

**SHAMOL ENERGETIKASI//ВЕТРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА//WIND ENERGY****VERTIKAL O‘QLI SHAMOL TURBINASINI ISHLAB CHIQUISH VA EKSPERIMENTAL TADQIQ QILISH****Sadullayev N.N.¹, Davlonov X.A.², Xujakulov S.M.², Muzaffarov F.F.¹**¹*Buxoro muhandislik–texnologiya instituti, Buxoro, O‘zbekiston*²*Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O‘zbekiston*

Annotatsiya: Ushbu maqolada vertikal o‘qli turbinalarni tayyorlashda foydalaniladigan kompozit materillarning mexanik mustahkamligini eksperimental o‘rganish natijalari keltirilgan. Bundan tashqari 1 kVt quvvatli shamol energetik qurilmasini yasash uchun sarflangan xomashyolarning konsentratsiyasi va miqdori haqidagi ma’lumotlar taqdim etilgan va qurilmaning ma’lum texnik parametrlaridagi eksperimental va nazariy tadqiqot natijalari taqqoslangan.

Kalit so‘zlar: vertikal o‘qli, poliefir smola, shisha tola, shamol turbini parragi, optimal, ta’sir etuvchi kuchlar, uglerod tola, shisha tola.

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ**Садуллаев Н.Н.¹, Давлонов Х.А.², Хужакулов С.М.², Музаффаров Ф.Ф.¹**¹*Бухарский инженерно–технологический институт, Бухара, Узбекистан*²*Каршинский инженерно–экономический институт, Карши, Узбекистан*

Аннотация: Аннотация. В данной статье представлены результаты экспериментального исследования механической прочности композитных материалов, используемых при изготовлении турбин с вертикальной осью. Кроме того, представлены данные о концентрации и количестве сырья, израсходованного на изготовление ветроэнергетической установки мощностью 1 кВт, сравниваются результаты экспериментальных и теоретических исследований по определенным техническим параметрам установки.

Ключевые слова: вертикальная ось, полиэфирная смола, стекловолокно, ветряная турбина, оптимальный, ударные силы, углеродное волокно, стекловолокно.

DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF A VERTICAL AXIS WIND TURBINE**Sadullayev N. N.¹, Davlonov X. A.², Khujaqulov S. M.², Muzaffarov F. F.¹**¹*Bukhara engineering-technology institute, Bukhara, Uzbekistan*²*Karshi engineering-economics institute, Karshi, Uzbekistan*

Abstract: This article presents the results of an experimental study of the mechanical strength of composite materials used in the preparation of vertical axis turbines. In addition, data on the concentration and amount of composite materials spent on making a 1 kW wind energy device are presented, and the results of experimental and theoretical research in certain technical parameters of the device are compared.





Keywords: vertical axis, polyester, fiberglass, wind turbine blade, optimal, influencing forces, carbon fiber.

Kirish.

Mamlakatimizda shamol energetikasidan foydalanishda texnik-iqtisodiy va huquqiy shart-sharoitlar borligiga qaramasdan amalda foydalanilayotgan kichik quvvatli shamol energetik qurilmalarni yetarli deb bo'lmaydi, buning asosiy sababi sifatida bir nechta omillarni keltirish mumkin:

Mintaqamizni cho'l - quruq dasht, tog'oldi va tog'li zonalarga bo'lish mumkin. Shu sababli shamol yo'nalishi va tezligining tez-tez o'zgarishi, cho'l hududlarida yozda haroratning +60 °C, qishda -20 °C bo'lishi kabi holatlar kuzatiladi. Markaziy elektr tarmog'iga ulanmagan iste'molchilar asosan cho'l hududlarida joylashgan. Bunday hududda o'rnatilgan shamol turbinasining parraklari noqulay harorat tufayli oz fursatda o'zining fizik xususiyatlarini yo'qotadi, chunki xorijda ishlab chiqarilgan qurilmalar uchun mintaqamizning iqlimiy sharoitlari inobatga olinmagan.

