

VERTIKAL O'QLI SHAMOL TURBINALARIDAN FOYDALANISH

Xudaykulov Rashidbek Mansurjonovich

Toshkent davlat Transport universiteti, professori.

Email: Rashidbek_19_87@mail.ru

Umarov Asqar Axror o'g'li

Toshkent davlat Transport universiteti 1-bosqich talabasi.

Email: umarovasqar00@gmail.com

Annotation: *In this scientific article, we present a simplified explanation of the operating principle of a new type of vertical-axis wind turbine, based on the historical development of such systems. We outline a roadmap for how wind energy can be harnessed using vertical axes. The article explains which materials are suitable for the blades and other components of vertical-axis wind turbines. We also compare vertical-axis wind turbines with horizontal-axis wind turbines, confirming that these two renewable energy sources are not competitors but complementary. Finally, we scientifically justify which specific type of this innovative energy source is most suitable for use along roadways.*

Keywords: *Energy, turbine, generator, fiberglass, aerodynamics, battery, vertical axis, stator, aluminum*

Annotatsiya: *Biz ushbu ilmiy maqolada vertikal o'qli shamol turbinalarining tarixidan kelib chiqib yangicha turdagi shamol turbinalarining ishlash printsipini sodda tilda tushuntirib, shamoldan vertikal o'qlar orqali qanday energiya chiqarish mumkinligini yo'l xaritasini tuzdik. Vertikal o'qli shamol turbinalarining parraklariga va boshqa qismlariga qanday materiallardan foydalanish kerakligini izohladik. Vertikal o'qli shamol turbinalari bilan gorizonal o'qli shamol turbinalarini bir biridan farqini va bu energiya resurslari bir biriga raqobatdosh emasligiga yana bir bor ishonch hosil qildik. Yakunda esa bu turdagi innovatsion energiya resurslarini avtomobil yo'llarida aynan qaysi turidan foydalanish kerakligini ilmiy asosladik.*

Kalit so'zlar: *Energiya, turbina, generator, shisha tola, aerodinamika, akkumulyator, vertikal o'q, stator, aluminiy*

KIRISH

Elektron qurilmalar tobora ommalashib borar ekan, energiyaga bo'lgan ehtiyojimiz ham ortib bormoqda. Bundan tashqari atrof muhitni xavfsizligi va ekologik muammolarni bartaraf etish maqsadida "yashil energiya" (qayta tiklanuvchi energiya manbalari)ga o'tish bo'yicha global ishlar amalga oshirilmoqda. Bu to'g'risida O'zbekiston Respublikasida ham bir qator ishlar amalga oshirilmoqda. Xususan Prezidentimizning 02.12.2022 yildagi PQ-436-sonli qarorlarida 2019-2030-yillardagi "yashil iqtisodiyot"ga o'tish strategiyasida ham "yashil energetika"ga katta e'tibor qaratilgan.

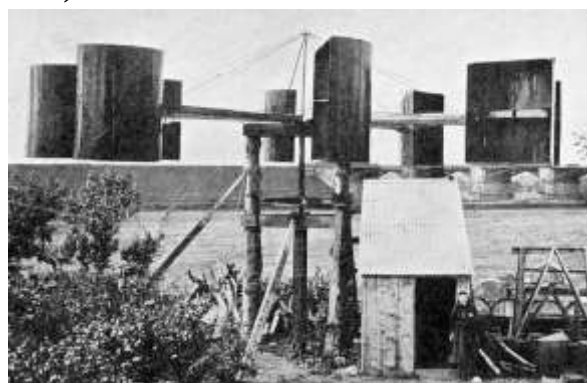
Respublikamiz hududi oxirgi ikki yillikda jahonning eng havosi iflos mamlakatlari ichida top 10 talikka kirishga ulgurdi. O'zbekiston hududida havoning ifloslanishiga eng katta ta'sir ko'rsatadigan tarmoqlar avtomobil sanoati (40%), energetika sanoati (20%) bular bizga

