдин жалпы көрүнүшү 6-сүрөттө келтирилген. Ошентип, гравитациялык микроГЭЧтин тургузулган жалпыланган моделинин MATLAB базасында, Навье – Стокс теңдемесинин жана торчолордун белгилүү теориясынын негизинде, прикладдык программалардын пакетин пайдалануу менен турбинанын айлануу ылдамдыгынын (ω) өзгөрүүсүнүн турбиналык камеранын басымынан (H) жана тышкы диаметринен (D) көз карандылыгы аныкталган (7-сүрөт).



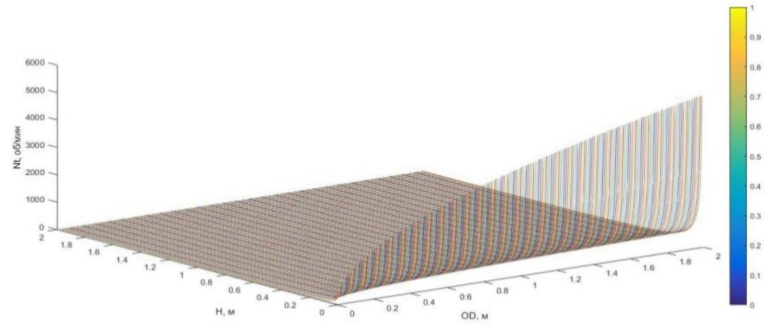
6-сүрөт – Simulink пакетин колдонуу менен Matlab чөйрөсүндө синтезделген моделдин жалпы көрүнүшү

Мындай ротордуу турбина менен суу агымынын өз ара аракеттенүүсү өзүнүн өзгөчөлүктөрүнө ээ. Аларды өз ара кылдат карап чыгуу, өзгөчөлүктөрүн изилдөө ишинин физикасын аныктоого жана гидротурбинанын оптималдуу геометриялык жана кинематикалык параметрлерин аныктоо маселесин чечүүгө мүмкүндүк берет.

8-сүрөттө берилген схеманы карап көрөлү.

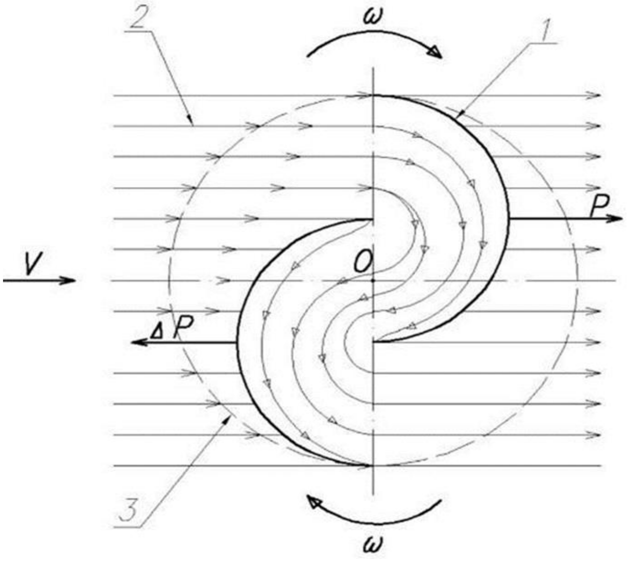
Көрүнүп тургандай, алардын 2 жарымцилиндрдик калактарынан турган ротордук турбина, алардын ортосунда белгилүү бир кеңдиктеги канал пайда болуп, суу камераны көздөй талпынат. Мындан тышкары, калактарга кирүүчү агым алгач бул өтүүчү каналга агып тургандай орнотулган. Ал аркылуу өткөндө, агым калактарга фронталдык басым гана көрсөтпөстөн, турбинанын калагынын ийри сызыгынан келип чыккан реактивдүү компоненттерди дагы пайда кылат. Натыйжада, калак P күчү менен суунун басымын сезет.

Бирок, мындай ротордук гидротурбиналардын бир олуттуу кемчилиги бар. Белгилүү бир абалда, турбинанын бардык (A, B, C, E) төрт чекити суу агымынын кыймылы боюнча бир сызыкта болгондо, генератордун валындагы айлануу моменти минималдуу жана чоң каршылык күчтөрүндө ротордун кыймылы токтоп калышы мүмкүн. Бул ротордун абалы «өлүк» катары көрүнөт. Ошондуктан, буга жол бербөө үчүн айрым чараларды алдын ала көрүү керек.

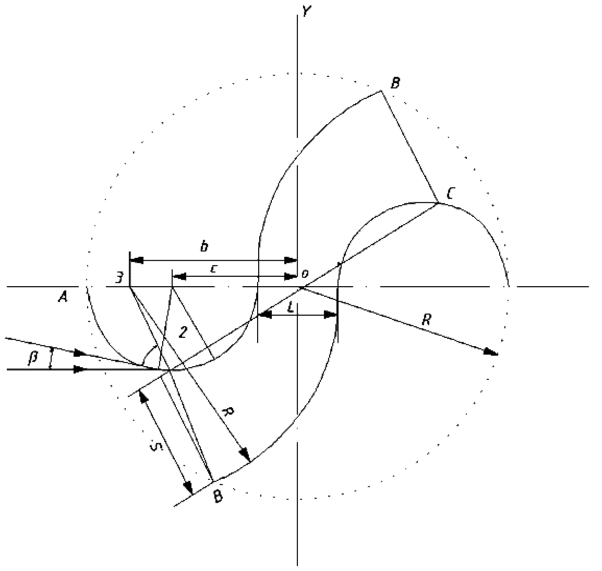


7-сүрөт – Турбинанын ылдамдыгын өзгөртүү басымына жана тышкы диаметрине көз каранды

Маселени чечүү үчүн, биз негизги белгилүү позициялардын бирин колдонобуз, анын кирүү бөлүгүндөгү турбинанын калактарынын ортосунда пайда болгон канал, акыркы бөлүгүнүн болжолдонгон айланасынын диаметринин жарымына барабар болушу керек, ал эми турбинанын борбордук бөлүгүндөгү өтүүчү канал бул чоңдуктун жарымынан кем болбоосу тийиш.



