



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**

5
2025

Таҳририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Таҳрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАХОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.К. – иқтисод фанлари доктори (DSc), профессор (ТКТИ)

ПАРДАЕВА М.Д. – БухДТУ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори, фалсафа фанлари доктори (DSc)

ХОЖИЕВ А.Х. – ўқув ишлари бўйича проректор, техника ф.ф.д. (PhD)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), профессор, ЎзРФА УНКИ

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАХМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

ГАФУРОВ К.Х. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙДАРОВ А.А. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЖЎРАЕВ Ф.Ў. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МУРАДОВА Ф.Р. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

БОБОЕВ А.Ч. – иқтисодиёт фанлари номзоди, профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ҲАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

РАҲМАТОВ Ш.А. – педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

ОЧИЛОВ А.Р. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЎРИНОВ У.А. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ПЎЛАТОВА С.У. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

САМИЕВА Ш.Х. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ТЕШАЕВ М.Х. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙТОВ В.У. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ХОЖИЕВ Ш.М. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ХАЙИТОВ Ш.Н. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ЗОИРОВ Э.Х. – фалсафа фанлари доктори (DSc), доцент

НАРЗИЕВ М.С. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

НАМАЗОВА Н.Дж. – иқтисодиёт фанлари б.ф.д. (PhD), доцент

Бош муҳаррир: ДЎСТОВ Х.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар: Артикова М.М., Истамова Г.Х.

Мусахҳиҳ: Баракаева Д.Ф.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатида киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Таҳририят манзили:

200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<https://journal.bmti.uz/>

сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар таҳририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас. Таҳририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Juraev D.D. Methodology for calculating the angular vibrations of blades on a separator machine rotor and developing its mathematical model.	4
Maxmudov B.M., Abdulxayev A.A. Comparative analysis of solar collectors for drying systems	8
Бибутов Н.С., Хамраев Х.Х., Самадова Н., Бакаева Ш. Основные требования к расчету деталей машин	16
Жураев Д.Д. Эффективность конструкции конусного двухбарабанного сепараторной машины	22
Tog‘aymurodov S.Z. Transformatorlarning ishlash jarayonida temperatura xarakteristika-larining tahlili	26
Muminov R.O., Tuxtaev B.I., Turabov X.Sh., Kushimov F. Skvajinalarga o‘rnatilgan ankerlarning kinematik parametrlarini hisoblashning ilmiy asoslari.	30
Jo‘rayev F.O‘., Saidova G.K. pushta olgichli universal qurilma parametrlarining uning ish ko‘rsatkichlariga ta’siri.	35
Хабибов Ф.Ю., Рамазонов А.Ч., Ахмедов Ю., Юсупов Ф.Ф. Конструирование поверхностей методом геометрических преобразований	40
Бозаров О.О., Мирзаев С.З. Контрроторный гидроагрегат с реактивным и активным рабочими колесами	44
Kayumov U.E., Djurayev R.U., Pardayeva Sh.S. Yuqori changalangan muhitda ishlovchi kar-yer avtosamosvallarining ichki yonuv dvigatellariga chang zarrachalarining ta’sirini tadqiq etish	54
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Хакимов А.А., Исомидинов А.С. Преслаш динамикасининг мустахкамликка таъсирини тадқиқ этиш	61
Адолатова Ш.Ж, Фозилов С.Ф, Фозилов Ҳ.С. Таркибида азот сақлаган метакрилат по-лимерларни синтез қилиш ва уларни антикоррозион присаткалар сифатида қўлланилиши .	66
Mixliyev O. A., Nabiyeu A.A., Yorboboyev R.Ch., Ro‘ziyev I.X. Mahalliy talk-magnezit minerali fraksiyalarining fizik-mexanik, kimyoviy va dispers tarkibini o‘rganish	72
Obitov N.M. Ikkilamchi alyuminiy-magniy qotishmalarining istiqbollari	77
Djalilov.A.T., Karimov M.U., Ismailov F.S, Ismailova X. Dj. Polikarboksilat asosidagi qo‘shimchalarning beton qorishmalariga fizik-mexanik ta’siri.	84
Tojiyev O.O. Yuqori karbonatli terrigen qatlamlarda kislotali ishlov berish uchun yaratilgan kislota kompozitsiyasini tarkibini sinash usullari	89
Khujakulov A.F., Abdullaeva Sh.Sh. Comparative analysis of the quality of raw materials and products in the production of road bitumens	94
Toshboyev S.O‘., Axmedov V.N., Panoyev E.R. Gazlarni aminli tozalash jarayonida hosil bo‘ladigan ko‘pikka turli xildagi ko‘pik so‘ndirgichlarning ta’sir etish xossalari	100
Abdulloyev H.R., Panoyev N.Sh., Safarov J.A. Og‘ir geksan fraksiyalarining gaz xromato-mass-spektral tahlili	106
Ахмедова О.Б., Мустафоев Б.Ж., Қаямов А.Ш. Каталитик риформинг жараёни регенератор қурилмасида энергия тежамкорликка эришиш	111
Hojiyev A.A., Nurqulov F.N., Djalilov A.T. Vermikulit va bazalt asosidagi issiqlik izolyatsion polimer kompozitsion materiallarni tadqiq etish	117
Norboyev Q.M., Eshmuradova G.B., Tirkasheva M.N., Xursandov J.M., Toshpulatov D.T., Tashpulatov X.Sh. Xona haroratida ligandlar yordamida qayta cho‘ktirish usuli orqali gibrid MA _{1-x} FA _x PbI ₃ perovskit kvant nuqtalar sintezi hamda spektral tadqiqi	122

Matkarimova U.U., Qutlimurotova N.X., Raxmatullayev F.N., O'rolova Z.D., Gulyamov X., Xasanova N.X. p-Br fenilsirka kislotaaning elektrokimyoviy sintezi	127
Egamnazarova F.D., Panjiyev U.R. Sintez gazidan yengil olefin qatori uglevodorod ishlab chiqarishning asosiy parametrlariga faollashtirish bosqichidagi co bosimini ta'sirini o'rganish	131
Egamnazarova F.D., Panjiyev U.R. CO va H ₂ aralashmasidan tanlangan katalizatorida yengil molekulyar sintetik olefin uglevodorodlarni olish jarayoni texnologiyasi.	136
Ibragimova M.I., Amonov M.R. Paxta tolasi asosidagi matolarni trietanolamin bilan aminlash va bo'yalgan matoning koloristik xossalari	141
Kadrixanov J., Urinov A.A. Development of composite materials for corrosion protection of main gas and oil pipelines with increased chemical adhesion	144
Рахимов Ф.Ф., Беков У.С., Сафарова Р.У. Гидрофобная композиция для строительных материалов на основе гипса и ее состав	150
Narzullayev B.A., Shirinov Sh.D., Djalilov A.T. Akril kislota asosida bioparchalanvchan gidrogellar olish: suv yutish va saqlab turish shuningdek qishloq xo'jaligi hamda ekologik barqarorlikka ta'siri.....	153
МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Maxmudov M.I., Timirov X.N. Oqava suvlarni tozalashda aeratsiya jarayoni uchun faol loyqaning tarkibi, xususiyati va vazifasi	161
A'zamov S.S. Reducing power loss using modern methods of squirrel-cage induction motors . .	165
Safarov A.B., Jo'raqulov A.X., Qo'ziyev Z.E., Qahhorov M.M. Kombinatsiyalashgan quyosh-shamol energetik qurilmalarining samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili	169
Xabibov F.Y., Murodov K.J. Transport vositasi harakati mexanik energiyasini elektr energiyaga aylantirish qurilmasining simulyatsiya modeli	175
Qo'ldosheva F.S., Sharipov N.Z. Uzun danagidan moy olish jarayonida yuqori chastotali tok maydonining ta'sir nazariyasi	182
Sharipov N.Z., Gafurov K.X. Gilos danagidan moy olish jarayonini o'ta yuqori chastotali tok maydonida jadallashtirish	187
Rakhmonov I.U., Toirov M.T., Nematov L.A. The influence of harmonics on the lifespan of lighting devices	193
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Shukrullaev J.O., Jo'raev X.F. Mineral o'g'itlarni oqim harakatini tadqiq qilish jarayonining statistik modeli	200
Botirova N.K. Ta'limiy platformalar va ulardan foydalanish imkoniyatlari	206
Samandarov I.R., Karimov S.Y. C++ va OpenCV yordamida Cu–Zn qotishmasi donalarining geometrik tahlilini avtomatlashtirish	209
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Ergasheva X.B., Elmurodova A.S. Oziq-ovqat allergiyasi va rivojlanish sabablari	215
To'ymurodova Sh.Sh., Majidov K.X., Pardayev Sh. Baliqchilik uchun ozuqa yemlarining xususiy tarkibi va texnologiyasi	220
Raxmonov Q.S., Ashurova Z.T. Dorivor o'simlik xom ashyosidan olingan kukunlar yordamidaunli mahsulotlarining sifatini oshirish va va ozuqaviy qiymatini yaxshilash	224
Кулиев Н.Ш., Мажидов Қ.Х. Меваларда пектин микдорини аниқлаш ва уларнинг физик-кيميёвий хусусиятларини ўрганиш	232
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Paxta moyini rafinatsiyalash jarayonlarida zamonaviy innovatsion texnologiyalarni qo'llash va ularning matematik modelini ishlab chiqish	237

Шокиров К.А., Курбанов М.Т. Анализ остеопротективных свойств хвоща полевого (<i>Equisetum arvense</i>) и крапивы двудомной (<i>Urtica dioica</i>) в рецептуре хлеба как способа повышения его нутритивной ценности.	245
Рахмонов К.С. Технологические аспекты производства пшеничных сортов хлеба с использованием заквасок спонтанного брожения	254
Nazarova L.X. Milliy non mahsulotlari	261
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Хо‘jayeva M.E., Gafurova N.T. Yigiruvchilar maxsus kiyimi uchun mato tanlashda gazlama namunalari xususiyatlarining tahlili	266
Gulyayeva G.X., Musayev N.M., Mukimov M.M., Agzamova S.M., Karimova N.H. Yangi tuzilishdagi ikki qatlamli trikotaj to‘qimalarini olish usuli	275
Usmanova F.S., Tashkenbayeva T.B., Nabiyeu N.D. Gidrofob xossa berishda maxalliy appretlarni qo‘llash imkoniyatlarini tadqiq qilish	280
Mardonov S.E., Sattarova N.N., Rahimova M.R. Shlyapkali tarash mashinasi parametrlarining tola xossalari ta’siri	285
Дустова Ф.Х. Приводы машин текстильной и легкой промышленности	290
Gulyayeva G.X., Musayev N.M., Mukimov M.M., Agzamova S.M., Karimova N.H. Yangi tuzilishli ikki qatlamli trikotaj to‘qimalarining fizik-mexanik xususiyatlar tahlili	294
Ismoyilov I.B., Qo‘ldoshev E.I., Ismoyilov F.B. Yangi vintli tozalagichning konstruksiyasi va junni tozalash jarayoniga ta’sir etuvchi omillarning nazariy tadqiqi.	299
Бахриддинов М.С., Бехбудов Ш.Х. Использование упругих элементов в механизме иглы швейной машины	302
Saidova X.X. Selection of an effective processing technology in the manufacturing of transformable clothing	308
Saidova X.X., Boymatova K.A. Ustki kiyimlarni tikish jarayonida hosil bo‘ladigan nuqsonlar	314
Sabirova Z. A., Jumaniyazova R.F. O‘zbek milliy arxitekturasini va moda	318
Giyasova D.R. Aralash tarkibli ip olish texnologiyasi	324
Мусиров Ш. З., Мирзаумидов А.Ш., Турдиев Б.Э., Пардаев Б.Ч. Тебранувчи сирт юзасидаги чигитларнинг ҳаракатини динамик таҳлили	328
Toshpulotov L.I., Mardonov S.E. Ikki qatlamli matolar tuzilishini loyihalashda zamonaviy kompyuter texnologiyalardan foydalanish	332
Нурбоев Р.Х., Салимов Ш.Х., Худайбердиев М.Р. Аралаш толали ип ишлаб чиқаришда аралашмадаги толаларнинг хусусиятлари ва уларнинг нисбий улушига боғлиқлигини ўрганиш ва таҳлил қилиш.	338
Temirova G.I. Mo‘ynali buyumlarni tayyorlashda polimer kompozitsyalardan foydalanishning resurstejamkor usullari	342
Ташкенбаева Т.Б., Нигматова Ф.У., Вахобова Н.А. Системный подход к проектированию функциональной одежды для людей в инвалидных колясках	349
Машарибов А.Р., Райимкулов Ж.К., Эрдонов А.М. Пахтани майда ифлосликлардан тозалашда қозикчали-планкачи барабан планкаларининг таъсири	360
Xamdullayeva S.O. Zanjirli uzatma qadamining qayishqoq vtulka bikirligiga ta’sirini sintez qilish	365
Atajanov A.B. Arrali jin kolosniklari ishchi qismining yeyilishini tadqiq etish	368
Barakayeva D.F., Gafurova N.T. Energetika sohasida ishlovchilar uchun himoya kiyimini ishlab chiqish omillarini o‘rganish	374
Azimova M.N. Ayollar oyoq kiyimi uchun mo‘yna qiyimlari asosidagi polimer kompozitsion paketlarning shaklbardoshlik xususiyatlarini tadqiq etish	378
Худайбердиев М.Р., Очилов Т.А., Хамроева С.А., Нурбоев Р.Х. Тола таркиби турлича бўлган костюмбоп матоларнинг механик хоссаларининг тадқиқоти ва таҳлили	382

Худайбердиев М.Р., Очилов Т.А., Ҳамроева С.А., Нурбоев Р.Х. Тола таркиби турлича бўлган костюмбоп матоларнинг ғижимланмаслиги ва ҳаво ўтказувчанлигининг ўзгариши	387
Каландаров Р.К. Результаты теоретических и экспериментальных исследований	391
Эргашов М. Взаимодействие шелковой нити с ценовым прутком шелкоткацкого станка .	398
Yangiboyev I.B., Berdanov E.X., Axmedov M.X., Tuychiyev T.O. Mayda iflosliklardan tozalash jarayonida kolosnikli panjarada paxta bo‘lakchalarining harakatini tahlili	404
To‘xtayeva Z.Sh., Abulova P.U. O‘smirlar kiyimlari uchun tanlangan matolarning xususiyatlari tahlili	409
Rajabova G.J. Apsaykling – hayot mazmuni	416
Sayidova M.H., Pulatova S.U. Maxsus kiyim materiallarining termo-fizik parametrlarini aniqlovchi omillar	418
Сапаров М.К., Рузметов Р.И., Туйчиев Т.О., Авазмуратов А.Б., Машаринов К.М. Анализ показателей качества волокна на этапах технологического процесса Шовотского хлопкоочистительного завода	423
Бозорова Ф.М. Предлагаемая методика проведения экспериментов на узле ножки новой конструкции швейной машины	428
Azimova G.A. Mahalliy aralash jun matolarining eksport salohiyati	434
Rajabov A.I., Khamrayeva S.A., Nodirova M.N. Jun, jun–akril va jun–poliester iplarning mexanik xossalarini qiyosiy tahlil qilish	438
АНИҚ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Gafurova N.T., Hikmatov N.I. Texnik oliy o‘quv yurtlarida zamonaviy ta’limning o‘ziga xos xususiyatlari	444
Shalov D.J., Fatilloev Sh.F., Mavlanov B.A., Maxmudov R.A. Ipak qurti chiqindisidan turli bebaho baliqlar yemini tayyorlashda va mineral o‘g‘it sifatida qo‘llash	449
Raxmonov G‘.F. Buxoro viloyati hududida mavjud ekoturizm obyektlarini o‘rganish va tahlil qilish	452
Мухамедбаев А.А., Бахритдинова С.Б. Сравнительный анализ некоторых характеристик пористого заполнителя из дробленого автоклавного газобетона	459
Samandarov I.R., Miratoyev Z.M. Binar tasvirlardagi yassi ob’ektlar konturlarining metrik belgilarini ajratib olish usuli	466
Саидова А.С., Файзиллоева Н.Б. Модернизация высшего образования, как важный фактор развития наук.	478

3. Асадов Ш.К., Ахмедов Ю.Х. Аппроксимация гиперповерхностей полиэдрами применительно к расчетам несущей способности оболочек - . покрытий в еп простран..тве //Universum: технические науки: электрон. - научн.журн.2022.4(97).URL:<https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13430>
4. Асадов Ш.К., Ахмедов Ю.Х. Аппроксимация гиперповерхностей полиэдрами применительно к расчетам несущей способности оболочек покрытий в еп пространстве // Uni versum: технические науки: электрон, научн. журн. 2022. 4(97). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13430>.
5. Akhmedov Y., Asadov S., Azimov B. Two-sided estimation on linear approximation error second-order hypersurfaces//Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2388. - №. 1. – С. 012124.

УДК 621. 22-226

КОНТРРОТОРНЫЙ ГИДРОАГРЕГАТ С РЕАКТИВНЫМ И АКТИВНЫМ РАБОЧИМИ КОЛЕСАМИ

¹Бозаров О.О., ²Мирзаев С.З.

¹Андижанский филиал Кокандского университета,

²Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий.

Аннотация. В статье анализируются контрроторные гидроагрегаты, разработанные на базе струйных гидротурбин. Описана разработанная авторами новая конструкция контрроторного гидроагрегата, состоящего из струйной гидротурбины с соплом и водяного колеса, а также принцип его действия и физическая сущность. На основе треугольника скоростей потока воды, проходящего через реактивную и активную крыльчатки, была проанализирована частота вращения крыльчатки. Соответственно представлены аналитические связи между энергетическими параметрами рабочих колес.

Ключевые слова: струйная гидротурбина, сопло, микро ГЭС, контрротор, электроэнергия, рабочее колесо, турбина.

ЙЎНАЛТИРУВЧИ АППАРАТЛИ РЕАКТИВ ГИДРАВЛИК ТУРБИНА ВА АКТИВ ИШЧИ ГИЛДИРАКЛИ КОНТРРОТОРЛИ ГИДРОАГРЕГАТ

¹Бозаров.О.О.,²Мирзаев С.З.

¹Qo‘qon universiteti Andijon filiali,

²Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti.

Аннотация. Мақолада реактив гидротурбиналар асосида ишлаб чиқилган контрроторли гидроагрегатлар таҳлил этилган. Муаллифлар томонидан ишлаб чиқилган соплоли реактив гидротурбина ва сув гилдирагидан иборат бўлган контрроторли гидроагрегатнинг янги конструкцияси, унинг ишлаш тамойили ва моҳияти баён этилган. Реактив ва актив ишчи гилдираклардан ўтувчи сув оқими учун тезликлар учбурчаги асосида ишчи гилдирак айланма ҳаракат тезликлари таҳлил этилган. Мос ҳолда ишчи гилдиракларнинг энергетик параметрлари орасидаги аналитик боғланишлар келтирилган.

Калит сўзлар: реактив гидротурбина, сопло, микро ГЭС, контрротор, электр энергия, ишчи гилдирак, турбина

COUNTER-ROTARY HYDRAULIC UNIT WITH REACTIVE AND ACTIVE IMPELLERS

¹Bozarov O.O., ²Mirzayev S.Z.

¹Andijan branch of Kokand University, ²Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies.

Abstract. The article analyzes counter-rotor hydraulic units developed on the basis of jet turbines. A new design of a counter-rotor hydraulic unit developed by the authors, consisting of a jet turbine with a nozzle and a water wheel, the principle of its operation and essence is described. Based on the velocity triangle of water flowing through the reactive and active impellers, the rotational speed of the impeller was analyzed. Accordingly, analytical relationships between the energy parameters of the impellers are presented.

Key words: jet turbine, nozzle, microhydroelectric power station, counterrotor, electric power, impeller, turbine.

Известно, что основная часть существующих рек, каналов и гидравлических источников обладают низким напором. На сегодняшний день практически во всем мире использование этого гидроэнергетического потенциала с целью выработки электроэнергии вызывает особый интерес и считается актуальной задачей в области современной малой гидроэнергетики - экологически чистых источников гидроэнергетики [1].

Основная часть рассмотренных микро-гидроэлектростанций с использованием водяного потока низконапорной турбины в данной работе состоит из частей с ковшом, гребным винтом, крыльчаткой, а их усовершенствование направлено на изменение угла удара воды об лопасти и изменение кривизну поверхности или геометрических форм лопаток, а также определения оптимальных значений их размеров [2-7].

Активным гидротурбинам, предназначенным для работы в низконапорном водотоке характерны положительные и отрицательные показатели. Например, в [8] разработано плавучее гидроустройство катамаранного типа, работающее неустойчиво при изменении расхода воды. В работе [9] лопастные редукторы самостоятельно передают движение через шестерни на вал, установленный вертикально или горизонтально. Это устройство имеет очень большие размеры, а также нестабильно работает при изменении величины расхода воды. Так же, в работах [10-14] разработаны активные гидротурбины, состоящие из водяных колес, работающих при малом расходе воды и низком давлении и при напоре 2-3 метра, а устройства имеют большие размеры. Из-за дороговизны тихоходных, многополюсных генераторов, они мало выпускаются в промышленности [15]. Данное обстоятельство приводит к использованию редукторов или много каскадных шкивов, приводящих к потере энергии. В результате КПД микро-электростанции будет низким.

Существующие конструкции струйных гидротурбин (радиально-осевые, пропеллерные, роторно-лопастные, двух перовая) характеризуются тем, что они эффективно работают при напорах более 4-5 м [16-17].

Анализ источников информации по гидротурбинам показывает, что реактивные турбины имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что их КПД резко меняется при изменении нагрузки, а зона высоких значений КПД наблюдается только в узком диапазоне изменения мощности. Этот недостаток существенно снижает КПД реактивных турбин при использовании в системах с дефицитом энергии [18]. При малых напорах КПД этих турбин резко снижается, что дает неудовлетворительный результат при низконапорном водотоке.

К настоящему времени созданы различные реактивные турбины, работающие в низконапорных источниках воды. Но и у них есть свои достоинства и недостатки. Например, в работе [19] разработано рабочее колесо, содержащее лопасти и вал, на которые установлены верхние и нижние несущие диски, между которыми установлены трубчатые лопасти, изогнутые в виде колен, а выходы трубчатых лопастей ориентированы горизонтально по касательным к окружности нижнего диска. Лопасти гидротурбины выполнены в виде отрезков труб, входные верхние участки которых расположены вертикально.

Конструкция [20] состоит из лопаточного аппарата, статора с отражателями, рабочего колеса, выполненного в виде ступицы с верхним и нижним ободьями. Рабочее колесо снабжено дополнительными отводящими каналами. В проточной части статора выполнены отражатели, а в ободьях – сквозные окна, при этом проточная часть статора размещена коаксиально между ободьями, а отводящие каналы ориентированы выходными отверстиями к отражателям.

В конструкции [21] разработано сопловая реактивная гидравлическая турбина, содержащая рабочее колесо с крыльчатками, жестко закрепленные к дну цилиндра, каналы для оттока воды и статор с отражателями. Каналы для оттока воды представляют собой прямоугольные в сечении трубы, расположенные перпендикулярно внутреннему радиусу

рабочего колеса, имеющее выходное сопло, позволяющее перпендикулярно направить выходящего из сопла потока воды на касательную плоскость, вогнутого и вертикально установленного кругло-цилиндрического отражателя. Его эффективность составила 67% в эксперименте, проведенном при напоре воды 2 метра и расходе воды 200 л/с [22].

В работе [23] устранены недостатки работы [21] путем установки внутреннего направляющего устройства в рабочее колесо. Также была усовершенствована сопловая реактивная турбина, эффективно работающая в водо-источниках низкого давления за счет установки внутреннего направляющего устройства. Результаты эксперимента показали, что при напоре воды 2 метра и расходе воды 200 л/с эффективность гидротурбины составила 76,3 %.

Когда эти гидротурбины работают в динамическом равновесии под нагрузкой, абсолютная скорость потока воды, выходящего из гидротурбины высокая, но их кинетическая энергия не используется. Для повторного использования кинетической энергии такого потока воды были разработаны контрроторные гидротурбины. В них поток воды, прошедший через первое струйное рабочее колесо типа Каплан, снова направлялся на второе такое же рабочее колесо через отводящее устройство.

Например, в работе [24], увеличение коэффициента использования энергии воды осуществляется за счет того, что вода поступающий из первого направляющего лопатка на первую турбину, ударяется и приводит ее во вращение. Далее отраженная от рабочих лопаток вода поступает на вторую направляющую лопатку и приводит во вращение вторую турбину. Выходной вал обеих турбин соединен с входным валом суммирующего редуктора, а выходной вал суммирующего редуктора непосредственно соединен с генератором. В этом гидроагрегате можно показать следующие недостатки: вода теряет большую часть своей энергии, когда вытекает из первой гидротурбины. Кроме того, вытекающий поток воды находится в вихревом режиме, а вода разбрызгивается и поступает в нижнее, второе направляющее устройство под углом. Поскольку восходящее давление создается при переходе от направляющего устройства ко второму рабочему колесу, эффективность верхнего рабочего колеса снижается. Кроме того, использование в конструкции суммирующего редуктора и дополнительных направляющих устройств, приводит к потерям энергии за счет повышения местных сопротивлений. При низких напорах комплекс не дает удовлетворительные результаты, а КПД гидротурбины будет низким.

Новый гидроагрегат [25], состоит из контрроторной гидротурбины и гидрогенератора. Контрроторная гидротурбина имеет два соосных рабочих колеса (ротор и контрротор), вращающихся в разные стороны, на которые последовательно поступает поток воды. В контрроторный гидроагрегат ротор гидрогенератора устанавливаются на одном валу с ротором гидротурбины, а контрротор с контрротором гидротурбины. Преимущества контрроторного агрегата по сравнению с традиционными гидроагрегатами:

- применение на более высоких напорах (из-за распределения напора между двумя рабочими колёсами гидротурбины);
- возможность уменьшить размеры и вес гидрогенератора (поскольку ротор и контрротор генератора вращаются в противоположных направлениях, существенно увеличивается частота вращения ротора относительно контрротора).

Однако, имеются ряд недостатков. При низких давлениях воды, истечение воды из верхнего рабочего колеса гидротурбины происходит в вихревом режиме. В результате чего наблюдаются большие потери энергии. Этот поток воды поступает во вторую рабочую колесу снизу через второй направляющий аппарат. В этом случае создается восходящее давление. Так же, за счет местных сопротивлений второго направляющего аппарата и рабочего колеса происходит потери энергии. В результате эффективность этой системы будет низким, и при напорах 2-10 м комплекс не дают желаемого результата. Контрроторный

гидроагрегат имеет сложную конструкцию и его регулировать, а также проявляет большие трудности в эксплуатации. Поэтому данная конструкция не нашла применения на практике.

Как следует из вышеизложенного, проблема создания новых гидротурбин, обеспечивающих получение электрической энергии с высоким КПД для низконапорных потоков воды не решена. Поэтому важны разработки новых конструкций микро-гидроэлектрических устройств, эффективно работающих в условиях низкого напора воды.

Целью данной работы является разработка новой конструкции контрроторной гидравлической турбины, имеющей реактивную и активную рабочие колеса с устраненными вышесказанными недостатками и работающие эффективно в условиях низконапорного водотока (рис. 1).

Предложенный контрроторный гидроагрегат содержит реактивную и активную рабочие колеса, установленные на валы, которые соосно связаны через подшипники. В этом случае в качестве струйной гидротурбины контрроторного гидроагрегата использован представленная в работе [23] струйная гидротурбина с выходным соплом.

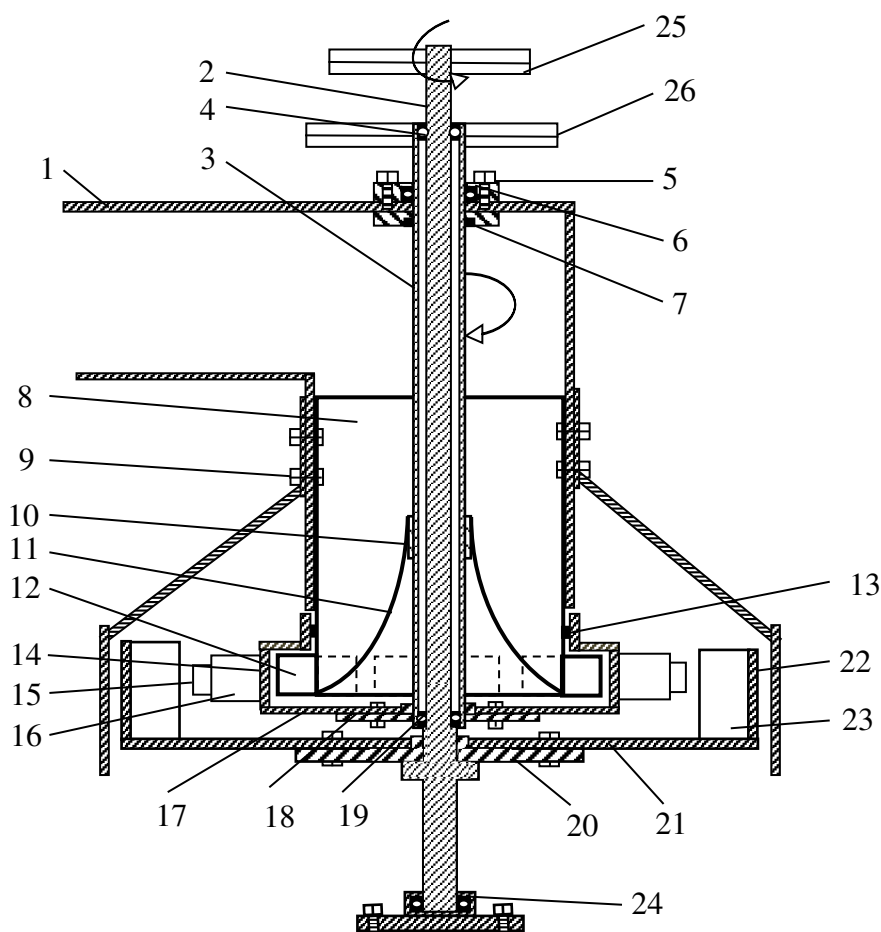


Рис. 1. Общий схематический вид контрроторного гидравлического агрегата.

1-подводящий канал; 2-внутренний вал; 3-внешний вал; 4-подшипник между валом; 5-закрепляющие болты корпуса подшипника; 6-подшипник; 7- сальник; 8- направляющий аппарат; 9-болты; 10-верхний гидроподшипник; 11-внутренний коаксиальный конус; 12-направляющие крыльчатки; 13-каучуковый сальник; 14-цилиндр рабочего колеса; 15-конфузорная насадка для выхода воды; 16-отводные каналы; 17-дисковая основания; 18-опора с патрубками; 19-конусообразный подшипник; 20-диск с цапфой, для закрепления активного рабочего колеса; 21-диск активного рабочего колеса; 22- внутреннее и наружное кольца; 23-лопасти; 24-корпусной подшипник; 25-шкив активного рабочего колеса; 26-шкив реактивного рабочего колеса

Реактивное рабочее колесо, закрепленное к внешнему валу 3 содержит внутренний направляющий аппарат, выполненный в виде цилиндра 8, направляющие лопасти 12, которые закреплены между внутренним коаксиальным конусом 11, обеспечивающие равномерное распределение и сжатие воды по внутреннему периметру цилиндра 8, нижним концом цилиндра имеющий прямоугольное отверстие для направленного оттока воды к входу сопла, рабочее колесо, выполненное в виде цилиндра 14. При этом каналы 16 для оттока воды расположены на одной горизонтальной плоскости с дном рабочего цилиндра, имеющее выходной конфузор 15, позволяющий перпендикулярно направить выходящего из сопла струи потока воды на касательную плоскость, проведенной точке центра дуги вогнутой и вертикально установленной кругло-цилиндрической лопасти 23 активного рабочего колеса, который закреплен на внутренний вал 2 гидроагрегата. Активное рабочее колесо крепится к внутреннему валу диск с цапфой 20, а вал этой рабочей колесо крепится к платформе корпусными подшипниками 24. Над диском активного рабочего колеса вставлен внешний вал реактивного рабочего колеса, через подшипники 4, 19.

В гидротурбине относительная скорость струи воды при выходе из сопла увеличивается пропорционально давлению воды. Обычно, для активного рабочего колеса Пельтона, струя воды с такой скоростью создается специальными соплами. В предложенном гидроагрегате струя воды, выходящая из сопла, обладает точно такими же характеристиками, то есть из сопла рабочего колеса, струи воды выбрасывается с большой скоростью. Для использования такой большой кинетической энергии водяной струи была разработана активное рабочее колесо с изогнутыми и вертикально установленными лопастями, где водяные струи ударяется перпендикулярно на поверхность лопастей.

Сущность контрроторного гидроагрегата заключается в том, что поток воды с подводящего канала попадает в направляющий аппарат, и при вертикальном движении между внутренними стенками цилиндра и коаксиального конуса равномерно сжимается и распределяется по периметру. При этом из-за стационарности направляющего аппарата вода не вращаясь движется в сторону сопла через направляющие лопасти так, что, струя воды после удара на внутренние стенки сопла отражается к выходному отверстию сопла, который при выходе создает реактивную силу, от которого возникает крутящий кинетический момент.

Струя воды, выходящая из сопла с большой скоростью, ударяется об поверхность лопаток активного рабочего колеса на небольшом расстоянии. При этом лопасти располагаются в той же горизонтальной плоскости, что и сопло. Количество струи воды, равное количеству сопла, попадает на лопатки активного рабочего колеса. В результате под действием парных сил создаются крутящие моменты, заставляющие рабочее колесо вращаться в обратном направлении относительно реактивного рабочего колеса. Скорость воды после удара почти равняется к нулю и двигается вниз при действии гравитационных сил.

Активное рабочее колесо передает вращательное движение отдельно установленному генератору через шкив 25, закрепленный на внутреннем валу. Вращательное движение сопло-струйной гидротурбины передается второму генератору через шкив 26, установленный на внешнем валу (рис. 2).

Для расчета реактивной силы F_A , создаваемой водой, выходящей из сопла рабочего колеса, определяется изменение количества движения входящей и выходящей воды в нем и сила, действующая на сопло в точке A , выражается следующим образом:

$$F = \rho S_3 v_3^2 \left[\cos \beta + \sqrt{\frac{S_3}{NS_4} \left(1 - \frac{S_3}{S_4} \right) + 1 - \frac{1}{2} (\xi_{s6} + \xi_2)} \right]; \quad (1)$$

Эта расчетная мощность представляет собой мощность, вырабатываемая одним соплом, и общая мощность определяется путем умножения общей реактивной мощности на

количество сопел [26]. При этом абсолютная скорость струи воды, выходящей из сопла, рассчитывается по следующей формуле [27]:

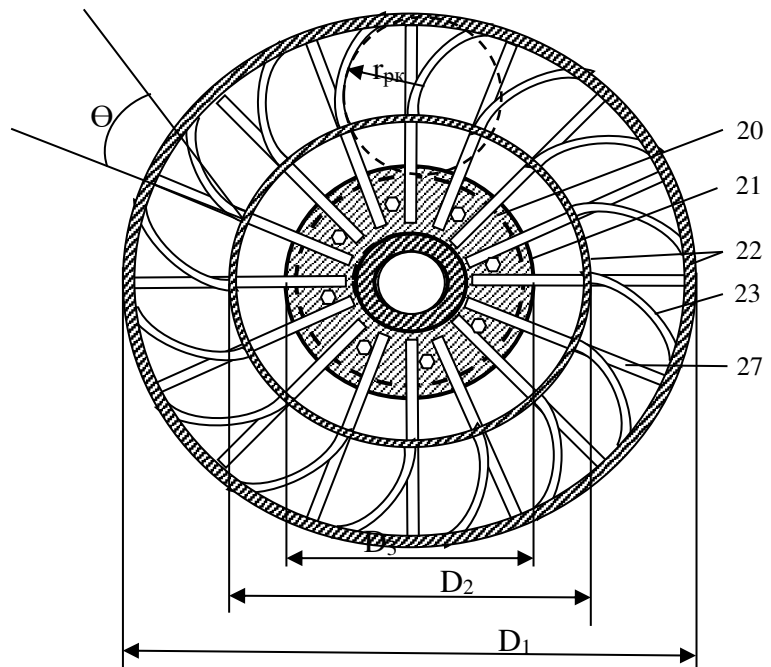
$$v_4 = v_3 \sqrt{\frac{4S_3}{\pi d_6^2} \left(\frac{4S_3}{\pi d_6^2} - 1 \right) + 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{0,25\lambda}{2} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\pi d_6^2}{4S_3} \right) + \left(1 - \frac{4S_3}{\pi d_6^2} \right)^2 \right)}; \quad (2)$$

$$\text{Здесь} \quad v_3 = \frac{\Gamma}{\tau} e^{i(\alpha_2 - \beta)} + v_2 e^{i(\alpha_2 - \alpha_1)}. \quad (3)$$

$$\text{где} \quad \tau = \frac{\pi l_2}{k}; \quad \Gamma = \frac{\pi l v_2 \sin \alpha_1}{\pi d_2} = \frac{l v_2 \sin \alpha_1}{d_2};$$

здесь v_3 , v_4 – скорость воды при входе в сопло; v_2 – скорость воды при выходе из направляющего аппарата; S_3 , d_6 – соответственно поверхность входа сопла и диаметр выходного отверстия сопла; α_1 и α_2 – углы входа и выхода воды в направляющем аппарате; l и τ – длина и шаг лопасти, соответственно; β – угол установки направляющих лопаток относительно радиальной направления.

Рис. 2. Активное рабочее колесо. 20-центрального диска с цапфой; 21-большой диск активного рабочего колеса; 22-внутренняя и наружная кольца; 23-лопасти; 27-опорные стержни в радиальном направлении.



Из формул (1) - (3) видно, что реактивная сила, создаваемая в сопле, определяется скоростью воды, выходящей из сопла, а также зависит от угла установки β направляющего аппарата относительно радиального направления. Геометрическая форма сопла обеспечивает угол

удара струи воды об внутренние стенки сопла и направление воды назад к выходному окну сопла, так что направленный поток воды создает реактивную силу за счет плавного поворота в сопло. В соответствии с напором и расходом воды в этих гидротурбинах изменяются геометрические размеры и количество сопел. При расположении вход сопла по периметру рабочего колеса и большом расстоянии между входами сопла наблюдаются потери энергии в результате сопротивления водоприемников и влияния стенок цилиндра рабочего колеса.

Используя общую теорему об изменении кинетического момента при движении твердого тела относительно неподвижной системы отсчета, связанной с землей, и подвижной системы отсчета, связанной с центром рабочего колеса, крутящий момент, возникающий на рабочем вал колеса определяется ниже [28]:

$$M_z = -N \pi r_c^3 v_4 (v_4 - \omega_z r_c); \quad (4)$$

Используя формулы (1) и (4), находим циклическую частоту ω_z рабочего колеса:

$$\rho \cdot S_3 \cdot v_3^2 \left(\cos \beta + \frac{v_4}{v_3} \right) - N \cdot r_c \rho \cdot S_3 \cdot v_3^2 \left(\cos \beta + \frac{v_4}{v_3} \right) = \frac{N}{2} \pi r_c^3 v_4 (v_4 - \omega_z \cdot r_c) \quad (5)$$

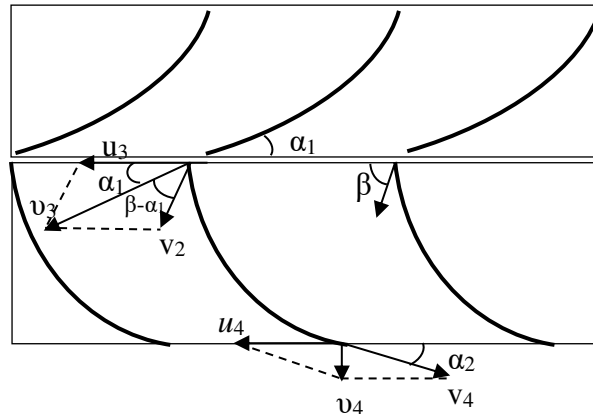


Рис. 3. Треугольник скоростей течения воды в диверторе и рабочем колесе гидротурбины.

$$\omega_z = \frac{v_4}{r_c} - \frac{2S_3 v_3^2 \left(\cos \beta + \frac{v_4}{v_3} \right)}{\pi \cdot r_c^3}; \quad (6)$$

Угол, образованный нормалью к внутренней стенке сопла с направляющими лопатками струйной гидротурбины обозначим через α_1 , так как расстояние до рабочего колеса очень мало, можно считать, что поток воды входит в рабочее колесо под этим углом, β -угол установки направляющей лопатки гидротурбины относительно радиального направления, рабочей плоскости угол, образованный рабочей лопаткой на входе. Примем v_3 за абсолютную скорость воды на выходе из дивертора и определим зависимость между линейными скоростями вращения активного и реактивного рабочего колеса по треугольнику скоростей.

Чтобы поток воды от направляющего аппарата ударялся об рабочее колесо и не терял энергии от удара, относительная скорость потока v_3 должна совпадать с направлением касательного, прилагаемого на входе в сопло рабочего колеса. Поэтому абсолютная скорость воды v_3 должна быть равна сумме относительной скорости v_3 и линейной скорости u_3 в рассматриваемой точке рабочего колеса.

Исходя из этого можем записать:

$$\frac{u_3}{\sin(\beta - \alpha_1)} = \frac{v_3}{\sin(180^\circ - (\beta - \alpha_1 + \alpha_1))} = \frac{v_3}{\sin(180^\circ - \beta)} = \frac{v_3}{\sin \beta}$$

Отсюда

$$u_3 = \frac{v_3 \sin(\beta - \alpha_1)}{\sin \beta}; \quad (7)$$

Количество воды, протекающее через направляющего устройства, также проходит через сопла рабочего колеса. Если ширина входа воды лопастей дивертора и сопел рабочего колеса одинакова, то ширина выходного отверстия дивертора и входных патрубков будет $v_3 \sin \alpha_1$, тогда:

$$v_3 \sin \alpha_1 = v_2 \sin \alpha_2, \quad (8)$$

очевидно, что для достижения наименьшей возможной абсолютной скорости воды, выходящей из рабочего колеса, должно быть $v_2 = u_3$. В таком случае:

$$\sin \beta \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \beta) = 1 \quad (9)$$

В активных турбинах скорость воды, поступающей в рабочее колесо, соответствует полному значению действующего давления, при дальнейшем движении воды скорость не увеличивается, поэтому $v_3 = v_2 = u_3$.

Отсюда следует, что параллелограмм, построенный при скоростях u_3 и v_3 , образуется двумя равнобедренными треугольниками с общим основанием v_3 . Тогда получаем $\beta = 2\alpha$. Если мы заменим $\beta = 2\alpha$ в уравнении, полученном выше:

$$\sin\alpha_2(1+\operatorname{ctg}^2\alpha_1)=2\operatorname{ctg}\alpha_1 \quad (10)$$

Угол α_1 обычно колеблется от 20° до 30° , тогда как для активных турбин β должен составлять 40° - 60° . Предположим, что $\alpha_1=20^\circ$, из формулы (10) получаем $\alpha_2 = 40^\circ$. В этом случае абсолютная выходная скорость будет очень большой. Отсюда следует, что части рабочего колеса должны быть одинаковой ширины.

Как мы уже упоминали выше, в реактивных турбинах скорость воды, поступающей в рабочее колесо, всегда соответствует только части располагаемого давления, поэтому ее скорость непрерывно увеличивается при движении в секциях рабочего колеса. В результате относительная скорость v_4 воды на выходе больше относительной скорости v_3 на входе, а так как $v_2=u_3$, то относительная скорость v_3 меньше u_3 . При этом форма сопла должна быть такой, чтобы движущийся в них поток воды не был сжат по ширине (по вертикали), выход воды должен иметь на конце прямую часть, а кривизна их не должна быть чрезмерной в других части.

Для активной трубы подставим $\beta = 2\alpha_1$ в формулу (7):

$$\begin{aligned} u_{a1} \sin 2\alpha_1 &= v_{a1} \sin(2\alpha_1 - \alpha_1) \\ u_{a1} 2\sin\alpha_1 \cos\alpha_1 &= v_{a1} \sin\alpha_1 \\ 2u_{a1} \cos\alpha_1 &= v_{a1} \end{aligned} \quad (11)$$

Из формулы (7) получаем следующий результат для $\alpha_1 = 25^\circ$ (7):

$$u_{a1}=0,55v_{a1}=0,55v_4 \quad (12)$$

где v_4 -скорость потока воды, выходящего из сопла, т.е. скорость струи перед лопаткой. На основании этих данных для расчета энергии, выделяемой в активном колесе, рассчитывается момент инерции рабочего колеса относительно центра его вала, а также определяется цикловая скорость.

Мощность активной гидротурбины определяется выражением:

$$P = \frac{\rho Q N v_4^2}{2}, \quad (13)$$

КПД этой активной гидротурбины колеблется от 0,5 – для небольших турбин и до 0,9 – для больших агрегатов.

В реактивных турбинах в зависимости от степени снятия избыточного гидравлического давления v_3 меньше абсолютной скорости воды $\sqrt{2gh}$. Например, для $\alpha_1 = 20^\circ$ и $\beta=90^\circ$ $u_3= 0,94\sqrt{2gh}$. С учетом потерь на гидравлическое и местное сопротивление получаем $u_3= 0,56\sqrt{2gh}$.

Видно, что реактивные турбины вращаются быстрее, чем активные турбины. Относительная скорость воды не меняется при прохождении через водопропускные лопатки рабочего колеса, поэтому водяной поток сохраняет свою толщину на всем пути.

КПД рассмотренной реактивной гидротурбины составляет 67%-86% в зависимости от напора, а для коэффициента быстроходности при расходе воды 15л/с на напоре 2 метра, в эксперименте получили следующий результат:

$$n_s = f\left(\frac{Q}{Q_e}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{H_e}{H}\right)^{\frac{3}{4}} = \frac{3,65nQ^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{3,65 \cdot 723,6 \cdot \sqrt{0,015}}{2^{\frac{3}{4}}} = 191,2 \text{ об/мин.}$$

Здесь Q , Q_e – расход воды в модели и натуре, соответственно; H и H_e – напор воды в модели и натуре, соответственно.

Таким образом, в ходе исследования были получены следующие результаты:

- Диаметр активного рабочего колеса мало отличается от диаметра реактивного рабочего колеса. Поэтому скорость этого активного колеса будет близка к скорости, полученной в эксперименте для реактивного рабочего колеса.
- При установке активного рабочего колеса на выходящий поток воды с высокой кинетической энергией от струйной гидротурбины, увеличивается выработка электроэнергии на 25-40% в зависимости от давлений, помимо электроэнергии, вырабатываемой струйной гидротурбиной, по давлению воды.
- Контрроторный гидроагрегат с струйной гидротурбиной и активным водяным колесом работает так же эффективно, как две отдельные гидротурбины. Также движение водных потоков в них не влияет друг на друга. Если по какой-то причине одно из рабочих колес перестанет двигаться, оставшееся второй продолжит работу.
- Активное колесо можно разместить под открытым небом, комплекс удобно собирать, выполнять различные услуги, а его преимущество в том, что за режимом работы можно следить визуально.
- Один входящий поток в гидроагрегат используется дважды. Соответственно, энергия воды используется полностью. Эффективно работает на высокой скорости даже при низком давлении.

Внешний и внутренний валы соединены простым способом, и эффективно работают в источниках воды низкого давления. Конструкция гидроагрегата проста, его легко эксплуатировать и реализовывать. Нижнее активное рабочее колесо лишено недостатков указанных выше, т.е. не проявляет направленного вверх давления. В потоке воды, попадающей на второе рабочее колесо отсутствует вихревое движение, что проявляется в виде отсутствия потерь энергии, так как использовано два различных типа рабочих колес (реактивные и активные).

Список использованной литературы:

1. Aliev R.U., Bozarov O.O., Abduqakhorova M., Current conditions for the development of small hydroelectric power sources in Uzbekistan. Scientific bulletin, ASU, 2018, No. 1, p.p. 16-23.
2. <http://www.inset.ru/r/obor.htm>
3. Gerald Muller, Klemens Kauppert. Old water mills Britain's new source of energy, // New civil engineer international. March. - 2003, p.p. 20-28.
4. D.Zhou, J.Gui, D.Deng, H.Cheu, y.Yu, A.Yu, C.Yang. Development of an ultralow head siphon hydro turbine using computational fluid dynamics.// Energy.-China, 2019.-Vol. 181.-p.p. 43-50.
5. J.C.Casila, M.Duka, R.D.L.Reyes, J.C.Ureta, Potential of the Molawin creek for mikro hydro power generation: An assissment.//Sustainable Energy Technologies and Assissments.-Phillipines, 2019, -Vol.32. p.p. 111-120.
6. E.K. Mamadierov, Opređenje osnovnykh parametrov mikrohydroenergeticheskoy ustanovki, Heliotechnika, 2010 (2),p.p. 68-71.
7. Sweet P.P. Razrabotka MIKRO-GEsS asynchronous generators for selskohozyaystvennykh potrebiteley Avtoref. diss. sugar tech. science Barnaul, Altai GTU. 2007.
8. Loboyko V.F., Pyndak V.I., Ovchinnikov A.S., Zenin D.Yu. Hydroelectric plant. RU 2258154 MPK C2. F03B 7/00, 13/00. Publ. 10.08.2005 Bull. No. 22
9. Kuznetsov V.V., Kuznetsov D.V. Hydrogen generator (varianty). RU 2265750 MPK C1. F03B 7/00, 13/00, 17/00. Publ. 10.12.2005 Bull. No. 34
10. V. M. Ivanov, T. Yu. Rodivilina, B. V. Semkin, A. A. Blinov, P. V. Ivanova, P. P. Sweet, G. O. Klein. Device for conversion of water and electric energy. RU 2306453 MPK C2. F03B 7/00. Publ. 20.09.2007 Bull. No. 26

11. A.L. Yakovenko, I.V. Zhigulenko. Blade for tixohodnyx turbine (varianty). RU 2392488 MPK C2. F03D 3/00, F03D 5/00, F03B 7/00, F03B 9/00. Publ. 20.06.2010 Bull. No. 17
12. A. Sh. Tekhiev. Hydraulic turbine. RU 2398129 MPK C1. F03B 7/00. Publ. 27.08.2010 Bull. No. 24
13. I.N. Chulkov. Active hydraulic turbine. RU 2417329 MPK C2. F03B 17/06, F03B 7/00. Publ. 27.04.2011 Bull. No. 12
14. I.B. Biryulin, A.A. Vetrova, V.A. Belaya, I.B. Bashilov. Plavuchaya power station. RU 2432489 MPK C1. F03B 7/00, F03D 9/00. Publ. 27.10.2011 Bull. No. 30
15. A.P. Akimov, A.G. Vasilev, N.A. Pavlova, A.G. Aleksandrov. Ruslovaya vsesozonnaya hydroenergeticheskaya ustanovka. RU 2445507 MPK C2. F03B 7/00, F03B 17/06. Publ. 20.03.2012 Bull. No. 8
16. Chernyuk A.M., Analysis and optimization of the construction of a small hydroelectric power station for autonomous energy supply of military objects and infrastructure //Collection of scientific studies of the Kharkiv University of Vitry, 9 issue 4(45), 2015, p.p. 124-126.
17. http://weswen.ru/hydro_frensis/.
18. http://weswen.ru/hydro_kaplan/.
19. https://studopedia.ru/4_106730_reaktivnie-gidroturbini.html. 21 .01. 2015.
20. Zhitnikov E.D. Tubular-blade impeller, RU C1 2345243, IPC F03B3/12, publ. 27.01.2009.
21. V.S. Stasov. Reactive hydraulic turbine. Patent, RU 2019729. IPC F03B 3/02. publ. 09.15.1994.
22. R. Aliev, O.O. Bozarov, R.A. Zakhidov, D.B.Kodirov. Reactive hydraulic turbine. Patent, FAP 01287, IPC F 03 B3/02, F 03 B3/12. publ. 20.02.2018.
23. Bozarov O.O., Doctoral thesis on the creation of a micro-hydroelectric unit with a reactive hydroaggregate for agricultural consumers. Andijan branch of Tashkent State Agrarian University, Tashkent, 2020. p.p. 51-52
24. Ergashev S. F., Aliyev R.U., Bozarov O.O., Usarov KH. S., Efficiency of a nozzle jet hydroturbine with internal direction device, 8th - International Conference on Research in Humanities, Applied Sciences and Education Hosted from Berlin, Germany <https://conferencea.org> Dec. 30th 2022, pp.72-76.
25. Bekbaev A.B., Esyrev P.G., Munsyzbay T. M., Tolemís M. T. Kadırbay Q., Ābdīsh N., hydro turbine "ĀLEMSAQ", Republic of Kazakhstan KZ (13) A4 (11) 25685, (51) F03B 7/00 (2011.01)
26. Semenov V.V. Pryamotochnye hydroaggregate vysokoyi sverx vysokoy bystrokhodnosti, M - L. Gosenergoizdat, №3, 1959. p.p.231
27. Aliev R.U. O. Bozarov, Reactive hydraulic turbine with power up to 100 kw on the basis of loval snip//Intern. Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 12,December 2018, p.p 7446-7451
28. Bazarov O. O, Usarov Kh. S. Begmatov E. M., Vzaimosvyaz mejdu parameterami rabochego kolesa s napravlyayushchim apparatom soplovoy reaktivnoy hydroturbiny /"The role of alternative energy sources in the development of the energy industry" Republican scientific-practical conference. Namangan city, April 28-29, 2022. p.p.138-143.
29. Bozorov O.O., Nosirov I.Z. Micro hydroelectric power station with reactive hydraulic turbine. /"Science and high school and innovation data". Ufa: Omega senses. 2018, p.p. 38-42.