quyidagi mavzuni yoritishda eng ko'p kerak bo'ladigan tarmoqlardir. [1] Avtomobil sanoatidan chiqadigan zararli moddalar miqdorini kamaytirish maqsadida elektromobillar o'ylab topilgan, ularga esa elektr energiya kerak. Biz esa hech bo'lmaganda avtomobil va energetika sanoatidan chiqadigan zararli gazlar foizini qisqartirish uchun "yashil energetika" (qayta tiklanuvchi energiya manbalari) ga bosqichma-bosqich o'tishimiz kerak. Bu uchun esa nafaqat jahonda, balki mamlakatimizda ham bir qancha innovatsion texnologiyalarni qo'llab, yangicha usullarda energiya manbalarini yaratish tizimlari haqida bosh qotirish kerak. Bizning olib borgan izlanishlarimiz natijasida haligacha O'zbekistonda qo'llanilmagan innovatsion energiya resursi, ya'ni avtomagistral yo'llarda mashinalar tezlikda harakatlanganda hosil bo'lgan shamoldan vertikal o'qli shamol turbinalari orqali elektr energiya olishni o'yladik. Bu ancha foyda beradigan g'oya ekanligini bu kuzatishlar davomida ko'rdik. Vertikal o'qli shamol turbinalari yordamida tabiiy shamoldan yoki avtomobil yo'llaridagi mashinalar yurganda hosil bo'ladigan sun'iy shamoldan energiya olish, energetika sanoatiga yana bir tur sifatida xizmat qila oladi. Tarixiga yuzlanadigan bo'lsak, shamol tegirmonlari dastlab mill avv 2-asrda Misr va Xitoyda paydo bo'lgan. U inson qo'li bilan yasalgan birinchi mexanik dvigatel hisoblangan. Undan asosan don yanchish va suv chiqarish maqsadida foydalanilgan. [2]

a)



b)



1-rasm. Eng qadimgi shamol turbinalari a) milodiy 1-asrga oid shamol g'ildiragi b) 1887- yilga oid Glazgodagi ilk shamol turbinasi

a) Milodiy 1-asr : Ma'lum tarixda birinchi marta shamol bilan boshqariladigan g'ildirak mashinani quvvatlantirish uchun ishlatilgan. Yunon muhandisi, Iskandariyalik Geron bu shamol g'ildiragini yaratadi. 7-9-asrlarga kelib, Shamol g'ildiraklari Afg'oniston yaqinidagi Eronning Siston mintaqasida amaliy maqsadlarda qo'llaniladi. Panemone shamol tegirmonlari makkajo'xori maydalash, un maydalash va suv quyish uchun ishlatiladi. [3]

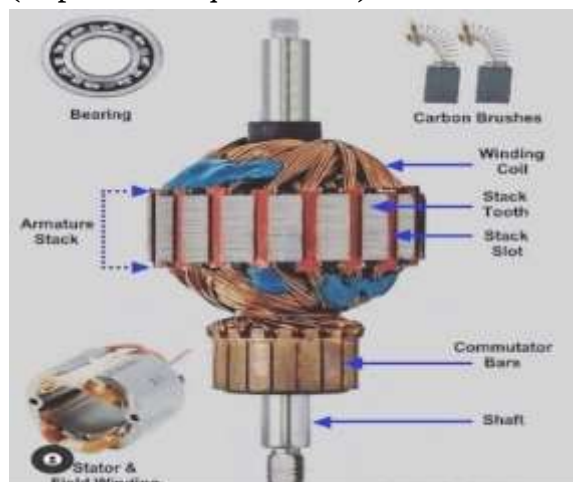
b) 1887-yil Shotlandiyada elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun birinchi ma'lum shamol turbinasi qurilgan. Shamol turbinasi Glazgodagi Anderson kolleji professori Jeyms Blit tomonidan yaratilgan. "Blitning 10 m balandlikdagi mato yelkanli shamol turbinasi Merikirkdagi dam olish uyi bog'iga o'rnatildi va frantsuz Kamil Alfons For tomonidan ishlab chiqilgan akkumulyatorlar orqali quvvatlantirish, kottejdagi yorug'likni quvvatlantirish va shu tariqa uni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun foydalanilgan. Bu shamol elektr energiyasi bilan ishlaydigan dunyodagi birinchi uy edi. Blit bu ishi uchun Britaniya patentini olgan.[4]

Ko'rishimiz mumkinki Jeyms Blitning ushbu ixtirosi vertikal o'qli shamol turbinalari qurilishining poydevori bo'lgan.

Vertikal o'qli shamol turbinalari qanday tuzilgan va uning ishlash printsipi qanday?