8-сүрөт – Суу агымынын ротордук турбинасынын калактары менен өз ара аракеттенүү схемасы;
1 – калактар, 2 – суу агымы, 3 – турбинанын айланасы.



9-сүрөт – Гравитациялык микроГЭЧтин каналы аркылуу айлануу тибиндеги гидротурбиналык калактардын формасы жана профили

Ошондой эле «өлүк чекиттин» пайда болуусун болтурбоо үчүн турбинанын калактарынын жайгашуусунда A, B, C, E чекиттеринин дал келбөөчү шартын аткарабыз. Аталган шарттардан улам, биз 9-сүрөттө көрсөтүлгөн турбина калактарынын профилдеринин эсептелген схемасын тургуздук.

Төмөнкү белгилерди киргизебиз: R – турбинанын айланасынын белгиленүүчү жарым бөлүгү, L – турбинанын борбордук бөлүгүндөгү өтүүчү каналдын туурасы. Жогорудагы позициялардын негизинде турбина калактарынын профилдерин курабыз. Куруу да биз ротордук турбинанын калактарынын бардык геометриялык параметрлери туюнтулган жана болжолдонгон обечайкасынын негизги параметри менен байланышкан R

шартын колдонобуз. Мурда биз белгилегендей, гидротурбинанын ишенимдүү жана натыйжалуу иштеши үчүн маанилүү жана негизги шарттардын бири турбина камерасына суу агымынын таасирсиз кириши болуп саналат, бул β бурчун камсыз кылуу менен мүмкүн болот, б.а. калактын бетине суу агымынын багытын камсыз кылуу.

Классикалык ротордук цилиндрлүү калактын радиусунун чоңдугун эске алганда:

$$r = 0,5R \tag{11}$$

анын айланасынын борборунун x огунда жана айланасынын x огу менен кесилишинин A чекитин эсептөө жолу менен аныктайбыз, турбинанын калагынын кабыргасынын ортосундагы конструктивдүү ажырымды δ эске алуу менен:

$$r = 0,5R - \delta \tag{12}$$

Эми, эгер ушул табылган жерден, биз чоңдугу боюнча айлананы өткөрсөк, анда турбинанын калагынын профилинин биринчи бөлүгүн алабыз. Турбинанын калагынын бир учу иш жүзүндө A чекитине туура келет, бир аз δ чоңдугуна жана экинчи чекитине, ал эми аталган чекит айлананын x огу менен кесилишкен жерине туура келет. Бул чекит турбина калагынын жолунун экинчи бөлүгүнүн башталышы. Турбинанын аталган бөлүгүн тургузуу үчүн биз суу агымынын калактарынын ортосундагы өтүүчү канал боюнча анын өзгөрбөстөн өтүү шартын колдонобуз. Буга чейин, аталган шарт, биз көрсөткөндөй, анын чоңдугу бирдей болушу керек болгон шартта, δ эске алуу менен аткарылат:

$$L = 0,5c + \delta \tag{13}$$

Башка жагынан алып караганда, турбина калактарынын жайгашуусу камерага суунун таасирсиз киришин камсыз кылышы керек, б.а. β бурчу менен.

Андан ары, эгерде биз турбинанын биринчи жарымынын бетине тийишкендигин өткөрсөк, анда K чекитине ээ болобуз. Чындыгында, бул турбинанын биринчи жарымынын калагынын сырткы бөлүгүнө тийген чекит.

Ошентип, эгер сиз жөнөкөй геометриялык конструкцияларды жасай турган болсоңуз, анда турбинанын экинчи, жалпак калагы менен обечайканын айланасынын кесилишинин B экинчи чекитин аныктоого болот. Ал үчүн K чекитти турбинанын борбордук чекити O менен туташтырабыз, андан кийин тургузулган сызыкка параллелдүү сызык сызабыз жана K жана B чекиттери аркылуу тартылган түз сызык параллелдүү сызыкка перпендикуляр болгон абалды издейбиз.

K жана B чекиттери аркылуу өткөн түз сызыктын x огу менен кесилишин таап, турбинанын калагынын экинчи жарымынын траекториясынын борборун

аныктайбыз. 9-сүрөттө, З чекит менен көрсөтүлгөн. Жогорудагы тургузуулар ал учурда ЗВ кесилишине барабар болоорун көрсөттү:

$$ЗB = ЗK + KB \tag{14}$$

Эгерде сиз 9-сүрөттөгүдөй тиешелүү белгини киргизсеңиз, төмөнкүнү теңдемени жаза аласыз:

$$R = C + r \tag{15}$$

$$C = R - r = R - (0{,}5R - \delta) \tag{16}$$

Эгерде биз практикадан чыга турган болсок, δ боштук маанисин, эреже катары, айланма түрүндөгү гидротурбина үчүн обечайка радиусунун ондон бир бөлүгү катары кабыл алууга болот, анда биз төмөнкүлөрдү алабыз:

$$C = R - 0{,}4R = 0{,}6R \tag{17}$$

Эми, эгерде табылган З-чү чекиттен R радиусунун айланасын x огу менен кесилишкен B чекитине чейин сызсак, анда турбинанын экинчи жарымынын профилин алабыз. Экинчи турбинанын профилинин экинчи жарымын окшош кылып курсак, анда 8-сүрөттө көрсөтүлгөн сүрөттү алабыз. Бул схема мисал катары келтирилген, анда R=6 см маанисинде жана башка бардык тиешелүү параметрлер бирдей экенин көрсөтөт:

