

**VERTIKAL O'QLI SHAMOL ENERGETIK QURILMALARNING  
AERODINAMIK SIRTLARI HAMDA ULARGA TA'SIR  
KO'RSATUVCHI KATTALIKLAR**

*Majidov Salim Sodiqovich*

*Buxoro viloyati, Vobkent tumani 2-son texnikum maxsus fan o'qituvchisi*

*Buxoro davlat texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi*

**ANNOTATSIYA**

Mazkur maqolada vertikal o'qli shamol energetik qurilmalarining aerodinamik sirtlari, ularning ishlash prinsipi hamda samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy fizik kattaliklar tahlil qilinadi. Shuningdek, qurilmalarning konstruktiv xususiyatlari va aerodinamik samaradorligini oshirish yo'llari ko'rib chiqiladi.

**Kalit so'zlar:** shamol energetikasi, vertikal o'qli turbina, aerodinamika, sirt, tezlik, bosim, koeffitsiyent

**KIRISH**

Vertikal o'qli shamol energetik qurilmalari (VOShEQ) parraklari maxsus aerodinamik profillarga ega bo'lib, ular shamol oqimi energiyasini maksimal darajada o'zlashtirish uchun mo'ljallangan. Amaliyotda NACA 0012, NACA 0015, NACA 0018, NACA 4412 kabi simmetrik va nosimmetrik profillar keng qo'llaniladi. Xususan, NACA 0015 profili yaxshi aerodinamik xususiyatlari tufayli yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.

VOShEQning asosiy turlari quyidagilardan iborat:

Darrieus rotorlari — ko'taruvchi kuch (lift) asosida ishlaydi va yuqori samaradorlikka ega.

Savonius rotorlari — qarshilik kuchi (drag) asosida ishlaydi, past shamol tezliklarida samarali hisoblanadi.

Gibrid va modifikatsiyalangan konstruksiyalar — boshlang'ich aylanish momentini oshirish va umumiy samaradorlikni yaxshilashga xizmat qiladi.

Aerodinamik sirtlarga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy kattaliklar

VOShEQ samaradorligi bir qator aerodinamik va geometrik omillarga bog'liq:

Shamol tezligi ( $V$ )

Qurilmaning asosiy energiya manbai bo'lib, energiya miqdori shamol tezligining kubiga proporsional ravishda ortadi.

Hujum burchagi ( $\alpha$ )

Shamol oqimining parrak profiliga nisbatan burchagi bo'lib, ko'taruvchi kuch va qarshilik kuchiga bevosita ta'sir qiladi.

Nisbiy aylanish tezligi ( $\lambda$  — Tip Speed Ratio)

Parrak uchining chiziqli tezligining shamol tezligiga nisbati:

Reynolds soni ( $Re$ )

Oqimdagi inertsia va yopishqoqlik kuchlari nisbatini ifodalaydi:

Geometrik parametrlar

Parraklar soni

Parrak uzunligi (radius,  $R$ )

Xorda uzunligi ( $c$ )

Rotor balandligi

Samaradorlikni oshirish yo'llari

VOShEQ samaradorligini oshirish uchun quyidagi yondashuvlar qo'llaniladi:

Aerodinamik profillarni optimallashtirish

Kompozit materiallardan foydalanish (yengil va mustahkam)

Parrak shaklini modifikatsiya qilish

Gibrid (Darrieus + Savonius) tizimlardan foydalanish

Vertikal o'qli shamol energetik qurilmalari (VAWT – Vertical Axis Wind Turbine) so'nggi yillarda muqobil energiya manbai sifatida keng qo'llanilmoqda. Ushbu qurilmalar shamol yo'nalishiga bog'liq bo'lmagan holda ishlashi, konstruktsiyasining soddaligi va xizmat ko'rsatish qulayligi bilan ajralib turadi.

Vertikal o'qli turbinalarning asosiy ishchi qismi — bu aerodinamik sirtlar, ya'ni pichoqlar (loplastlar) hisoblanadi. Ushbu sirtlar shamol oqimi bilan o'zaro

ta'sirlashib, kinetik energiyani mexanik energiyaga aylantiradi. Aerodinamik sirtlarning shakli, o'lchami va joylashuvi qurilmaning samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Aerodinamik nuqtai nazardan qaraganda, shamol oqimi pichoqlar yuzasiga urilganda bosim farqi hosil bo'ladi. Bu farq natijasida ko'taruvchi kuch (lift) va qarshilik kuchi (drag) yuzaga keladi. Aynan shu kuchlar turbina aylanishini ta'minlaydi.