Buni sodda qilib tushuntiradigan bo'lsam, vertikal o'qli shamol turbinalari juda oddiy tuzilgan, pastki asosiy qismida rotor va generator joylashadi ularning asosiy vazifasi mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirib beradi.

(<https://www.quora.com/>)



2-rasm. Kinetik energiyani elektr energiyaga aylantirib beradigan oddiy DC generatorning ichki tuzilishi:

Stator – stator; *Carbon brushes* – carbon cho'tkasi; *Armature stack* – armatura to'plami; *Winding coil* – o'ramlar; *Stack tooth* – tishlar to'pi; *Stack slot* – tishlar joylashmasi; *Commutator bars* – lommulator panjalari; *Shaft* - mil (o'q).

Generatordan chiqqan milga (vertikal o'q) esa parraklar o'rnatiladi. Parraklarning yuqoridan ko'rinishi aylanasiimon bo'lganligi sababli shamol qaysi tomondan kelishidan qat'iy nazar uni aylantira olish xususiyatiga ega bo'ladi. Bu yerda shamolning yo'nalishi generatorlar o'rnatilgan sathga parallel bo'lishi nazarda tutilgan. Bundan ko'rinib turibdiki shamol parraklarga 90° gradus burchak ostida urilsa maksimal aylanishga erisha oladi. Buni quyida keladigan formuladan ham anglab olish qiyin emas. Shamol parraklarini o'rnatishda shamol keskichlar soni muhim ahamiyatga ega. Agar ularning soni ortib borsa parrakning umumiy massasi ortadi va bu generatorning erkin aylanishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Keskichlar soni kamayishi esa xohlagan yo'nalishda kelgan shamolni aylantirib bera olmaydi. Shuning uchun keskichlar sonini 3 yoki 4 ta bo'lishiga kelishish mumkin. Shamol keskichlar sonini ko'paytirish mumkin qachonki 4 ta parrak massasi boshqa bir deylik 6 ta parrak massasiga teng bo'lsa albatta o'zgartirish mumkin.

Vertikal o'qli shamol turbinalarida ishlatiladigan materiallarning tavsifi DC generator komponentlarni tanlash [5]

1-jadval

T/r	Komponentlari	Tanlangan materiallar
1	Stator simi	mis
2	Markaziy uyasi	Galvanizlangan po'lat
3	Pichoq (qanotlari)	Aluminiy
4	Magnit disk	Yumshoq po'lat (past uglerodli po'lat)
5	Stator korpusi	Epoksi
6	Magnit	Neodimiy
7	Mil (yoki o'q)	Yumshoq po'lat (past uglerodli po'lat)

Vertikal o'qli shamol turbinasining pichoqlarini (yoki parraklarini) tayyorlashda ikki xil kompozit materiallardan foydalaniladi. Karbon tolasi va E-shisha tolasi bilan mustahkamlangan kompozitlardan tayyorlangan modellar tahlil qilinadi.

Materiallarning tavsifi

2-jadval

T/r	Materiallar	Elastiklik moduli E (GPa)
1	Karbon tolasi	21
2	E-shisha tolasi	9.5
3	Toza matritsa polimeri	20
4	Aluminiy	70
5	Aromatik poliamidlar	35
6	Yog'och	18
7	Po'lat	27
8	Plastmassa	43

Bulardan ko'rinib turibdiki vertikal o'qli shamol turbinalarini ishlashida uning dizayni ham muhim ahamiyatga ega. Vertikal o'qli shamol turbinasining dizaynini 20-asrdayoq takomillashtirishga harakat qilingan. Biz esa ularning qaysilari eng maqul variant ekanligini ko'rib chiqib, kelajakdagi investorlarga maqbul variantni tanlashda yordamlashamiz.

a)



b)

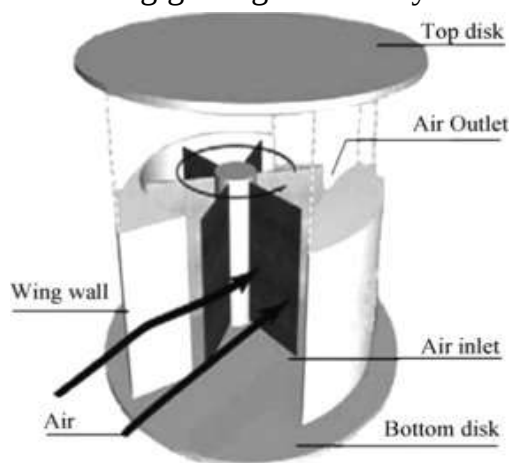


3-rasm. a) Darrius dizayni asosida qurilgan shamol turbinasi b) Savonius dizayni asosida qurilgan oddiy shamol turbinasi