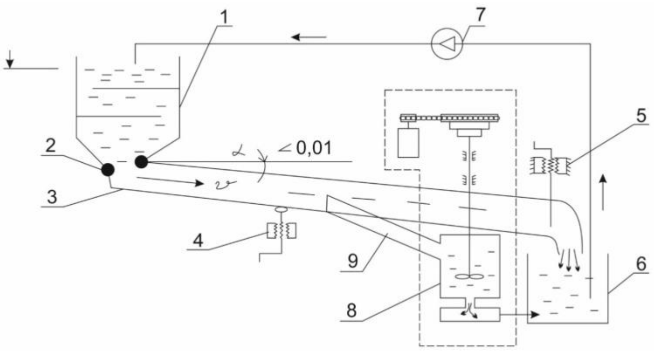
$$B = 0{,}8R;\; C = 0{,}6R;\; r = 0{,}4R;\; L = 0{,}6;\; c = 0{,}36R \tag{18}$$

Кабыл алынган божомолдор менен курулган турбинанын калактарынын профилдери турбинанын камерасына кирген агымдан максималдуу кубаттуулукту алууга мүмкүндүк берет, суунун агымы турбинанын калактары менен өз ара аракеттенүүсүн жана урулбоосуз байланышын камсыз кылат. Ошондой эле суунун агымын турбинадан өткөндө эки жолу буруп, ошону менен турбинанын тескери (арткы) тарабына бурулган агымдын экинчилик таасиринин эсебинен эффективдүүлүктү жогорулатуу болуп, бул өз кезегинде моментти жогорулатууга жардам берет. Акыр-аягы, турбинанын калактарынын салыштырмалуу абалы жана алардын формасы керектөөчүнүн жүгү пландан тышкары көбөйүп кетсе, турбина токтой турган «өлүк» чекитке жетүүдөн качууга толук мүмкүнчүлүк берет.

4 бөлүм «Гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧтин эксперименталдык изилдөөлөрү»-ндө микроГЭЧтин эксперименталдык изилдөөлөрүнүн жыйынтыгы чыгарылган, ал үчүн биз атайын долбоорлоп жана сыноо стендин түздүк, анын схемасы 10-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Стенд төмөнкүдөй тартипте иштейт. Бардык системаны суу менен толтургандан кийин, клапан тосмо 5 аркылуу ачылат жана ошол эле учурда

насос 7 күйгүзүлөт. Негизги сыйымдуулуктан 1 суу тартылуу күчү менен негизги лоток 3 аркылуу 6 дренаждык сыйымдуулукка агат. Насостун жардамы менен дренаждык сыйымдуулуктан суу кайрадан негизги сыйымдуулука кайтарылат. Ошентип, суу системада айланат. Суунун деңгээлин жөнгө салгычтын 4 жардамы менен негизги лотоктун бурчун тууралоо менен суунун ылдамдыгы өзгөрөт.



10-сүрөт – Сыноочу стенд

1 – негизги идиш, 2 – кыймылдуу ийкемдүү туташтыруу, 3 – негизги лоток, 4 – лоток деңгээлин жөнгө салгыч, 5 – шлюз, 6 – дренаждык идиш, 7 – циркуляциялык насос, 8 – сыналуучу микроГЭЧ (сызык менен тегеректелген), 9 – туташтыруучу лоток.

Суунун чыгымынын чоңдугу шлюз аркылуу жөнгө салынат. Стенддин талап кылынган иштөө режимине жараша насостун иштеши өзгөрөт, бул жогорку бассейндин керектүү деңгээлин орнотууга жана ошону менен тиешелүү гидравликалык басымды H түзүүгө мүмкүндүк берет. МикроГЭЧ өзү 8 туташтыргыч лоток 9 аркылуу негизги лоток менен бириктирилип, ал аркылуу турбинага суу берилет. Негизги лотоктон чыгарылган суу микроГЭЧтин алдыңкы камерасына келет жана тутум мурда айтылган режим боюнча иштейт.

Эсептөөлөрдөн жана долбоорлоодон кийин стендтин жумушчу прототиби даярдалган. Аванкамеранын элементтери, бириктирүүчү лоток жана сыналып жаткан турбинанын түрлөрүнүн бири болгон стенддин жумушчу прототиби 11-сүрөттө көрсөтүлгөн.

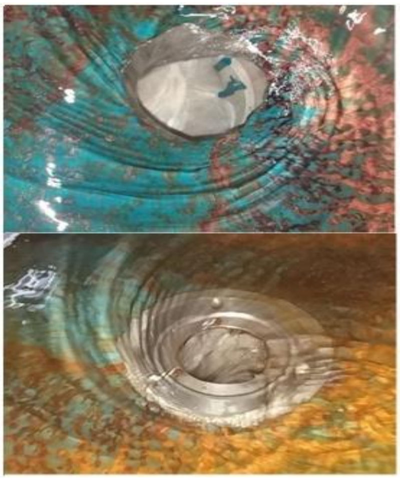
11-сүрөт – Сыноочу стендтин иштөөчү прототиби: 1 – негизги лоток, 2 – шлюз, 3 – туташтыруучу лоток, 4 – цилиндрдик бассейн, 5 – гидротурбина, 6 – генератор.