Vertikal o'qli shamol qurilmalariga ta'sir etuvchi asosiy kattaliklar quyidagilardan iborat:

— Shamol tezligi – eng muhim omil bo'lib, energiya ishlab chiqarish miqdorini belgilaydi. Shamol tezligi oshgani sari ishlab chiqariladigan energiya ham ortadi.

— Havo zichligi – atmosfera sharoitiga bog'liq bo'lib, energiya hosil bo'lishiga ta'sir qiladi.

— Aerodinamik koeffitsiyentlar – pichoqlarning shakliga bog'liq holda lift va drag kuchlarini aniqlaydi.

— Pichoqlar uzunligi va shakli – qancha optimal bo'lsa, qurilma samaradorligi shuncha yuqori bo'ladi.

— Aylanish tezligi – turbina tez aylanganda energiya ishlab chiqarish samaradorligi ortadi, ammo haddan tashqari tezlik mexanik yo'qotishlarga olib kelishi mumkin.

— Tip tezlik nisbati (TSR) – turbina uchining tezligi bilan shamol tezligi o'rtasidagi nisbat bo'lib, optimal qiymatda maksimal samaradorlikka erishiladi.

Vertikal o'qli turbinalarning ikki asosiy turi mavjud: Savonius va Darrieus. Savonius turi oddiy va ishonchli bo'lsa-da, samaradorligi pastroq. Darrieus turbinalari esa yuqori samaradorlikka ega, ammo konstruksiyasi murakkabroq.

Aerodinamik sirtlarni optimallashtirish orqali qurilmaning foydali ish koeffitsiyentini oshirish mumkin. Buning uchun zamonaviy hisoblash usullari, modellashtirish va tajriba natijalaridan foydalaniladi.

Rivojlangan mamlakatlarda olimlar tomonidan taklif etilayotgan

aerodinamik sirtlar ta'sir etuvchi parametrlari bilan farqlanadi. Aerodinamika prinsiplariga ko'ra aerodinamik sirtga to'rt xil kuch ta'sir ko'rsatadi hamda bu kuchlarning ta'siri natijasida samolyotlar havoga ko'tarilib harakatlanadi. Dunyo miqyosida energetika resurslariga bo'lgan talab tobora ortib bormoqda. Shu bilan birga, an'anaviy energiya manbalarining kamayib borishi va ularning atrof-muhitga salbiy ta'siri sababli qayta tiklanuvchi energiya manbalariga qiziqish ortmoqda. Shunday manbalardan biri - shamol energiyasidir. Shamol energetikasi nafaqat ekologik toza energiya yechimini, balki energetik mustaqillik va xavfsizlikni ham ta'minlash imkonini beradi.