Darrius dizayni – birinchi marta 1931-yilda fransuz aeronavtika muhandisi Jorjes Yan Mari Darrius tomonidan patentlangan. Darrius tipidagi barcha shamol turbinalari rotor harakati va elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi pichoqlarga ta'sir qiluvchi ko'taruvchi kuchlar tufayli yuzaga keladi. Qanotlarning shakli tufayli ular Savonius turbinalari kabi tortishish kuchiga duch kelmaydilar. Aylanish boshlangandan so'ng, Darrius shamol

turbinalari shamol tezligidan tezroq aylanish uchun tezlasha oladi. Ushbu turdagi modeldan foydalanishning afzalligi uning oddiy qurilishi va arzonligidir. [6]

Savonius dizayni – Finlandiya muhandisi Sigurd Joannes Savonius tomonidan ixtiro qilingan vertikal o'qli shamol turbinlarining dizayni juda muhim tasnif. Bu turbinalar asosan tortishish kuchi printsipi asosida ishlaydi. parraklari keng, qattiq shamol qabul qilish maydoni Savonius shamol turbinasining eng muhim xususiyatlaridan biridir. Shamolning pichoqlarga nisbatan dinamik bosimi rotorni aylanishga majbur qiladi. Savonius shamol turbinalari faqat shamol tezligiga teng tezlikda aylanishi mumkin. [7]



4-rasm. a) Sistan tipidagi vertikal o'qli shamol generatori b) H-rotor dizaynidagi shamol turbinasi

Siston tipidagi shamol tegirmoni – eng qadimgi turbinalardan biri bo'lgan Siston shamol tegirmon turbinalari rotorning yuqori va pastki qismidagi disklarni qo'shish orqali turbinaning samaradorligini 30% gacha oshirish va pichoqlar sonini ko'paytirish orqali samaradorlikni qo'shimcha 6-7% ga oshirish mumkinligini taklif qildi. (4 dan 6 gacha.) Odatda hozirgi Eronning Siston va Xuroson hududlarida ishlatilgan. Ushbu turdagi turbinalar tortish kuchi bilan boshqariladigan turbinalar bo'lib, ularni osongina qurish mumkin. [8]

H-rotor dizayni. H-rotor - bu Darrius shamol turbinalari toifasiga kiruvchi odatiy vertikal o'qli shamol turbinasi. Darrius turbinalarining yana bir modeli milga parallel ravishda bog'langan uchta tekis qanotga ega bo'lib, «H» shaklini hosil qiladi.

5-rasm. Verikal o'qli shamol turbinasining energiya chiqarish printsiplining ishlash sxemasi



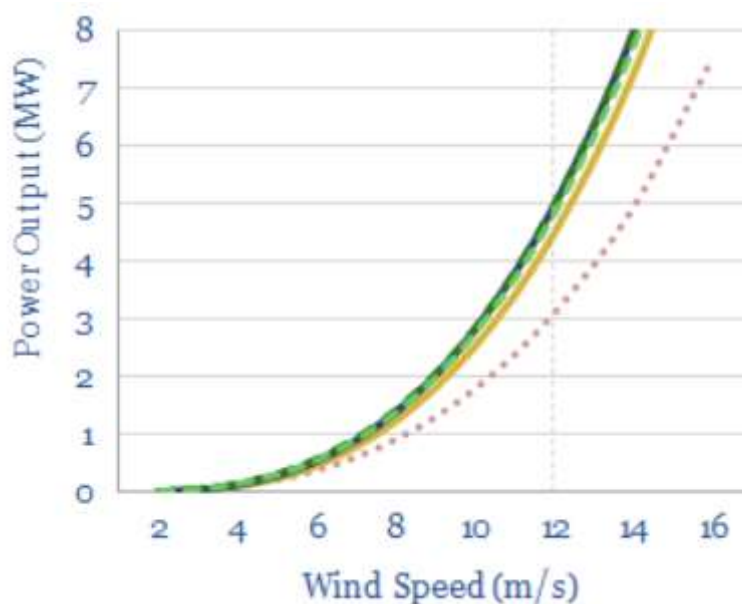
[9]

Vertikal o'qli shamol turbinalari energiya ishlab chiqaradi, chunki kiruvchi havo massasi sekinlashganda o'z energiyasini turbinaga o'tkazadi. Kinetik energiya formulasi $0.5 \times \text{massa} \times \text{tezlik}^2$. Massa shamol turbinasining yuqori va quyi oqimida saqlanishi kerak. Shuni ta'kidlash kerakki, turbinadan o'tadigan havo massasi, havo zichligi va turbinaning yonidan sekundiga o'tadigan havo hajmi ko'paytmasiga teng. O'z navbatida, turbinaning yonidan sekundiga o'tadigan havo hajmini turbinaning ko'ndalang kesimi maydoni (pichoq eni x pichoq uzunligi) sekundiga metrda havo tezligiga ko'paytirish mumkin. Vertikal o'qli shamol turbinalaridan olinadigan quvvatning eng yaxshi umumiy formulasi (Vatlarda [W])

$$P=0.5 \cdot C_p \cdot \rho \cdot S \cdot v^3 \quad (\text{bunda } C_p\text{-samaradorlik koeffitsienti, } \rho\text{-havo zichligi } [\text{kg}/\text{m}^3], S\text{-}$$

pichoqlarning yuzi $[\text{m}^2]$, v -shamol tezligi $[\frac{\text{m}}{\text{s}}]$) Vertikal o'qli shamol turbinalarining joylashuvi eng muhimi. Yuqoridagi quvvat formulamizdagi atamalardan biri C_p - bu "foydali ish koeffitsienti" yoki shamol turbinasiga urilgan havodan olinadigan maksimal mumkin bo'lgan energiya foizi qismida. Har qanday turbinaning mutlaq maksimal nazariy samaradorligi 59,3% bo'lishi fizikaning o'zgaras qonunidir. Agar siz ishlash koeffitsientini yaxshi va oddiy baholashni istasangiz, haqiqiy shamol turbinalari C_p ni 35-45% ga yetishi mumkinligini taxmin qilishingiz mumkin. Boshqacha aytganda, u jami mavjud keladigan shamol energiyasining 35-45 foizini egallaydi. Qolgan energiya esa tortishish, qarshilik, ishqalanish kuchlariga sarf bo'ladi. Betz chegarasi hech qanday tortishishsiz cheksiz sonli rotor pichoqlariga ega bo'lgan ideallashtirilgan shamol turbinasiga taalluqlidir. Haqiqiy turbinalar chekli sonli pichoqlarga ega. Odatda uchta. Shunday qilib, ishlash koeffitsienti bu pichoqlarning qanchalik tez aylanishiga bog'liq bo'ladi. Agar pichoqlar yetarlicha tez aylanmasa, u holda havo pichoqlardagi bo'shliqlar orasidan oqadi va uning energiyasi ushlanmaydi. Agar pichoqlar juda tez aylansa, ular kiruvchi shamolga to'liq ta'sir qilmaydigan oldingi pichoqlar ortidan ketayotgan turbulentlik bilan «to'qnashadi» va shu tariqa ular kiruvchi shamol energiyasining ham kamroq qismini egallaydi.

(<https://thundersaidenergy.com/downloads/wind-power-impacts-of-larger-turbines/>)



[10]

6-rasm. Yuqoridagi formulaga asoslangan holda, vertikal o'qli shamol turbinasi ishlab chiqaradiga quvvatni, tezlikka bog'langan grafigi.

Avtomobil yo'llarida qo'llash

Vertikal o'qli shamol turbinalari baland binolarning tomilarida, shamol ko'p bo'ladigan dengiz yoki okean atroflarida balki avtomobil yo'llarida ham keng foydalanilmoqda. Masalan Turkiyada amalda sinashni boshlab yuborilgan. 2021-yilda Istanbul Texnika universiteti va "Devecitech" texnologiya firmasi tomonidan ishlab chiqilgan vertikal turbinani turkiyaning eng ko'p mashina o'tadigan qismida sinovdan o'tkazishni boshlab yuborishgan.