Гидростендтин мүмкүнчүлүктөрүн эске алуу менен 25 м^3/с кубаттуулуктагы насос жана алдыңкы камеранын геометриялык параметрлери эсептелип: диаметри – 540 мм, бийиктиги 220 мм, диаметри 85 жана 58 мм болгон түбүндөгү тешик тандалып алынган. Орнотулган генератордун кубаттуулугу 2750 айл/мин номиналдуу ылдамдыкта 200 Вт. Жүргүзүлгөн бир катар эксперименталдык изилдөөлөр воронканын пайда болушуна жана анын жүрүм-турумуна байланыштуу бир катар кызыктуу кубулуштарды аныктоого мүмкүндүк берди. Тактап айтканда, бардык учурларда алдыңкы камерага суу берилгенде воронка пайда болбой турганы аныкталган. Кээ бир учурларда, суунун алдыңкы камерага кирип чыгуу процесси туруктуу болсо да, ал таптакыр жок деп эсептесе болот.

Воронканын пайда болуу кубулушу негизинен алдыңкы камеранын геометриялык параметрлерине жана суу агымынын гидравликалык параметрлерине көз каранды экени аныкталган. Ошондой эле бул параметрлердин өз ара байланышына жана алардын өзгөрүшүнө жараша воронканын өзүнүн формасы жана анын геометриялык өлчөмдөрү өзгөрө тургандыгы аныкталган. Мисалы, агымдын ылдамдыгынын жогорулашы аба воронкасынын белгилүү бир формасынын пайда болушуна гана эмес, ошондой эле алдыңкы камерадагы суунун жогорку деңгээлинин жогорулашына алып келери аныкталды. Аталган көрүнүштөрдүн баары визуалдык түрдө жазылып жана тасмага түшүрүлгөн. Бул байкоолордун кээ бир үзүндүлөрү 12-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Сыноонун жүрүшүндө алынган маалыматтарды анализдөөнүн натыйжаларына таянып, биз алдыңкы камерада аба воронкасынын пайда болуу кубулушу орнотмонун гидравликалык жана геометриялык параметрлерине көз каранды экендигин ишенимдүү айта алабыз. Воронканын өзү туруктуу динамикалык формага ээ.

Бул кубулуштарды ачуу үчүн жана жогорудагы кинематикалык, геометриялык, гидродинамикалык параметрлерге жараша турбинанын жүрүм-турумунун мыйзам ченемдүүлүктөрүн белгилөө үчүн көп сандагы максаттуу эксперименттерди жүргүзүү зарыл. Эреже катары, бул бизди кызыктырган ар бир кубулуш үчүн атайын эксперименталдык изилдөө методикаларын иштеп чыгууну, эксперименттерди жүргүзүүнү жана алынган маалыматтарды иштеп чыгууну талап кылат. Бул учурда ал милдеттердин тизмеси биздин изилдөөбүздүн көлөмүнө кирген эмес.



12-сүрөт. Ар кандай диаметрдеги тешигинин үстү 85 мм, асты 58 мм болгон гидравликалык воронканын пайда болуу фрагменттери.

Эксперименталдык изилдөөлөр сырткы диаметри бирдей болгон үч түрдүү турбиналар менен жүргүзүлдү. Турбиналардын үч түрү изилденген: 1-чи – жалпак калакттуу турбинанын модели, 2-чи – жарым цилиндрдик калактары бар турбинанын модели, 3-чү – жарым-жартылай цилиндр түрүндөгү калактары боштук менен болгон турбинанын модели (13-сүрөт).

Турбинанын ылдамдыгына, валынын кубаттуулугуна, убактына, эффективдүүлүгүнө жана механикалык жүктүн таасирин изилдөө менен бир катар эксперименталдык изилдөөлөр байланышкан. Турбинанын валына механикалык жүгү, ар бир 200 граммда, 200–700 грамм чегинде өзгөрүп турган бир катар эксперименттер жүргүзүлдү. Жүктүн өзгөрүүсүндө, тийишбөөчү тахометрлерди жана өлчөө аспаптарын колдонуу менен, айлануулардын жалпы саны, каналдагы агымдын, басымдын ылдамдыгын жана башка эксперименталдык маанилер реалдуу убакыт режиминде жазылган. Бир катар сыноолордун негизинде үч турбинанын эффективдүүлүгү эсептелди жана алынган

диаграммалардан көрүнүп тургандай, белгилүү жүктөмдө үч турбинанын бири-биринен эффективдүүлүгүнүн максималдуу чекттөөсү 12%-ды түздү. 2-моделдеги турбина 400–500 грамм жүктөмдө эң жогорку эффективдүүлүккө ээ, бирок механикалык жүк жогорулаган сайын эффективдүүлүк төмөндөй баштайт, ал эми 700 грамм механикалык жүктө бул турбинанын эффективдүүлүгү бардык башка турбиналардын ичинен эң начары болуп калат (14-сүрөт).

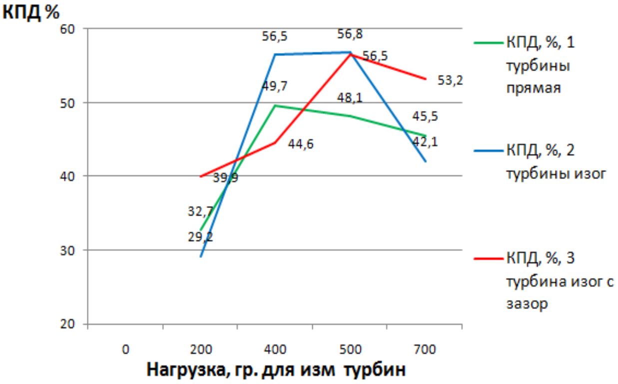
а) б) в)

