



ЎЗГАРУВЧАН СУВ ОҚИМЛАРИДА ГИДРОТУРБИНАНИНГ КОНСТРУКТИВ ЎЛЧАМЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

О.З. Тоиров, А.А. Абдуллаев

Тошкент давлат техника университети

Аннотация: мақолада насос агрегатларидан чиқувчи ва корхоналардаги технологик қурилмаларни совутишида қўлланиладиган сув оқимлари учун янги турдаги такомиллаштирилган вертикал ўқли гидроэнергетик қурилманинг ўзгарувчан сув оқимларида самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган. Гидротурбина парракларига кирувчи β_1 ва ундан чиқувчи β_2 сув оқимининг паррак билан таъсирлашиш бурчаклари, парракларнинг оптимал қиялик бурчагини θ аниқлаш услубиёти келтирилган. Математик моделлаштиришда Matlab/Simulink тизимидан фойдаланаилган. Сув босими 1...5 м ва гидротурбина қувватлари 5...25 кВт ўзгартирилган ҳол учун сув сарфи ва парракларга кирувчи сув оқимининг паррак билан таъсирлашиш бурчаги қийматлари аниқланган. Ушбу гидроэнергетик қурилмадан фойдаланиб автоном ёки корхоналарнинг кичик қувватли истеъмолчиларини узлуксиз электр энергияси билан таъминлаш имконияти мавжудлиги асосланган.

Калит сўзлар: Каплан гидротурбинаси, сув сарфи, сув оқимининг тезлиги, Matlab/Simulink тизими, турбина айланиш тезлиги, парракларга сув оқимининг кириш ва чиқиш бурчаклари.

Сўнгги йилларда бутун жаҳонда давом этаётган энергетика инқирози шароитида янада кўпроқ энергия ресурсларини ўзлаштиришга ва энергиядан самарали фойдаланишга барча давлатларда алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу эса электр энергиясини ишлаб чиқаришни ошириш мақсадида давлат дастурларини ишлаб чиқишни ва уларни жорий этиш бўйича илмий ва амалий ишларни ривожлантиришга сабаб бўлмоқда. Бундай шароитда, юқоридаги



муаммоларнинг асосий ечими қайта тикланувчи энергия манбаларида ишлайдиган энергия қурилмалари, хусусан, қуёш, шамол ва гидроэлектр станцияларини барпо этиш ва самарадорлигини оширишга катта эътибор берилмоқда. Ҳозирда дунёда қуёш ва шамол электр станцияларининг энергетик кўрсаткичларининг пастлиги ва катта қувватли гидроэлектр станция(ГЭС)лар қуриш учун энергетик ресурсларнинг асосий қисми ўзлаштирилганлиги сабабли бундай объектларнинг қурилишини чеклайди. Бу ҳолда кичик қувватли гидроэлектр станцияларни ишлаб чиқиш ва уларнинг самарадорлигини ошириш зарур [1].

Ўзбекистонда ҳам гидроэнергетика соҳасини ислоҳ қилиш бўйича қатор чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2023-2030 йиллар оралиғида республикада гидроэнергетика умумий қувватини 4999 МВтга етказиш режалаштирилган. Жумладан, “Ўзбекгидроэнерго” АЖ ва хусусий инвесторлар иштирокида Сурхондарё, Фарғона, Қашқадарё ва Тошкент вилоятларида лойиҳавий қиймати 328,8 млрд АҚШ доллари ва умумий қуввати 143,6 МВт бўлган кичик ва микро ГЭСларни қуриш орқали 2030 йилга қадар қўшимча 748,9 млн кВт·соат электр энергиясини ишлаб чиқариш режалаштирилган [2].

Ўзгарувчан сув оқимларида ишлайдиган микро гидроэнергетик қурилмаларни яратиш ва самарадорлигини ошириш бўйича бир қатор илмий-техник тадқиқотлар ўтказилаётганига қарамай малакатимизнинг жанубий-ғарбий ҳудудларида ўзгарувчан сув оқимларига мослаштирилган вертикал ўқли гидроэнергетик қурилмаларни моделлаштириш ва сув ғилдираги паррақларининг сув оқими билан таъсирлашиш кучларини камайтиришда уларнинг оптимал қиялик бурчагини аниқлаш ва қурилманинг самарадорлигини ошириш бўйича илмий тадқиқотлар етарлича амалга оширилмаган.

Соҳа мутахассис олимлари томонидан микро гидроэнергетик қурилмаларни ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда.



Ўзгарувчан сув оқимларга ишлайдиган гидроэнергетик қурилма маълум бўлиб, унинг ишлаш принципи қуйидагича: қурилманинг корпусига жойлаштирилган йўналтирувчи қўзғалмас паррақлар сув оқимини бир текисда битта қўзғалмас валга бириктирилган сув оқими таъсирида айланиш имконига эга бўлган иккита пропеллер типли гидротурбиналарга узатиб беради. Ўз навбатида, қурилманинг юқори қисмидаги айланувчи сув ғилдирагининг ташқи қисмида ўрнатилган механик узатмалар орқали электр генераторнинг роторига механик энергия узатилади. Қурилмада йўналтирувчи қўзғалмас паррақлар ва иккита сув ғилдирагини қўлланилиши эвазига ишлаш самарадорлиги сезиларли даражада оширилган. Ушбу қурилманинг камчиликлари конструкцияси

у Вертикал сув оқимлари учун гидроэнергетик қурилма маълум бўлиб, у йўналтирувчи аппарат, савониус типли гидротурбина ва электр генератордан ташкил топган. Ушбу маълум гидроэнергетик қурилманинг айланувчи сув ғилдираги генераторнинг роторига тўғридан-тўғри боғланади. Бу гидроэнергетик қурилманинг камчиликлари сув ғилдираги паррақларининг сув билан таъсирлашишда қаршилик кучлари юқорилиги ва паст босимли сув

қ Сув қувурлардаги паст босимли оқимлардан фойдаланиб электр энергиясини олиш учун вертикал ўрнатилган гидроэнергетик қурилма маълум бўлиб, ушбу қурилманинг ишлаш принципи қуйидагича: қурилмада паррақлари пропеллер типли сув ғилдираги ўрнатилган айланиш имконига эга бўлган валга подшипниклар орқали қувурга бириктирилувчи қўзғалмас мосламалар маҳкамланган бўлиб, ушбу вал занжирли узатмалар орқали механик энергияни электр генераторнинг роторига узатиб беради. Гидроэнергетик қурилманинг камчиликлари: қувурдаги сув оқимини паррақларга йўналтирувчи аппаратнинг мавжуд эмаслиги, паст босимли сув оқимида ишлаш самарадорлиги ва сув оқими сарфи ўзгарганда электр

Тадқиқотнинг мақсади: ўзгарувчан сув оқимларида пропеллер типли гидротурбина парраklarининг оптимал қиялик бурчагини аниқлаш орқали самарадорлигини оширишдан иборат.



а)

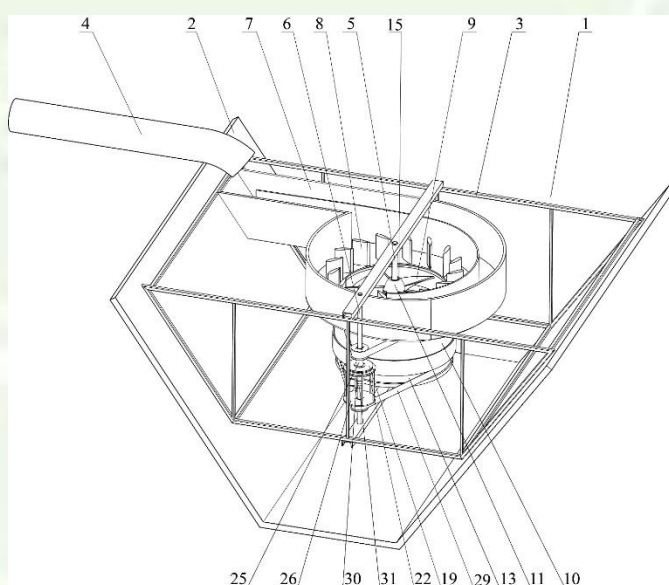


б)

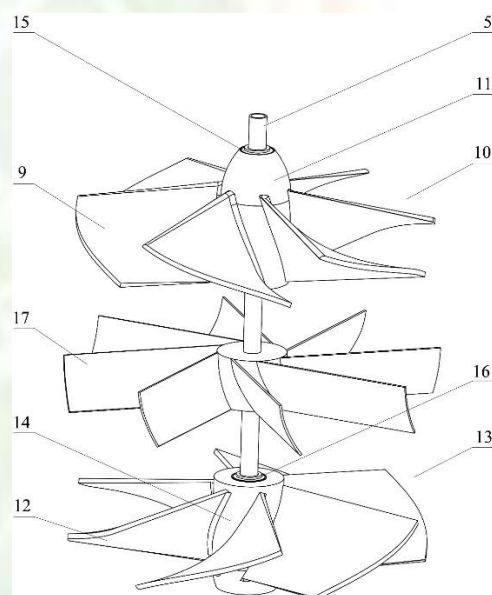
1-расм. Ўзгарувчан сув оқими манбалари (а) “Бухоро чорва омад” фермер хўжалигидаги насос агрегати, б) Бухоро вилоятидаги Қоровулбозор нефтни қайта ишлаш заводида технологик қурилмаларни совутишда фойдаланиладиган насос агрегати)

Таклиф қилинган гидроэнергетик қурилма қўйидаги тартибда ишлайди: канал 2 сув оқимлари устида метал профиллардан таркиб топган рама 3 маҳкамланган бўлиб, сув оқими қувур 4 орқали рама 3 га қўзғалмас вал 5 орқали ўрнатилган вертикал ўқли гидроэнергетик қурилма 1 га узатилади. Сув оқими айланма ҳаракатланувчи махсус ҳавза 7 га сув оқимини йўналтирувчи аппарат 8 ўрнатилган бўлиб, биринчи сув ғилдираги 10 га сув оқимини бир текисда узатилиши натижасида, сув ғилдираги 10 соат стрелкаси йўналиши бўйлаб барқарор айланма ҳаракат қилишни бошлайди, биринчи сув ғилдираги 10 остида ва иккинчи сув ғилдираги 13 устида ҳамда қўзғалмас вал 5 да сув оқимини бир текис йўналтирувчи қўзғалмас аппарат 17 ўрнатилган бўлиб, иккинчи сув ғилдираги 13 га сув оқимини бир текисда узатилиши натижасида, иккинчи сув ғилдираги 13 соат стрелкаси

йўналишига тескари барқарор айланма ҳаракат қилишни бошлайди. Биринчи сув ғилдираги 10 метал диск 26 ва втулка 27 лар орқали бириктирилган магнитоэлектрик аксиал электр генератор 24 нинг якори 22 га ва иккинчи сув ғилдираги 13 фланц бирикма 25 орқали бириктирилган магнитоэлектрик аксиал электр генератор 24 нинг индуктор 19,20 ларига тасмали узатмалар 28,29 орқали механик ҳаракат узатилади. Қўзғалмас вал 6 да ўрнатилган якори 22 мис чулғамлар 23 дан, индуктор 19,20 лари доимий магнитлар 21 дан таркиб топган магнитоэлектрик аксиал электр генератор 24 дан уч фазали ўзгарувчан электр энергияси чўтка 30 ва коллектор 31 лардан олинади. Бунда магнитоэлектрик аксиал электр генератор 24 якори 22 ва индуктор 19,20 лари бир-бирига нисбатан тескари айланиши натижасида кичик айланиш тезликларида юқори электромагнит қувват олинади. Ишлаб чиқилган ушбу қурилмага Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк маркази томонидан ихтирога патент олинган (IAP 20230169). 2-расмда гидроэнергетик қурилманинг умумий кўриниши (а) сув ғилдираги парраклари ва сув оқими бир текис йўналтирувчи қўзғалмас аппаратнинг аксонометрик проекцияси (б) келтирилган.



а)



б)

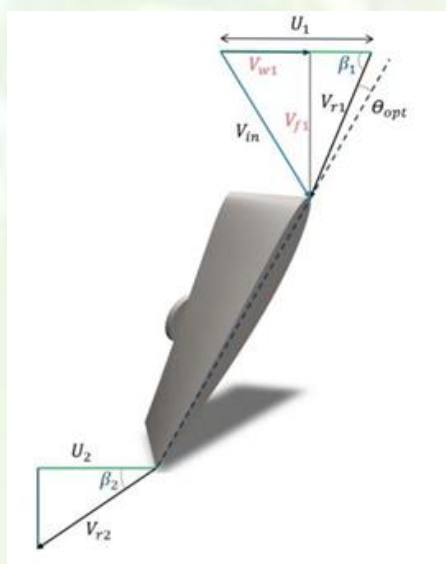
2-расм. Гидроэнергетик қурилманинг умумий кўриниши (а) сув ғилдираги парраклари ва сув оқимини бир текис йўналтирувчи қўзғалмас аппаратнинг аксонометрик проекцияси (б)

С

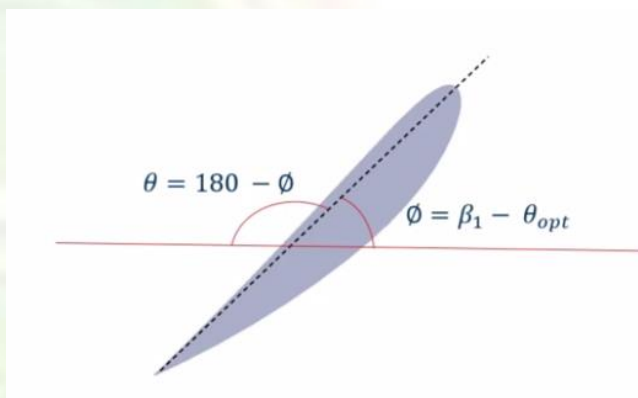
$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (1)$$

бу ерда: η – турбинанинг фойдали иш коэффициенти; ρ – сувнинг зичлиги, кг/м^3 ; g – эркин тушиш тезланиши, м/с^2 ; Q – сув оқимининг сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$; H – сув напори, м.

3-расмда парракнинг тезлик диаграммаси (а) ва вертикал қирқими (б) келтирилган. Бунда парракларни оптимал ўрнатилиш бурчаги сув оқими босимининг ўзгаришига боғлиқ экан.



а)



б)

3-расм. Парракнинг тезлик диаграммаси (а), парракнинг вертикал қирқими (б)

Т

$$N_S = \frac{885,5}{H^{0,25}} = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (2)$$

бу ерда: N – турбинанинг айланма тезлиги, айл/мин.

(2) ифодадан турбинанинг айланма тезлигини аниқлаймиз [9]:

$$N = \frac{N_S \cdot H^{5/4}}{\sqrt{P}} \quad (3)$$



Сув ғилдиракларининг диаметри [10]

$$D_{run} = \frac{84,5 \cdot \emptyset \cdot \sqrt{H}}{N} \quad (4)$$

бу ерда: $\emptyset = 0,0242 N_s^{2/3}$ – парракнинг қиялик бурчаги.

Втулканинг диаметри

$$d_{hub} = m \cdot D_{run} \quad (5)$$

бу ерда: m – диаметрлараро боғлиқлик бўлиб, сув оқимининг босимиға боғлиқ ҳолда аниқланади.

Сув оқимининг сарфи

$$Q = \frac{\pi}{4} (D_{run}^2 - d_{hub}^2) \cdot V_{f1} \quad (6)$$

бу ерда: V_{f1} – сув оқимининг тезлиги, м/с.

(6) ифодадан сув оқимининг тезлигини аниқлаймиз:

$$V_{f1} = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} (D_{run}^2 - d_{hub}^2)} \quad (7)$$

бу ерда: S – сув оқимининг юзаси, м².

Сув оқимининг айланма тезлиги [11]

$$V_{w1} = \frac{P}{\rho \cdot Q \cdot U_{avg}} \quad (8)$$

Гидротурбина парракларининг тангенсиал тезлиги

$$U_{avg} = \frac{\pi \cdot D_{avg} \cdot N}{60} \quad (9)$$

бу ерда: D_{avg} – парракнинг диаметри, м.

Парракларга сув оқимининг кириш бурчаги [12]

$$\beta_1 = \arctg \frac{V_{f1}}{U_1 - V_{w1}} \quad (10)$$

Парраклардан сув оқимининг чиқиш бурчаги

$$\beta_2 = \arctg \frac{V_{f2}}{U_2} = \arctg \frac{V_{f1}}{U_1} \quad (11)$$

Парраклар оралиғидаги масофа

$$t' = \frac{\pi \cdot D_i}{Z} \quad (12)$$

бу ерда: Z – сув ғилдирагидаги парраклар сони бўлиб, сув оқимининг босими ва диаметрлараро боғлиқликка асосан аниқланади.

Парракнинг ташқи қисмининг узунлиги

$$c_{out} = 0,75 \cdot t' \quad (13)$$

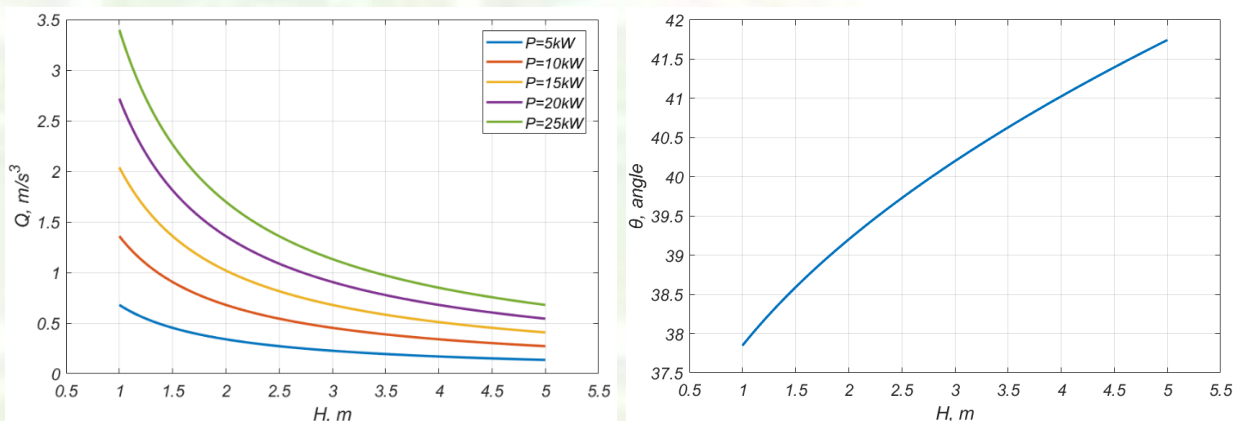
Парракнинг ички қисмининг узунлиги

$$c_{in} = 1,3 \cdot t' \quad (14)$$

Парракнинг оптимал қиялик бурчаги

$$\theta_{opt} = \beta_1 - \emptyset \quad (15)$$

4-расмда сув оқими босимини ўзгаришининг сув сарфига (а) ва парракларга сув оқимининг кириш бурчагига (б) боғлиқлик эгри чизиқлари келтирилган. Бунда сув оқимининг чикувчи қувватлари мос равишда 5...25 кВт учун ҳисоблашлар бажарилган. Демак сув босими ўзгарганда парракдан сув оқимининг чиқиш бурчаги ўзгаришини кўришимиз мумкин.



4-расм. Сув оқими босимини ўзгаришининг сув сарфига (а) ва парракларга сув оқимининг кириш бурчагига (б) боғлиқлик эгри чизиқлари

Хулоса: Насос агрегатларидан чикувчи ва корхоналардаги технологик қурилмаларни совутишда қўлланиладиган сув оқимлари учун такомиллаштирилган вертикал ўқли гидроэнергетик қурилманинг ўзгарувчан сув сарфи ва босимида самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар таҳлил қилинди. Гидротурбина парракларига кирувчи β_1 ва ундан чикувчи β_2 сув оқимининг паррак билан таъсирлашиш бурчаклари, парракларнинг оптимал қиялик бурчагини θ аниқлаш услубиёти ишлаб чиқилди. Сув босими 1...5 м ва гидротурбина қувватлари 5...25 кВт ўзгартирилган ҳол учун сув сарфи



0.6...3.45 м/с³ ва парракларга кировчи сув оқимининг паррак билан таъсирлашиш бурчаклари 38⁰...42⁰ қийматлари топилди. Ушбу гидроэнергетик қурилмадан фойдаланиб автоном ёки корхонанинг кичик қувватли истеъмолчиларини узлуксиз электр энергияси билан таъминлаш имконияти мавжудлиги аниқланди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Dariusz Borkowski, Marek Majdak. Small Hydropower Plants with Variable Speed Operation-An Optimal Operation Curve Determination. *Energies* 2020, 13, 6230; doi:10.3390/en13236230.
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 30 мартдаги ПҚ-104-сон қарори [<https://lex.uz/uz/docs/6420310#6420486>]
3. [https://patents.google.com/patent/ KR101256823B1](https://patents.google.com/patent/KR101256823B1)
4. <https://patents.google.com/patent/KR101325261B1>
5. <https://patents.google.com/patent/US20220074381A1>
6. R.A. Mamedov, N.N. Sadullaev, G.N. Uzakov, K.A. Davlonov, A.B. Safarov. Experimental Study of a Micro-Hydro Power Plant Adapted to LowPressure Water Courses. *Eurasian Journal of Engineering and Technology* 2022, 12, 62-68
7. O. Paish. Small hydro power: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 6, Issue 6, December 2002, Pages 537-556
8. Ch. Abeykoon. Modelling and optimisation of a Kaplan turbine — A comprehensive theoretical and CFD study. *Cleaner Energy Systems* 3 (2022) 100017
9. A. Morabito, P. Hendrick. Pump as turbine applied to micro-energy storage and smart water grids: a case study. *Appl. Energy*, 241 (2019), pp. 567-579
10. M.A.E.A.E. Nawar. Hydro power plant technology. Report by Helwan University, Egypt (2016)
11. A. Sedmaka, M. Arsićb, N. Milovanovićc, M. Opačićc, B. Đorđevićc. Structural Integrity Analysis of a Kaplan Turbine Cover. *Procedia Struct. Integr.*, 37 (2022), pp. 263-268



12. Y. Wu, S. Liu, H. Dou, S. Wu, T. Chen. Numerical prediction and similarity study of pressure fluctuation in a prototype Kaplan turbine and the model turbine. Comput. Fluids, 56 (2012), pp. 128-142