5-rasm. Istanbul shahrida o'rnatilgan turbinalar

Vertikal o'qli shamol turbinalari loyihasini amalga oshirish yoki eksperiment o'tkazishni birinchi bo'lib avtomobil yo'llarida qo'llash qulay, oson va kam xarajat talab qiladi. Chunki 2-toifali avtomobil yo'llarida ajratuvchi tasmaning oralig'i bo'sh qoldirilgan hududlar juda ko'p bo'ladi. Lekin 2-toifali avtomobil yo'llarida tezlik maksimal $70 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$ dan oshmaydi bundan hosil bo'ladigan shamol esa vertikal o'qli shamol turbinasining parraklarini aylantira olmasligi mumkin. 1-toifali avtomobil yo'llarida esa ajratuvchi tasma oralig'ida "ko'kalamzorlashtirilgan" hududlar yoki temir to'siq bilan ajratilgan majmualar bo'ladi mana shu oraliqlarga ham vertikal o'qli shamol turbinalari bimalol moslasha oladi. 1- toifali avtomobil yo'llarida esa tezlik maksimal $110 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$ gacha chiqishi mumkin. Ya'ni vertikal milga o'rnatilgan parraklarni bimalol aylantira oladi. Bular albatta umumfoydalanuvdagi davlat tasarrufidagi yo'llardir. Undan tashqari 2025-yilda qurilishi rejalashtirilgan Toshkent-Andijon, Toshkent-Samarqand pulli avtomobil yo'llarida ham keng qo'llash mumkin. Muayyan strukturaviy xususiyatlar tufayli vertikal eksa shamol turbinalari odatda gorizontall o'qli shamol turbinalariga qaraganda kichikroqdir. Bu past shovqin emissiyasi va yuqori turbulentlik chidamliligi kabi afzalliklarni qo'shib, ularni aholi punktlari yoki shahar joylarida, shuningdek, beqaror, kuchli shamolda elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun mukammal qiladi. Vertikal o'qli shamol turbinalarining energiya samaradorligi va quvvati kamroq bo'lganligi sababli, bir nechta turbinani shamol elektr stantsiyasiga guruhlash yoki ularni bino yoki kampusning ko'plab elektr manbalaridan biri sifatida ishlatish odatiy holdir. Vertikal o'qli shamol turbinasini mahalliy elektr tarmog'iga yoki tashqi akkumulyator batareyasi bilan ulash mumkin. Gorizontall eksa shamol turbinalari kabi keng tarqalgan bo'lmasa-da, vertikal o'qli shamol turbinalari turli xil sanoat faoliyatlarini qo'llab-quvvatlash uchun dengiz platformalarida ham qo'llaniladi. Ilgari shamol energetikasi sanoati har doim gorizontall eksa shamol turbinalarini ishlab chiqish va qurishga qaratilgan, chunki ular eng kuchli shamol turbinasi modellari hisoblanadi. Vertikal eksa shamol turbinalari nisbatan kam

rivojlangan va hatto biroz eksperimental bo'lib qolmoqda. Vertikal o'qli shamol turbinasini gorizontall o'qli shamol turbinasi bilan solishtirganda, javob aniq: vertikal o'qli shamol turbinalari gorizontall eksa shamol turbinalari bilan raqobatlasha olmaydi, ayniqsa quvvat chiqishi va samaradorligi bo'yicha. Savol shundaki, nima uchun ular bir-biri bilan taqqoslanadigan yoki raqobatbardosh bo'lishi kerak? Bu ikki turdagi turbinalar shamol energetikasi sanoatida birgalikda bo'lishiga ishonamiz, chunki ular butunlay boshqa ilovalar uchun mo'ljallangan. Gorizontall o'qli shamol turbinalari yaxshi rivojlanadigan holatlar, shuningdek, o'rnatish talablari yoki atrof-muhitga ta'siri tufayli ular mos kelmaydigan yoki taqiqlangan joylar mavjud. Boshqa tomondan, vertikal o'qli shamol turbinalari geografik jihatdan ancha moslashuvchan. Bu ularni gorizontall o'qli shamol turbina modellari uchun mos bo'lmagan sharoitlar uchun ajoyib alternativ qiladi. Vertikal o'qli shamol turbinasining yana bir kamchiligi shundaki u faqat $7 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$ tezlikdan $100 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$ tezlikkacha ishlay oladi, undan yuqorisida esa erish va yong'in chiqish holatlari kuzatilishi mumkin. Buni oldini olish uchun tormozlash tizimlari ham o'ylab topilgan. [11]

Xulosa

Vertikal o'qli shamol turbinalarining qo'llash mumkin bo'lgan joylar gorizontall o'qli shamol turbinalar kabi cheklanmagan, qurilishi ularga qaraganda arzon, deyarli shovqinsiz. Aslini olganda bu raqobat emas. Chunki bu ham bir energiya resursi. Vaholanki biz energiya sanoatidan ekologik jihatdan aziyat chekmoqdamiz. Loyihaning asosiy yo'nalishi elektr energiyasi ishlab chiqarish va undan minimal olib qaraganda, shahar yoki ma'lum bir joydagi avtotransport vositalari tez yuradigan joylarga o'rnatib o'sha joydagi yo'l infratuzilmasini energiya bilan ta'minlash. Ushbu loyiha kelajakda elektromobillarni akkumulyatorlarini quvvatlantirish yoki zaryadlash shahobchalarining ma'lum bir foizdagi manbai bo'lib xizmat qiladi. Yaxshiroq aerodinamika uchun parraklar dizaynini yaxshilash orqali yanada samarali shamol turbinalari ishlab chiqilishi mumkin. Samaraliroq va kamroq aylanishlarda yuqori kuchlanishni ta'minlovchi alternativdan foydalanish va tishli mexanizmlar orqali chiquvchi quvvatni yanada yaxshilab, foydali ish foizini Betz chegarasiga yaqinlashtirish mumkin. Bu vertikal o'qli shamol turbinasining texnologiyasi bozorini kengaytirish va uni ko'paytirishga yordam beradi. Avtomobil yo'llarida esa Savonius dizaynini qo'llash samaraliroq bo'lishi mumkin. Chunki uning ishlash prinsipi tortirish kuchi asosida bo'lgani uchun yo'lning ikki qatnov qismidagi mashinalar ham shamol turbinasining tezligiga ikki tomonlama ta'sir ko'rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 12.05.2023 yildagi PQ-156-son "Yashil energiya" sertifikatlari tizimini joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida
<https://lex.uz/docs/-6464655>
- [2] "O'zbekiston milliy ensiklopediyasi" O'zbekiston milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti (2000-2005) 12 jildli. "Shamol tegirmoni" maqolasi.
(https://uz.wikipedia.org/wiki/Shamol_tegirmoni)

[3] “Iskandariya Geroni (milodiy 10–85 yillar)”, Evangelos Papadopoulos, Kurt Weitzmann, "Islom ilmiy illyustratsiyasining yunon manbalari", Klassik va Vizantiya qo‘lyozmalarini yoritish bo'yicha tadqiqotlar, Gerbert Kessler tomonidan, (1971) 20-25-betlar

[4] Jeyms Blitning tomonidan yasalgan “Vertikal o‘qli shamol turbinasi” haqida

<https://www.myenergy.ru/special/persons/dzheims-blit/>

[5] Abhay Mahajan, Pankaj Verma, Shekhar Sharma, Prashant Saini “Exploration of Materials Used to Design Airfoil the Vertical Axis Wind Turbine” International Journal of Research in Engineering, Science and Management - jurnali, August-2020 journals.resaim.com/ijresm. 2-3 b.

[6] Muhammad H. Rashid “Electric Renewable Energy Systems” 2016 yil, 60-77-betlar.

[7] Paul Breeze “Wind Power Generation” 2016 yil, 19-27-betlar.

[8] Soteris Kalogirou “Renewable and Sustainable Energy Reviews” 56-jild, 2016-yil aprel, 1351-1371-betlar.

[9] B. Sriman, Annie Silviya, Nithya Sampath, A. Beneta Mary, R. Vanitha Mani, P.Jayalakshmi “A Novel Vertical Axis Wind Turbine to Provide Green Energy for Coastal Area”. Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias - jurnali. 2024 ; 3:615 doi: 10.56294/sctconf2024615

[10] Energy transition research & technologies.

<https://thundersaidenergy.com/>. <https://thundersaidenergy.com/downloads/wind-power-impacts-of-larger-turbines/>

[11] “LuvSide” Vertikal o‘qli shamol turbinalari ishlab chiqarish va o‘rnatish xizmatini tashkil etgan kompaniya. LuvSide GmbH Marie-Curie Straße 1 85521 Ottobrunn (Munxen yaqinida), Germaniya. info@luvside.de. <https://www.luvside.de/en/what-is-vawt/>