13-сүрөт – Турбинанын моделдери

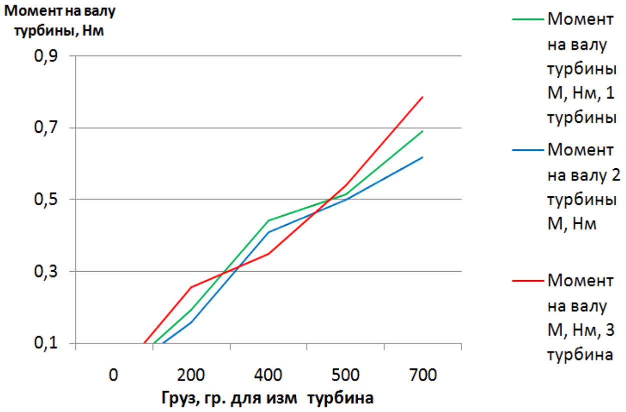
а) жалпак калактары бар турбина, б) жарымцилиндр формасындагы турбина, в) боштугу бар жарымцилиндр формасындагы турбина.

Бирок, механикалык жүктүн көбөйүшү менен жүк турбинанын валына каршылык моментинин көбөйүшүнө алып келет, ал өз кезегинде турбинанын өзүнө жүктөлгөн жүктүн көбөйүшүнө алып келет (15-сүрөт).

Ал турбинанын эффективдүүлүгүнүн өзгөрүшүнө таасир этет.



14-сүрөт – Турбинанын эффективдүүлүгүнүн механикалык жүктөн көз карандылыгы



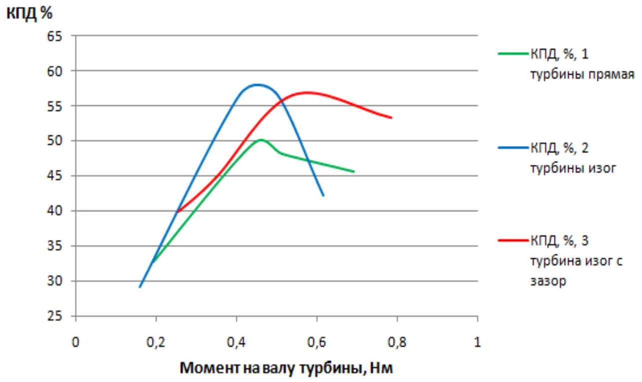
15-сүрөт – Турбинанын валына моменттин механикалык жүгүнө көз карандылыгы

Эң чоң эффективдүүлүккө жетишилген оптималдуу момент, турбинанын валында (калакта) моменттин жоктугу (механикалык жүк күчү) менен тормуздукка же ал тургай кыска мөөнөттүү токтоп калууга алып келген максималдуу моменттин ортосунда болот (16-сүрөт).

17-сүрөттөн көрүнүп тургандай, турбинанын моменти жогорулаганда анын бурчтук ылдамдыгы азаят. Ал, бурчтук ылдамдыктын төмөндөшү

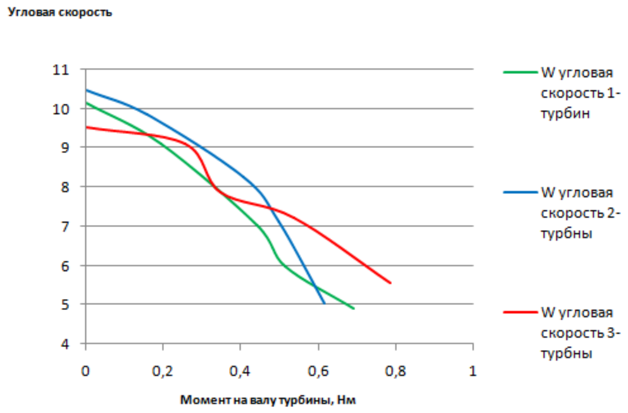
турбиналык камерадагы агымдын катмарынын азайышы менен байланыштуу. Гидравликалык агымдын турбинанын калпактары менен өз ара аракетинин азайышы турбинанын өзүнүн бурчтук ылдамдыгынын азайышына алып келет (18-сүрөт).

Ошентип, эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжаларында борбордук өтүүчү каналы бар жарымцилиндр формасындагы 3-чү моделдеги турбинанын эң эффективдүү экендигин көрсөттү жана теориялык талдоонун жана компьютердик моделдөөнүн натыйжаларын ырастады.

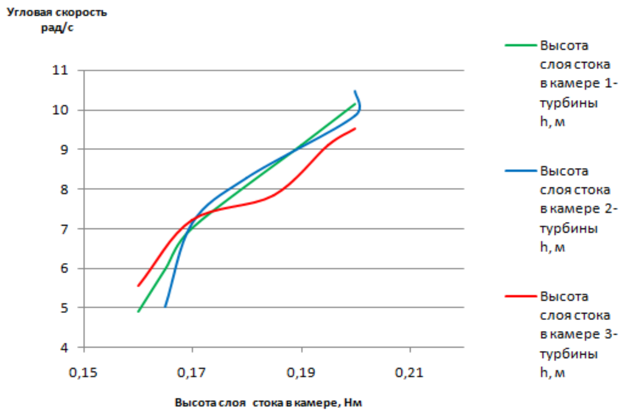


16-сүрөт – Турбинанын валындагы моменттин ПКАнын эффективдүүлүгүнө көз карандылыгы

Боштук каналы бар калактын жарымцилиндр формасы, калактын профилине жараша салыштырмалуу ылдамдыктын жогорулашын шарттайт. Дал, ошол 3-чү турбинанын моделиндеги салыштырмалуу ылдамдыгы жогору болгондуктан, турбинанын кинематикалык параметрлеринин айырмасы көбөйөт, ал турбинанын кубаттуулугун жогорулатат.