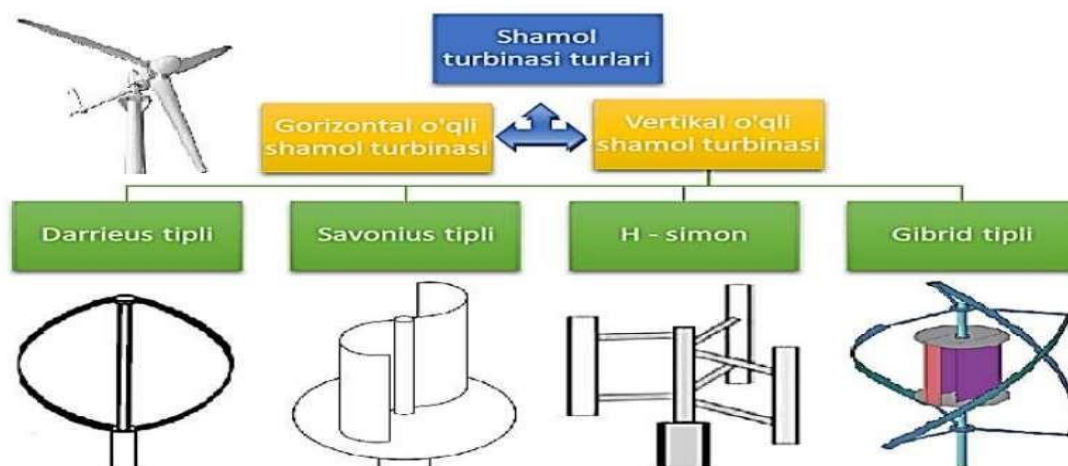
Shamol turbinalari asosan ikki turga — gorizontal va vertikal o'qli generatorlarga bo'linadi. Odatda, gorizontal o'qli turbinalar katta maydonlarda, shamol yo'nalishi doimiy va baland bo'lgan hududlarda qo'llaniladi. Vertikal o'qli turbinalar esa kichik maydonlarda, shahar muhitida va noaniq yoki tez o'zgaradigan shamol yo'nalishlarida samarali hisoblanadi. Ularning asosiy afzalliklari — konstruksiyaning soddaligi, texnik xizmat ko'rsatish osonligi va turli geografik sharoitlarda ishlay olishi hisoblanadi. Vertikal o'qli shamol generatorlarining turlari ko'p bo'lib, ularning har biri muayyan sharoitga mos keladi. Dar'ye turbinasining samaradorligi yuqori, chunki u yuqori aylanish tezligiga ega. Savonius turbinasining esa past tezlikda ham ishlash imkoniyati bor, lekin nisbatan kamroq energiya ishlab chiqaradi. Shuningdek, gibrid turdagi turbinalar ham rivojlantirilmoqda, ular ikki texnologiyani birlashtirib, umumiy samaradorlikni oshirishga qaratilgan. O'zbekiston sharoitida, ayniqsa vodiy hududlari va tog' yonbag'irlari shamol energiyasidan samarali foydalanish uchun juda qulay hisoblanadi. Biroq, mahalliy iqlim sharoiti, shamol yo'nalishining o'zgaruvchanligi va qurilish materiallariga bo'lgan talab vertikal o'qli turbinalarning konstruksiyasini qayta ko'rib chiqishni talab etadi. Mahalliy muhandislik imkoniyatlaridan kelib chiqib, engil, arzon va samarali konstruksiyalarni ishlab chiqish ustuvor vazifa bo'lib qolmoqda. Shu maqsadda, mazkur maqolada vertikal o'qli shamol generatorlarining turli konstruksiyalari tahlil qilinadi, zamonaviy CFD modellashtirish metodlari orqali energiya

samaradorligi baholanadi va innovatsion gibril turbinalar asosida yangi yechimlar taklif etiladi. Bu ish nafaqat ilm-fan uchun, balki amaliyotdagi loyihalar uchun ham muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

### Klassik shamol turbinolari turlari

#### Vertikal o'qli shamol turbinasi konstruksiyalari

Vertikal o'qli shamol turbinasi (VShT) konstruksiyasi shamol oqimining yo'nalishidan qat'i nazar ishlay olish xususiyati bilan gorizontil o'qli turbinlardan farq qiladi. Bu ularni arxitekturasi zich qurilgan shahar muhitlarida, past shamol tezligi va turbulent oqimlarga ega hududlarda qo'llashda alohida ustunlikka ega qiladi. Turbinalarining turli geometriyalari va aeroquvvat



mexanizmlari ularning texnik ko'rsatkichlariga katta ta'sir ko'rsatadi.

Dar'ye turbinasining modeli (Darrieus-type VAWT) Dar'ye turbinasida simmetrik aerofoil profiliga ega 2 yoki 3 ta qanot bo'lib, markaziy vertikal o'q atrofida aylanadi. Uning asosiy ishlash mexanizmi — qanotlarga ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuch (lift force). CFD (Computational Fluid Dynamics) tadqiqotlariga asoslanib, bu turbinaning samaradorligi ( $C_p$ ) 0.38–0.45 bo'lishi mumkin. Dar'ye turbinasining bir qancha afzallik va kamchiliklari mavjud, misol uchun: yuqori aerodinamik samaradrolig ( $\sim 0.4$ ), moslashuvchanlik va yuklama balansini yaxshilanganligi va yana boshqalar. Uning kamchiliklariga kelsak aylanishni boshlashda tashqi impuls talab etadi, past tezlikdagi shamollarda samaradorlik kamayadi.

Savonius turbinasining modeli (Savonius-type VAWT) Savonius turbinasida odatda ikki yarim silindrik qanot bo'ladi. U shamol oqimiga qarshilik kuchidan foydalanishga mo'ljallangan. Mustaqil ravishda aylanishni boshlashi mumkin, ammo samaradorligi nisbatan past — 0.20–0.25 atrofida bo'ladi. Xuddi dar'ye turbinasi kabi savoniusning ham o'ziga yarasha afzallik va kamchilik tomonlari bor. Savonius soddaligi, texnik xizmat ko'rsatishning osonligi va past tezlikda ham ishlash qobiliyati mavjudligi bilan boshqalariga qaraganda ajralib turadi. Shu bilan birga kam energiya ishlab chiqarishi hamda katta hajmli konstruksiyaga ega bo'lishi uning kamchiligidir. Gibridd turbina konstruksiyalari Gibridd modellarda Savonius va Dar'ye turbinalarining afzalliklari birlashtirilgan. Markaziy o'qda Savonius, tashqi qismida esa Dar'ye qanotlari o'rnatiladi. Aylanish boshlanishida Savonius, keyin esa Dar'ye qanotlari ishga tushadi. Shamol tezligi 6–10 m/s bo'lgan holatlarda  $C_p \approx 0.30–0.38$  samaradorlikka erishiladi.

Ko'p sonli simulyatsiyalar va tajriba natijalariga ko'ra, gibridd turbinlar shamol tezligi 6–10 m/s bo'lgan sharoitda  $C_p \approx 0.30–0.38$  oraliqda samaradorlik namoyon etadi. Bu ko'rsatkich oddiy Savonius turbinalardan 25–40% yuqori bo'lishi mumkin. Bunday turbinlar o'zgaruvchan shamol sharoitiga ega hududlarda optimal hisoblanadi. Samaradorlikni oshirishda bir qancha omillarga e'tibor qaratish o'rinli bo'ladi. Ularning bir nechtasini ko'rib chiqamiz, qanot geometriyasi – qanot profile, uzunligi, egri burchagi aerodinamik kuchlarga ta'sir qiladi, material tanlovi – yengil, chidamli va atmosfera te'siriga bardoshli materiallar samaradorlikni oshiradi, gibridd konstruksiyalar – bir nechta turbine turlarining birlashuvi umumiy ishlab chiqarishni oshirib beradi.

Yangi konstruksiya taklif qilish mumkin bo'lsa albatta gibridd turbinani taytish mumkin, sababi savonius markazda joylashgan past tezlikda harakat qilsa, dar'ye tashqi qismda yuqori tezlikda harakatlanadi, shu sababli bu konstruksiya oddiy dar'ye turbinasiga nisbatan 12-15% samaraliroq bo'ladi. Xulosa qilib shuni aytish joizki, vertikal o'qli shamol generatorlarini takomillashtirish orqali ularning mahalliy iqlim sharoitidagi ishlash faoliyatini yaxshilash mumkin. Har

bir turbina geometriyasi atrof-muhitga mos holda tanlanishi kerak. Gibrid konstruksiyalar, zamonaviy materiallar samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi.

### **XULOSA**

Xulosa qilib aytganda, vertikal o'qli shamol energetik qurilmalarining samaradorligi ko'p jihatdan ularning aerodinamik sirtlari va ularga ta'sir etuvchi fizik kattaliklarga bog'liq. Ushbu omillarni chuqur o'rganish va optimallashtirish orqali energiya ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin.

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:**

1. Paraschivoiu, I. (2002). *Wind Turbine Design: With Emphasis on Darrieus Concept*. Presses Inter Polytechnique.
2. ISBN:9782553009318
3. Ammar, N.R., et al. (2020). *A review on hybrid vertical axis wind turbine configurations*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110058. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110058
4. Гибрид турбиналарнинг конструкция ечимлари, уларнинг CFD таҳлиллари ва уларнинг энергия самарадорлиги ҳақида тўлиқ маълумот беради.
5. Нурметов А.А. (2021). *Шамол энергетикаси асослари*. Тошкент: O'zbekiston Milliy Ensiklopediyasi.
6. Ziyonet