Mazkur hududlarda changlanganlik miqdorining (normal 0,05 mg/m³) me'yoridan ko'pligi tufayli turbinaning mexanik qismlaridagi isroflarning oshishi natijasida turbinalarning sekin qo'zg'alishi yoki qo'zg'almaslik holatlari kuzatilmoqda.

Bundan tashqari kichik tezlikli shamol oqimlarida turbinalarning og'ir vazni turbinalarning qo'zg'alishini qiyinlashtirmoqda. Shuning uchun turbinalarning vaznini yengillashtirish, ularning yurgizish momentini oshirish dolzarb masala hisoblanadi. Konstruktiv tuzilishi va texnik xususiyatlariga ko'ra gorizontol o'qli turbinalar yuqorida keltirilgan muammolarning to'laqonli yechimi bo'la olmaydi. Shu sababli tadqiqot ishlarida vertikal o'qli shamol turbinalarni takomillashtirish orqali mazkur muammolarga yechim topilmoqda.

Ushbu muammolar natijasida shamol turbinalarining mintaqaviy ommalashuvi past darajada, bu esa mahalliy ishlab chiqaruvchilarning kamayib ketishi yoki yo'qolishiga sabab bo'lmoqda [1].

Keltirib o'tilgan muammolar standart ShEQ larni samarali qo'llash imkoniyatini bermaydi. Shu sababli iqlimiy sharoitlarga moslashtirilgan texnik parametrlari yaxshilangan vertikal o'qli shamol turbinalarni tadqiq qilish, turbina tayyorlash texnologiyasini yaratish zarurati yuzaga kelmoqda [2].

Materiallar va metodlar.

Turli hududlarda qo'llaniluvchi vertikal o'qli turbina parraklarining aerodinamik shakli optimallashtirilib yurgizish momenti oshirilgan, vazni yengil va mahalliy xomashyolardan foydalanib tayyorlangan, mintaqaning iqlimiy xususiyatlariga moslashtirilgan qurilmani tayyorlash nafaqat respublikamiz uchun balki dunyo miqyosida ham dolzarb masalaligicha qolmoqda.

Dunyo amaliyotida ShEQ sining turbina qismini tayyorlashda poliefir smoladan foydalaniladi. [3] Poliefir smola va maxsus tolalardan foydalanganda bu kimyoviy mahsulotlarning konsentratsiya miqdorini aniqlash talab etiladi. Turbina parraklarini tayyorlashda poliefir smola maxsus tolalarga shimdiriladi va bunga qoliplar yordamida aerodinamik shakl beriladi. [4] Qoliplar gips, temir-beton qotishmasi, yog'och yoki metall konstruksiyalardan foydalanib tayyorlaniladi. Turbinalarning mexanik mustahkamligini mahalliy mahsulotlar qo'shish hisobidan oshirish mumkin. Sinov tariqasida qo'shimcha tolalar mustahkamligini aniqlash uchun quyidagi mahsulotlardan foydalangan holda tajribalar o'tkazdik: (1-rasm).

1. Epoksidli suyuqlik boshqa qo'shimcha tolalar qo'shilmagan holda
2. Shisha tola
3. Basalt (Azbes) tola
4. Lavsan matosi
5. Gabardin matosi
6. Zig'ir tola
7. Echki juni
8. Ot yoli



1-rasm. Mahalliy tolalarni sinash va bu tolalardan foydalanib turbina qismlarini tayyorlash jarayoni.

Natija va muhokamalar.

Eksperimental tajribalar natijalariga ko‘ra turli xildagi mahsulot (tolalarning) mustahkamligi turlicha ekanligi aniqlandi (Tajribalar WP-950, WP-300 laboratoriya qurilmalari yordamida o‘tkazildi.). Mahalliy imkoniyatdan kelib chiqib echki juni, ot yoli kabi mahsulotlardan foydalanib turbina mustahkamligini oshirish mumkin, albatta mahalliy tola ko‘rinishidagi mahsulotlarning mustahkamligi sintetik matolarning mustahkamligidek bo‘la olmaydi, shuning uchun mahalliy tolalardan qo‘shimcha tola sifatida foydalanish maqsadga muvofiq. (1-jadval) [5] Ishlab chiqarishda mahalliy mahsulotlar ulushini oshirish orqali qurilma tannaxini pasaytirishimiz mumkin.

1-jadval.

Turbina parraklarini tayyorlashda foydalaniladigan mahsulotlarning mustahkamligi.

	Tola turi	Mustahkamlik chegarasi [MPa]	Kuchlanish moduli [GPa]	Zichligi [g/sm ³]
1	Uglerod	2000-5000	200-600	1,8
2	Shisha tola	1950-3500	70-80	2,55
3	Shisha tolali mato	4500-4700	75-90	2,5
4	Kevlar matosi	3000-3150	63-67	1,4
5	Bazalt	2800-3100	80-90	2,6-2,7



6	Zig'ir	400-600	12-25	1,2-1,5
7	Kanop	300-700	20-70	1,3-1,5
8	Sisal	350-700	7-22	1,4-1,5
9	Gabardin mato	150-250	10-20	1,1-1,2
10	Lavsan matosi	350-780	20-30	1,3
11	Pilla	550-650	4-6	1,2
12	Echki juni (tola)	700-900	30-32	1,3
13	Ot yoli (tola)	800-1000	35-38	1,4

Shamol turbinasining parrak qismi va parraklarni tutuvchi tayanch (qo'l) qismi laboratoriyamizda tayyorlandi. Turbina qismini tayyorlashda quyidagi miqdorda tola sarflandi:

2-jadval.

Turbina tayyorlashda sarflangan shisha tolali xomashyo miqdori.

Turbina elementi	Bitta element uchun sarflangan xomashyo miqdori	Umumiy xomashyo miqdori
Bitta parrak uchun:	0,6 m ² yuzadan iborat 3 qatlam shisha tola	0,6x3x4=7,2 m ²
	0,6 m ² yuzadan iborat 2 qatlam shisha tolali mato	0,6x2x4=4,8 m ²
Bitta tayanch uchun:	0,15 m ² yuzadan iborat 4 qatlam shisha tola	0,15x4x8=4,8 m ²
	0,15 m ² yuzadan iborat 2 qatlam shisha tolali mato	0,15x2x8=2,4 m ²
Mahalliy tola	3 kg	

Izoh: Turbina 4 ta parrakdan iborat va har bir parrak uchun 3 qatlam shisha tola 2 qatlam shisha tolali mato, tayanchlar 8 ta bo'lib har bir tayanch ikki qismdan iborat bo'lgan birikmadan tashkil topgan, bunda tayanchlarning har bir qismiga 2 qatlam shisha tola 1 qatlam shisha tolali matodan foydalanilgan.

Parraklarning tashqi yuzasidagi vertikal plastinkalar va generator qobig'ini tayyorlash uchun 3 m² tola, 2,8 m² mato sarflanganligini inobatga olib yuqoridagi jadvalda keltirilgan 12 m² tola, 7,2 m² mato bilan umumlashtirsak, turbinamiz uchun 15 m² tola, 10m² mato sarflanganligi kelib chiqadi. Shamol turbinasining qismlari qolipga quyilganidan so'ng bir sutka davomida tayyor bo'lishi kerak, buning uchun poliefir smola tarkibiga mustahkam qotishini ta'minlovchi eritma (Отвердитель), tez qotishini ta'minlovchi eritma (Ускоритель)lar ma'lum bir konsentratsiya miqdorida qo'shiladi: (3-jadval)

3- jadval.

Shisha tolali mahsulotlarning eritmalar bilan ishlatish konsentratsiyasi.

Suyuqlik	Poliefir smola [kg]	Mustahkam qotishini ta'minlovchi eritma [kg]	Tez qotishini ta'minlovchi eritma [kg]
Shisha tola			
1 m ² tola (300 gr/m ²)	2,4	0,096	0,048
1 m ² mato (285 gr/m ²)	-	-	-

Shamol energetik qurilmalaridan samarali foydalanish bu birinchi navbatda qurilmani eng maqbul hududga va maqbul balandlikka o'rnatishdan boshlanadi ya'ni turbinani shamol oqimida o'rnatish orqali undan doimiy foydalanish mumkin bo'ladi. Turbina o'rnatilgandan so'ng biz uning quyida keltirilgan texnik parametrlarini turli xil omillarga bog'lagan holda aniqlashimiz kerak.

- Turbina balandligini inobatga olgan holda anemometr yordamida shamol tezligini o'lchash. [6]
- Bir xil holatda shamol kontrollerigacha hamda kontrollerdan keyin, voltmeter, ampermetr orqali generatordan kelayotgan kuchlanish va tokning qiymatini o'lchash. [7]
- Turbinaning yoki generatorning aylanish tezligini taxometr orqali o'lchash.
- Shamol energetik qurilmasi zaryadlashi lozim bo'lgan akkumlyator batareyasining sig'imini aniqlash lozim. [8]



Yuqoridagi keltirilgan o'lchash natijalarining to'g'riligi turbina parametrlarining haqqoniy qiymatlarini aniqlashga sabab bo'ladi.

Vertikal o'qli shamol energetik qurilmasi, elektr energiyasi ta'minoti beqaror bo'lgan iste'molchilar uchun mo'ljallangan bo'lib, bunday turdagi iste'molchilar uchun elektr energiyasi ta'minoti yaxshilanishiga xizmat qiladi.[9]

Shamol energetik qurilmasining o'zgaruvchan texnik parametrlari quyidagilar:

- Shamol energetik qurilmasi turi vertikal o'qli;
- Turbinaning bo'yi 2 [m];
- Turbinaning diametri 1,5 [m];
- Parrak uzunligi (chord) 0,3 [m];
- Parraklar soni 4 ta
- Shamol energetik qurilmasining umumiy og'irligi 80,7 [kg];

O'zgaruvchan texnik parametrlar quyidagilar:

- Shamol tezligi, zichligi;
- ShEQ ning chiqish quvvati;
- ShEQ ning foydali ish koeffitsiyenti;
- Turbinaning aylanishlar soni;
- Generator beradigan kuchlanish va tok;

Quyidagi 4 jadvalda eksperimental tadqiqot natijalaridan foydalangan holda shamol turbinasining nazariy, eksperimental quvvatlari hamda bu quvvatlar orasidagi farq keltirilgan.

4-jadval.

Taklif etilgan ShEQsining eksperimental va nazariy quvvatlari.

№	Shamol tezligi	Nazariy hisoblashlardagi quvvat [Vt]	ShEQ eksperimental quvvati [Vt]	Nazariy va eksperimental quvvatlar farqi %
1	3,55	7,323322832	17	-56,9
2	3,9	12,15299686	17,8	-31,7
3	4,02	16,43393739	20	-17,8
4	4,4	22,14865699	24	-7,7
5	5	32,68692	32	2,1
6	5,4	46,06894505	36	27,9
7	5,6	51,82256934	42	23,3
8	6,01	63,62417636	49	29,8
9	6,4	75,86852045	55,7	36,2
10	6,5	86,69751545	74	17,1
11	7,0	112,1161356	100	12,1
12	7,5	136,8764775	132	3,6
13	8	188,2766592	171	10,1
14	8,6	253,8400833	218,6	16,1
15	9,1	293,2370832	276	6,2
16	9,7	348,558061	345	1
17	10	395,87492	427,5	-7,3
18	10,6	481,5320834	597	-19,3
19	11,2	551,2554629	767	-28,1
20	11,8	639,7142586	815	-21,5
21	12	672,0430752	865	-22,3
22	12,6	755,3424221	866	-12,7
23	13	822,4755448	866	-5
24	14	971,6731752	866,02	12





Tadqiqot jarayonida taklif etilgan qurilmaning eksperimental natijalari va bir qator turdosh qurilmalarning eksperimental natijalari tahlil qilindi.



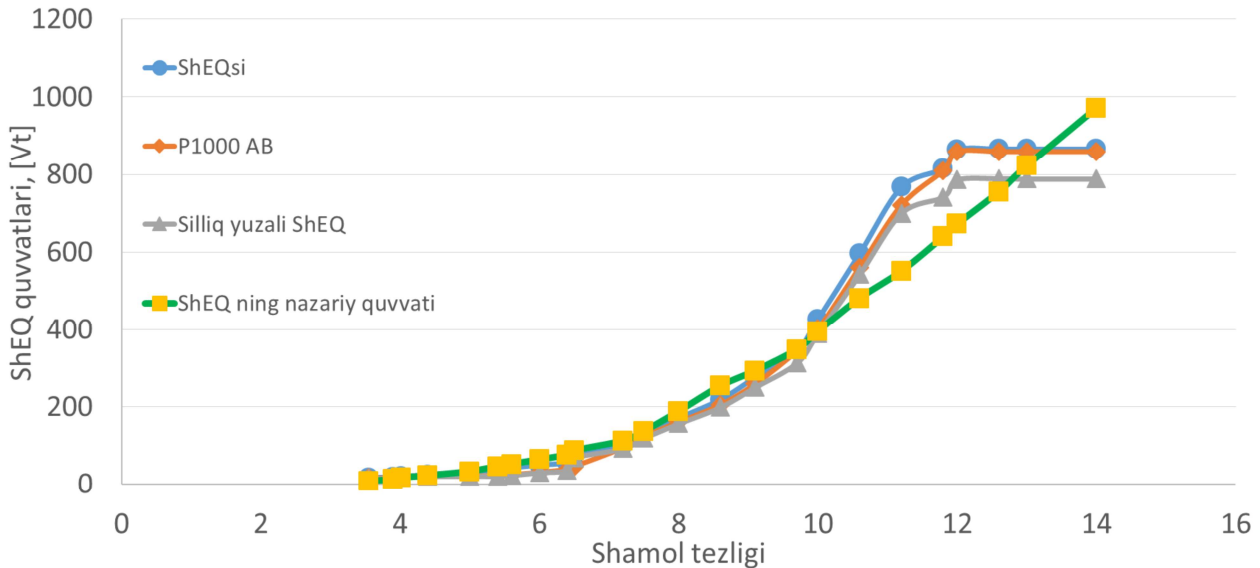
a)



b)

2-rasm. a) silliq yuzali ShEQsi (1kVt), b) taklif etilgan ShEQsining o'rnatilish jarayoni (1kVt).

Ko'rib o'tilgan ShEQ larining eksperimental quvvatlari o'zaro taqqoslandi va kuchsiz shamol oqimlarida taklif etilgan qurilmaning samaradorligi yuqori ekanligi aniqlandi (3-rasm).



3-rasm. Shamol turbinalarining quvvat egri chizig'i.

Mazkur qurilma turdosh qurilmalarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

- Kuchsiz shamol tezliklarida ham samarali ishlay oladi va yurgizish momenti katta (oshirilgan).
- ShEQ ning konstruksiyasi yengil, nisbatan sodda tuzulishli ya'ni, material sarfi kam.
- ShEQ qismlari uchun materiallar iqlim sharoitlardan kelib chiqqan holda tanlangan.
- Konstruksiyasi vertikal o'qli bo'lgan shamol turbinalari mintaqa xususiyatiga moslashtirilgan.



Xulosalar.

Xulosa sifatida shuni aytish mumkinki shamol energetik qurilmasini tanlashda turbinaning ishlashiga ta'sir qiluvchi barcha omillar e'tiborga olinishi zarur. Bunday omillarni inobatga olgan holda shamol turbinasini loyihalash texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilanishiga olib keladi.

ShEQni loyihalash va nazariy hisoblashlarda shamol tezligi 12 m/s bo'lganda qurilmaning quvvati 1000 [Vt] ni tashkil etishi kerak edi. Turbina va generatorni tayyorlashda yo'l qo'yilgan texnik kamchiliklar sababli, eksperimental tadqiqot natijalari va nazariy hisoblashlar orasidagi o'rtacha farq -1,5% ni tashkil etdi. Shamol turbinasini tayyorlash mumkin bo'lgan mahalliy mahsulotlarning mexanik puxtaligi tekshirildi, bu mahsulotlardan foydalanib tayyorlangan turbina amaliyotda sinovdan o'tkazildi, shamol turbinasini tayyorlash uchun komponentlarning konsentratsiya miqdori aniqlandi. Taklif etilgan qurilmani yaqin analog hisoblanuvchi xorijda ishlab chiqarilgan P1000 AB modeli va laboratoriyamizda tayyorlangan silliq yuzali vertikal o'qli turbinalar bilan qurilmamizdagi samaradorlik P1000 AB modelga nisbatan 7 % silliq yuzali turbina nisbatan 11 % yuqoriligi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Rohini Janaki Balamurugan and others, Design and multiperspectivity-based performance investigations of H-Darrieus vertical axis wind turbine through computational fluid dynamics adopted with moving reference frame approaches, International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 17, 2022, Pages 784–806, <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac055>
2. De Tavernier, D., Ferreira, C., & van Bussel, G. Airfoil optimisation for vertical-axis wind turbines with variable pitch. (2019). pp 1-16. Wind Energy. doi:10.1002/we.2306
3. Weltner, Klaus. Misinterpretations of Bernoulli's Law. (2015). https://www.researchgate.net/publication/303974495_Misinterpretations_of_Bernoulli's_Law
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/bernoulli_principle_k-4.pdf
4. F.F Muzaffarov. Vertikal o'qli shamol energetik qurilmalarining aerodinamik sirlari hamda ularga ta'sir ko'rsatuvchi kattaliklar. // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Buxoro 2022 (6). 201-207 b.
5. Kadivar, Mohammadreza & Tormey, David & Mcgranaghan, Gerard. A review on turbulent flow over rough surfaces: Fundamentals and theories. International Journal of Thermofluids. (2021). 10. 100077. 10.1016/j.ijft.2021.100077.
6. Yutaka Hara, Koichi Hara, and Tsutomu Hayashi. Moment of Inertia Dependence of Vertical Axis Wind Turbines in Pulsating Winds, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Rotating Machinery Volume 2012, Article ID 910940, 12 pages, doi:10.1155/2012/910940
7. Andrew R. Winslow, Urban Wind Generation: Comparing Horizontal and Vertical Axis Wind Turbines at Clark University in Worcester, Massachusetts. 2014. [https://commons.clarku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1158&context=idce_masters_papers#:~:text=Horizontal%20axis%20wind%20turbines%20\(HAVTs,is%20beneficial%20for%20these%20areas.](https://commons.clarku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1158&context=idce_masters_papers#:~:text=Horizontal%20axis%20wind%20turbines%20(HAVTs,is%20beneficial%20for%20these%20areas.)
8. Xuejing Sun, Jianyang Zhu, Asad Hanif, Zongjin Li, Guoxing Sun. Effects of blade shape and its corresponding moment of inertia on self-starting and power extraction performance of the novel bowl-shaped floating straight-bladed vertical axis wind turbine. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100648>
9. Morren, J., Pierik, J., & de Haan, S. W. H. Inertial response of variable speed wind turbines. Electric Power Systems Research. (2006). 76(11). 980–987. doi:10.1016/j.epr.2005.12.002