17-сүрөт – Турбинанын валынын айлануу моментинин бурчтук ылдамдыкка тийгизген таасири



18-сүрөт – Турбинанын бурчтук ылдамдыгынын камерадагы агын катмарынын бийиктигине көз карандылыгы

КОРУТУНДУ

1. ЭКБ-ны, анын ичинде чакан суу агымдарынын экологиялык таза энергиясын пайдалануу тажрыйбасына жүргүзүлгөн талдоо жана жалпылоо, азыркы учурда бул багыт заманбап энергетика тармагындагы эң келечектүү жана актуалдуу багыттардын бири болуп саналарын көрсөттү.

2. Турбинанын камерасында аба воронкасынын пайда болушун эске алуу менен гравитациялык микроГЭЧтин синтези жүргүзүлүп, иштөө тартиби

баяндалган. Гидрокамеранын жана турбинанын рационалдуу геометриялык параметрлерин аныктоого байланышкан негизги илимий милдеттер чечмеленген.

3. Тартылуу күчү менен иштеген микроГЭЧтин эффективдүүлүгүн баалоо үчүн биринчи жолу «К трансформация коэффициентин» эсепке алуу менен гидротурбинанын кубаттуулугун аныктоо методикасы иштелип чыкты. Каралып жаткан орнотмолордун классы үчүн суунун агымынын ылдамдыгы жогорулаган сайын потенциалдуу компоненттин үлүшү жана мааниси азаят жана 5 м/с ылдамдыкта алардын мааниси 0,4%-дан ашпайт.

4. KompasFlow программалык продуктусун колдонуу менен гидравликалык турбинада суюктуктун агымын моделдөөдө, анда аба воронкасы пайда болгон гравитациялык микроГЭЧтин турбинасынын калактарына чейинки жана андан кийинки басымда олуттуу айырма бар экенин көрсөттү.

5. Гидротурбинанын эсептөө модели, анын чыгуудагы кубаттуулугун эсептөө үчүн курулган. Гидротурбинанын стационардуу иштеши учурунда анын ылдамдыгы суунун агымынын ылдамдыгына (v_0) пропорционалдуу жана турбинанын камерасынын радиусуна (R) тескери пропорционал экени аныкталган.

6. Аба воронкасын түзүүчү бетинин профилин эске алуу менен гравитациялык микроГЭЧтин кубаттуулугун эсептөөнүн методикасы биринчи жолу иштелип чыкты. Гидротурбинанын кубаттуулугунун өзгөрүү параметрлеринин сапаттык көз карандылыгы алынды.

7. Биринчи жолу «Z толтуруу коэффициенти» боюнча гидротурбинанын чыгуу кубаттуулугун эсептөөнүн методикасы иштелип чыгып, аналитикалык көз карандылык алынган. Методика турбиналык камеранын геометриялык параметрлерине (R, L) жана турбинанын калактарынын аянтына (F) жараша турбинанын чыгуу кубаттуулугун баалоого мүмкүндүк берет.

8. Гравитациялык микроГЭЧтин ротордук турбинасынын геометриялык параметрлерин синтездөө үчүн график-аналитикалык ыкма иштелип чыкты, бул жогорку эффективдүүлүктү алууга жана «өлүк» чекиттен качууга мүмкүндүк берет.

9. Түзүлгөн эсептөө схемасынын, геометриялык, кинематикалык жана гидродинамикалык параметрлерди эсептөө ыкмаларынын негизинде MATLAB программалык продуктусун колдонуу менен гравитациялык микроГЭЧтин жалпыланган математикалык модели тургузулган.

10. Иштелип чыккан жалпыланган математикалык моделдин негизинде турбинанын айлануу ылдамдыгынын (ω) өзгөрүшүнүн басымга (H) жана камеранын тышкы диаметрине (D) көз карандылыгы аныкталган. Аба воронкасынын геометриялык параметрлерине жараша турбинанын чыгуу кубаттуулугунун өзгөрүшүнүн сандык схемалары табылган.

11. Эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн стенд иштелип чыкты жана түзүлдү. Эксперименталдык изилдөөлөрдүн алгоритмы жана методикасы иштелип чыккан.

12. Эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжалары, иштелип чыккан эсептөө ыкмаларынын шайкештигин жана гравитациялык микроГЭЧтин түргүзулган жалпыланган математикалык моделинин ишенимдүүлүгүн тастыктады.

ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. **Сарсембаев, Д. Ж.** Электроэнергетика в концепции «Зеленой экономики» / Д. Ж. Сарсембаев, А. А. Саргулжина, К. Н. Оразбаев // Улытау в историческом контексте концепции «Мәңгілік ел» : сб. материалов Междунар. XVI Байконуровских чтений. – Жезказган, 2016. – С. 197–201. – ISBN 978-601-7245-28-3. drive.google.com/file/d/17Rmn6CFZac0JxOcmCRGgagBJqVCQ7PuI/view
2. **Обозов, А. Дж.** Состояние и перспективы применения микроГЭС для электроснабжения автономных потребителей / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Перспективы развития науки и образования в условиях новой реальности : сб. материалов Междунар. XXI Байконуровских чтений. – Жезказган, 2021. – С. 203–206. – ISBN 978-601-7971-70-0. drive.google.com/file/d/1_1GPSZnDkbYL5eJV5tDhIArz7Wrv8zXD/view
3. **Обозов, А. Дж.** Принципы классификации и особенности малых ГЭС / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2022. – Вып. 1 (81). – Ч. 8. – С. 167–169. – ISSN 2524-0986. iscience.in.ua/arkhyv/2022
4. **Обозов, А. Дж.** Общие вопросы развития гидроэнергетики в Республике Казахстан / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2022. – Вып. 1 (81). – Ч. 8. – С. 170–173. – ISSN 2524-0986. iscience.in.ua/arkhyv/2022
5. **Обозов, А. Дж.** К одной из задач создания гравитационных водоворотных гидроэлектростанций / А. Дж. Обозов, Т. Т. Медеров, К. Н. Оразбаев // Вестн. КГУСТА им. Н. Исанова. – 2022. – Т. 1. – № 2 (76). – С. 326–334. – E-ISSN 1694-8181. elibrary.ru/item.asp?id=48491406
6. **Обозов, А. Дж.** Применение среды KompasFlow для демонстрации течения жидкости гравитационной водоворотной ГЭС / А. Дж. Обозов, Т. Т. Медеров, Р. А. Акпаралиев, К. Н. Оразбаев // Проблемы автоматики и упр. – 2022. – № 2 (44). – С. 32–40. – E-ISSN 1694-836X. elibrary.ru/item.asp?id=49227575
7. **Обозов, А. Дж.** Особенности преобразования энергии гидропотока гравитационной микроГЭС / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Проблемы автоматики и упр. – 2022. – № 2 (44). – С. 85–91. – E-ISSN 1694-836X. elibrary.ru/item.asp?id=49227582
8. **Обозов, А. Дж.** Методика расчета мощности гравитационной микроГЭС с воздушной воронкой / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев, Т. Т. Медеров, З. Ш. Айдарбеков // Изв. Нац. акад. наук Кыргызской Республики. – 2022. – № 5. – С. 322–328. – ISSN 0002-3221. elibrary.ru/item.asp?id=49389401

9. **Обозов, А. Дж.** Методика синтеза геометрических параметров лопастей турбины гравитационной микроГЭС [Текст] / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Изв. КГТУ им. И. Раззакова. – 2022. – № 3 (63). – С. 90–96. – ISSN 1694-8343. elibrary.ru/item.asp?id=49853776

10. **Оразбаев, К. Н.** Модернизация рабочего колеса бироторного микроГЭС (БМГЭС) / К. Н. Оразбаев, М. Т. Медетбеков, М. Б. Джоошбеков // Проблемы автоматики и упр. – 2022. – № 3 (45). – С. 59–64. – E-ISSN 1694-836X. elibrary.ru/item.asp?id=50020283

11. **Orazbayev, K.** Generic mathematical model of a non-pressurized gravitational microhydroelectric power plant / K. Orazbayev // International Journal of Professional Science. – 2023. – N 4. – P. 97–100. – ISSN 2542-1085. elibrary.ru/item.asp?id=53960857

12. **Obozov, A.** Research and development of a gravitational water vortex micro-HPP in the conditions of Kyrgyzstan / A. Obozov, R. Akparaliev, T. Mederov, B. Ashimbekova, A. Tolomushev, K. Orazbaev // Energy Reports. – 2023. – Vol. 10. – P. 544–557. – E-ISSN 2352-4847. webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001040313000001

13. **Пат. 2345 Кыргызская Республика, МПК F 01 B 3/00, F 03 B 3/04.** Бироторная гидроэнергетическая установка (БГЭУ) [Текст] / Обозов А. Д., Акпаралиев Р. А., Медеров Т. Т., Оразбаев К. Н. ; заявитель и патентообладатель Обозов Алайбек Джумабекович, Акпаралиев Руслан Абдысаматович, Медеров Таалайбек Тынычтыкович, Оразбаев Казбек Найманказиевич. – № 20220024.1 ; заявл. 01.04.22 ; опубл. 31.05.24, Бюл. № 6. – 5 с. : ил. base.patent.kg/iz.php?action=search_list&f000=3751

Оразбаев Казбек Найманказиевичтин
05.14.08 – кайра жаралуучу энергия булактарынын негизиндеги энергетикалык түзүлүштөр адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн «Гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧти эсептөөнүн практикалык ыкмаларын изилдөө жана иштеп чыгуу» темасына жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Түйүндүү сөздөр: энергиянын калыптанма булактары, автономдуу керектөөчү, гравитациялык микроГЭЧ, классификация таблицасы, ротордук турбина, трансформация коэффициенти, математикалык модель, аба воронкасы, толтуруу коэффициенти, эксперименталдык стенд.

Изилдөө объектиси: гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧ.

Иштин максаты: аталган иш, аз энергия колдонуучу автономдуу керектөөчүлөрдү электр энергиясы менен жабдуу үчүн гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧти эсептөөнүн жана долбоорлоонун илимий негизделген ыкмаларын иштеп чыгууга арналган.

Алынган натыйжалар: Гравитациялык микроГЭЧтин кубаттуулугун эсептөө үчүн, суунун кыймылдуу массасынын энергиянын, анын басым түзүүчүсүндөгү үлүшүн эсепке алуу үчүн жаңы аналитикалык көз карандылык алынган, ал К трансформация коэффициенти деп аталган. Ротордук гидротурбиналардын геометриялык параметрлерин синтездөөнүн методикасы иштелип чыккан, ал турбинанын өлүк чекитинин абалын эске албаганда, суунун агымынан максималдуу кубаттуулукту алууну камсыз кылат. KompasFlow программалык продуктусун колдонуу менен турбиналык камерадагы агымды моделдөөнүн негизинде гидравликалык турбинанын ичиндеги басымдын калактарга чейин жана андан кийинки бөлүштүрүлүшүнүн сапаттык сүрөтү түзүлдү. MATLAB чөйрөсүндөгү Simulink кеңейтүү пакетинин негизинде жалпыланган математикалык моделди куруу менен алгоритм түзүлдү, ал турбинанын камерасынын кириш параметрлеринин (кирүү жана чыгуу кесилиштеринин аянты, бийиктиги, басым ж.б.) негизинде чыгыш параметрлерин (кубаттуулук, момент, ПАК ж.б.) аныктоого мүмкүндүк берет. Аба воронкасынын формасынын жана геометриясынын турбинанын камерасын толтуруу коэффициентине тийгизген таасири изилденген жана турбинанын чыгыш кубаттуулугунун анын маанисине көз карандылыгы аныкталган. Эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн гидравликалык сыноо стенди иштелип чыккан жана түзүлгөн. Иштелип чыккан ыкмалар, моделдер, түзүлгөн алгоритмдер жана изилдөөлөрдүн натыйжалары «Мухамеджан Тынышпаев атындагы АЛТ Университети» АК «Энергетика» кафедрасынын окуу процессинде студенттерди «Электр энергетика» билим берүү программасынын негизинде даярдоодо колдонууга киргизилген.

Колдонуу облусу: гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧ борбордон алыс аз энергия пайдалануучу автономдуу керектөөчүлөрдү электр энергия менен камсыздоо үчүн колдонууга арналган.

РЕЗЮМЕ

диссертации Оразбаева Казбека Найманказиевича на тему: «Исследование и разработка практических методов расчета гравитационно-водоворотной микроГЭС» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.08 – энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, автономный потребитель, гравитационная микроГЭС, классификационная таблица, роторная турбина, коэффициент трансформации, математическая модель, воздушная воронка, коэффициент заполняемости, экспериментальный стенд.

Объект исследования: гравитационно-водоворотная микроГЭС.

Цель работы: данная работа посвящена разработке научно обоснованных методов расчёта и проектирования гравитационно-водоворотной микроГЭС для электроснабжения малоэнергоёмких автономных потребителей.

Полученные результаты: Получена новая аналитическая зависимость расчёта мощности гравитационной микроГЭС с учётом доли энергии движущейся массы воды от её напорной составляющей, названной коэффициентом трансформации К. Разработана методика синтеза геометрических параметров лопастей роторной гидротурбины, обеспечивающей максимальный отбор мощности от водяного потока с исключением положения мёртвой точки турбины. Установлена качественная картина распределения давления внутри гидротурбины до и после лопастей на основе моделирования течения в турбинной камере с использованием программного продукта KompasFlow. Создан алгоритм с построением обобщённой математической модели на основе пакета расширения Simulink в среде MATLAB, позволяющей на основе входных параметров турбинной камеры (площади входных и выходных сечений, высота, напор и т.д.) определить выходные параметры (мощность, момент, КПД и т.д.). Изучено влияние формы и геометрии воздушной воронки на коэффициент заполняемости турбинной камеры и установления зависимости выходной мощности турбины от её величины. Спроектирован и создан испытательный гидравлический стенд для проведения экспериментальных исследований. Разработанные методы, модели, созданные алгоритмы и результаты исследований внедрены в учебный процесс кафедры «Энергетика» АО «ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева» при подготовке студентов по образовательной программе «Электроэнергетика».

Область применения: гравитационно-водоворотная микроГЭС предназначена для электроснабжения децентрализованных малоэнергоёмких автономных потребителей.

SUMMARY

of the dissertation Orazbayev Kazbek Naimankazievich on the theme «Research and development of practical calculation methods for gravitational-water vortex microHPP» for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.14.08 – power stations based on renewable energy

Keywords: renewable energy sources, autonomous consumer, gravitational microHPP, classification table, rotary turbine, transformation coefficient, mathematical model, funnel of air, occupancy coefficient, experimental stand.

Object of research: gravitational-water vortex microHPP.

The aim of dissertation work: this work is devoted to the development of scientifically based methods for calculating and designing gravitational-water vortex microHPP for power supply to low-energy autonomous consumers.

Obtained results: A new analytical dependence of the calculation of the power of a gravitational microHPP has been obtained, taking into account the fraction of the energy of a moving mass of water from its head component, called the transformation coefficient K. A method has been developed for synthesizing geometric parameters of rotary turbine blades, which ensures maximum power extraction from the water flow with the exception of the turbine dead center position. A qualitative picture of the pressure distribution inside the turbine before and after the blades has been established based on flow modeling in the turbine chamber using the KompasFlow software product. An algorithm has been developed with the construction of a generalized mathematical model based on the Simulink expansion pack in MATLAB, which makes it possible to determine the output parameters (power, torque, efficiency coefficient, etc.) based on the input parameters of the turbine chamber (inlet and outlet cross-sections, height, head, etc.). The influence of the shape and geometry of the funnel of air on the occupancy coefficient of the turbine chamber and the determination of the dependence of the turbine output power on its value has been studied. A hydraulic stand has been designed and created for conducting experimental research. The developed methods, models, algorithms and research results were introduced into the educational process of the Department of Energy of JSC Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University when preparing students for the Electric Power Engineering educational program.

Range of application: The gravitational-water vortex microHPP is designed to supply electricity to decentralized low-energy autonomous consumers.

Оразбаев Казбек Найманказиевич

Гравитациялык-айланмалуу микроГЭЧти эсептөөнүн практикалык ыкмаларын изилдөө жана иштеп чыгуу

05.14.08 – кайра жаралуучу энергия булактарынын негизиндеги энергетикалык түзүлүштөр

Техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
Авторефераты

Басып чыгарууга кол коюлду 22.04.2025-ж.
Формат 60x84 1/16. Көлөм 1,25 окуу-басм.б
Офсеттүү басма. Офсеттүү кагаз
Нускасы 50 даана. Буйрутма 130

720020, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34, б
И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети