

## **KICHIK TEZLIKLI SHAMOLDAN ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQRUVCHI SHAMOL ELEKTR QURILMALARINI TAHLIL QILISH VA TAJRIBA O'TKAZISH**

**Abdurasulov Komil Fayzulla o'g'li**

**E-mail:** academicaget6767@gmail.com

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika universiteti

**Toshov Sherzod Ergashevich**

Texnika fanlari doktori, PhD

### **ANNOTATSIYA**

*Shamol resurslarini baholash orqali global miqyosda, mamlakat yoki mintaqa bo'yicha yoki ma'lum bir hudud uchun shamol energiyasi potentsialini baholash mumkin. Mintaqamizdagi shamol resurslari potentsialining batafsilroq o'rganilib kichik tezlikli shamoldan elektr energiyani ishlab chiqaruvchi shamol elektr qurilmalari yuzasidan ehtiyot va imkoniyatlar o'rganilgan. Hozirgi kunda mavjud bo'lgan kichik shamol tezligida ham ishlovchi shamol elektr qurilmalari tahlil qilinib ularning yutuq hamda mavjud kamchiliklar yuzasidan izohlar keltirilgan. Shuningdek maqolada kichik shamol tezligida ishlovchi shamol elektr qurilmalari dizayni ustidan ayrim loyihalar tavsiya etilgan. O'tkazilgan tajriba orqali past shamol tezligida ishlovchi qurilmalar xususiyatlari o'rganilgan.*

**Kalit so'zlar:** Shamol kuchi, shamol, potentsial, quvvat, kichik turbinalar, minoralar, quruqlik turbinalari, parrak uzunligi, ustunlar joylashuvi, kichik tezlikli shamoldan elektr energiyani ishlab chiqaruvchi shamol elektr qurilmalarini tahlil qilish.

### **АННОТАЦИЯ**

*Оценки энергии ветра можно использовать для оценки потенциала энергии ветра на глобальном, национальном или региональном уровнях или в конкретном регионе. Более подробно изучен потенциал ветровых ресурсов нашего региона. Изучены преимущества и недостатки тихоходных ветроэнергетических установок. Предложены некоторые проекты проектирования ветроустановок. Изучены характеристики маломощных ветроустановок. Изучал.*

**Ключевые слова:** Ветроэнергетика, ветер, потенциал, мощность, малые турбины, башни, наземные турбины, длина лопастей, расположение колонн, анализ ветровых электростанций, вырабатывающих электроэнергию из низкоскоростного ветра.

## ABSTRACT

*Wind energy assessments can be used to assess wind energy potential globally, nationally or regionally, or for a specific region. The potential of wind resources in our region has been studied in detail and the possibilities and opportunities for low-speed wind power plants have been studied. Some projects have been proposed for the design of wind turbines. The characteristics of low wind turbines have been studied.*

**Keywords:** *Wind power, wind, potential, power, small turbines, towers, land turbines, blade length, column location, analysis of wind power plants generating electricity from low speed wind.*

## KIRISH

Elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun shamol turbinalaridan foydalanish yuz yildan ortiq vaqtdan beri mavjud ammo yoqilg'ularning narxi va atrof-muhitga ta'siri bilan bog'liq so'nggi tashvishlar shamol elektr qurilmalarini keng doiradagi kuchlarini ko'paytirishga turtki bo'ldi. Bugungi kunda tijoratda mavjud bo'lgan ko'plab turdagi shamol energiyasi tizimlari bizga tanish.

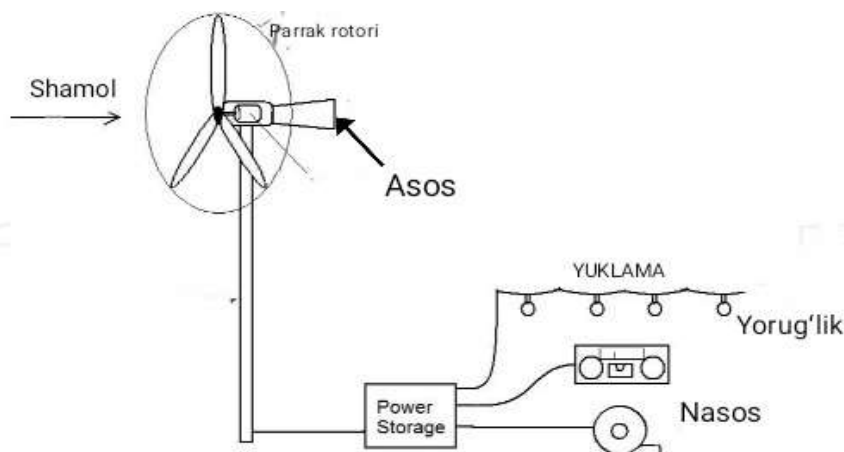
## MUHOKAMA VA NATIJALAR

Bilamizki past quvvatli turbinalar ham odatda nisbatan yuqori shamol tezligi uchun mo'ljallangan, odatda 10-15 m/s . O'rta Osiyodagi ko'plab ichki hududlarga xos bo'lgan past shamol tezligida tijoratda mavjud bo'lgan shamol energetikasi tizimlari sezilarli darajada quvvat ishlab chiqarmaydi. Bu ularni ishlatish imkonini bermaydi yoki shamol tezligi pastroq hududlarda juda samarasiz quvvat olishiga olib keladi. Turbina va generatorning past shamol tezligida tijorat turbinalaridan ko'proq quvvat ishlab chiqarish mumkin. Bu shamol energiyasidan O'rta Osiyoning chekka hududlarida va butun dunyo bo'ylab shamol tezligi past bo'lgan joylarda qo'llash imkonini beradi. Bunga masofaviy meteorologik telemetriya stansiyalari, radioretsatorlar, qishloq uylari va maktablar uchun quvvat, shuningdek, uchqunsiz quvvat manbalarini talab qiluvchi ilovalar, masalan, neft qazib olish, qayta ishlash, yonilg'i quyish va tashish joylari hamda harbiy postlar yaqinidagi elektr energiyasi kiradi. Ayniqsa shamol tezligi past turbinali tizimlarni loyihalashga bag'ishlangan tadqiqotlar va amaliyotda sezilarli natijaga erishilgan tajribalar bugungi kunda eng. Buning uchun shamoldagi mavjud quvvat past shamol tezligida sezilarli darajada past bo'lgani uchun biz 1 kVtdan kichikroq diapazondagi kichikroq turbinalarga e'tibor qaratish zarur.

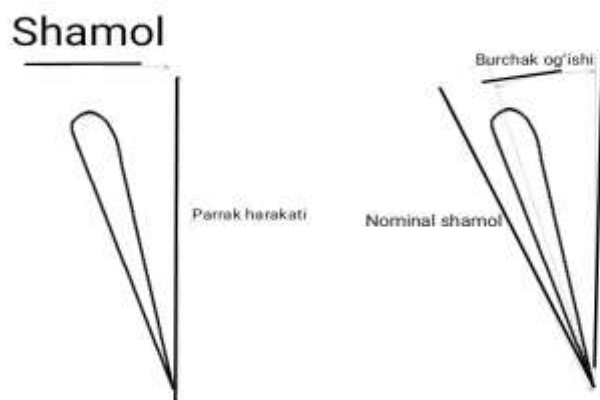
Turbina tomonidan olinadigan shamol kuchi odatda turbinaning supurilgan maydoni va ishlash koeffitsiyenti, havo zichligi va shamol tezligi funktsiyasi sifatida ifodalanadi.

$$P_{\text{turb}} = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3$$

bu yerda  $P_{\text{turb}}$  – vattdagi turbinaning mexanik kuchi;  $C_p$  – o‘lchovsiz ishlash koeffitsiyenti;  $\rho$  –  $\text{kg/m}^3$  dagi havo zichligi;  $A$  –  $\text{m}^2$  da turbinaning supurilgan maydoni;  $V$  – shamolning tezligi  $\text{m/s}$ .



1-rasm. Shamol turbinasi, saqlash tizimi va yuklarni o‘z ichiga olgan odatdagi kichik shamol energiyasi tizimining sxemasi



2-rasm. Shamol vektori

Dengiz sathi yaqinidagi shamol joylari uchun atmosfera bosimi taxminan 1,18 kg/m<sup>3</sup> ni tashkil qiladi va balandlik bilan kamayadi. Ishlash koeffitsiyenti turbinaning dizayni bilan bogʻliq boʻlib, u Betz chegarasi deb ataladigan 0,593 nazariy yuqori chegarasiga ega. Koʻpgina 10 kVt quvvatli shamol turbinalari 8 dan 12 m / s gacha tezlikka ega. Kichik tijorat turbinalarining ishlash koeffitsiyenti odatda ishlab chiqaruvchilarning nominal quvvatlari, tezligi va diametrlari asosida 0,25 dan 0,45 gacha boʻladi. Turbinaning kuchi supurilgan maydonga toʻgʻridan-toʻgʻri proporsionaldir, shuning uchun u pichoq uzunligi kvadratiga proporsionaldir. Turbina quvvatiga eng katta taʼsir koʻrsatadigan omil shamol tezligidir.

Turbinani kesish tezligidan nominal tezlikgacha turbinaning kuchi shamol tezligi kubiga proporsionaldir. Bu shuni anglatadiki, 10 m / s tezlikdagi shamol 5 m / s shamoldan sakkiz baravar koʻp kuch beradi. Shuning uchun koʻpgina turbinalar shamol tezligi juda yuqori: bu yuqori quvvat ishlab chiqarishga erishishning eng oson yoʻli hamdir

Ushbu maqolada shamol elektr qurilmalari ish rejimlari oʻrganildi mavzu yuzasidan barcha elektron hamda yozma manbalar oʻrganildi. Hozirda mavjud boʻlgan kichik shamol tezligida ishlovchi shamol elektr qurilmalari istidan amaliy tajriba olib borilib mintaqqa iqlim sharoiti uchun muqobil loyihalar koʻrib chiqildi.

Kichik turbinalar xarajat va ishlash cheklovlari tufayli cheklangan turli xil dizaynlarga ega. Eng keng tarqalgan dizayn – bu toʻxtash joyini tartibga soluvchi, oʻzgaruvchan tezlik, gorizontal oʻq, sobit pitch 3-pichoq, toʻgʻridan-toʻgʻri haydovchi doimiy magnitli mashinalaridir. Pichoqning balandligini boshqarishni iqtisodiy jihatdan oqlash qiyin boʻladi, shuning uchun pichoqlarga qattiq qadam beriladi va nominal tezlikda quvvat ishlab chiqarish uchun optimallashtiriladi. Bu faol qadam nazoratiga ega turbinaga qaraganda past tezlikda yomon ishlashga olib keladi. Turbinaning maksimal tezligi shamol tezligi va qoʻllaniladigan yuk bilan belgilanadi. Odatda turbinaning haddan tashqari tezligini va batareyalarni haddan tashqari zaryadlashni oldini olish uchun quvvat boshqaruvchisi talab qilinadi. Ushbu quvvat boshqaruvchisi, shuningdek, turli shamol tezligida shamol turbinasidan optimallashtirilgan quvvat olish imkonini beruvchi quvvatni moslashtiruvchi sxemani ham oʻz ichiga olishi mumkin. Turbinaning haddan tashqari tezligi generatorga past qarshilik yukni qoʻllash, turbinaga yuk momentini oshirish, pichoqlarni sekinlashtirish va natijada aerodinamik toʻxtash orqali oldini oladi.

Turli ishlab chiqaruvchilarning turbinaning texnik tavsiflarini bildirishi oʻrtasida sezilarli farqlar mavjud, ammo odatda turbina nominal shamol tezligida nominal

quvvatni ishlab chiqarishi tushuniladi. Kichik shamol turbinalari uchun chop etilgan ma'lumotlarning so'roviga asoslanib, biz quyidagi tipik tijorat turbinasi spetsifikatsiyalarini tanladik:

*Kichik shamol elektr qurilmalari xususiyatlari*

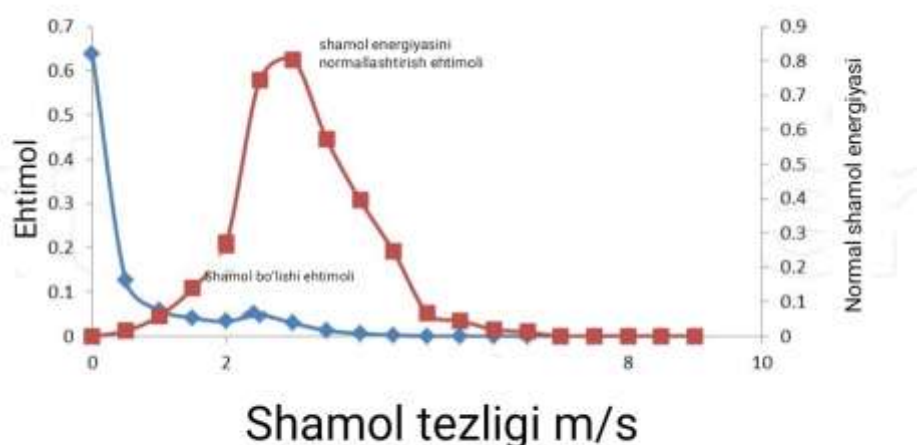
*1-jadval*

Turbinaning diametri	m	1.6	2.7	5.5
Nominal shamol tezligi	m/s	10	10	10
Nominal quvvat	V	300	1000	5000
Nominal turbinaning tezligi	rpm	400	300	200
3 m/s tezlikda bashorat qilingan quvvat	V	8	27	135
Ishlash koeffitsienti		0,25	0,30	0,36

Ushbu turbinalar shamol pastroq hududga o'rnatilganda ishlab chiqarilgan haqiqiy quvvat nominal quvvatdan sezilarli darajada kam bo'ladi. Masalan O'rta Osiyoning katta qismida shamol tezligi atigi 3 m/s ni tashkil qiladi. Bu tezlikda kesilgan turbinalar ostida bo'lishi mumkin (u quvvat ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan eng past tezlik), agar quvvat shamol tezligi kubiga proporsional bo'lsa, biz jadvalda sanab o'tilganidek, nazariy quvvat ishlab chiqarishni 3 m / s tezlikda hisoblashimiz mumkin. Ko'rinib turibdiki, ushbu mashinalarning ishlab chiqarish quvvati nominal quvvatdan ancha past, bu shamol tezligi past hududlar uchun turbinani optimallashtirish zarurligini ta'kidlaydi.

Ko'pgina havo plyonkalari uchun ko'tarilish 10 dan 15 darajagacha bo'lgan hujum burchagida maksimal darajaga ko'tariladi. Shubhasiz, hujum burchagi shamol tezligi va turbinaning tezligiga bog'liq bo'ladi. Turbinaning ishlashini tahlil qilishda qulay parametr bu uchish tezligi nisbati (TSR) turbinæ pardasi uchining chiziqli tezligining ustun shamol tezligiga bo'linishi sifatida aniqlanadi. Shamol tezligi uchun pastroq burchak burchagi maksimal ko'tarilishda yuqori TSRga olib keladi. Kattar burilish burchagi pastroq 11 da maksimal ko'tarilish va shuning uchun katta momentni berishga TRS [moyil bo'ladi]. Oxir-oqibat, yuqori ishlash koeffitsiyentlariga pastroq bo'lgan pichoqlar erishiladi pitch burchaklari va yuqori TRS, ammo past tezlik momenti hisobiga, bu esa tezlikni yuqori kesishga olib keladi.

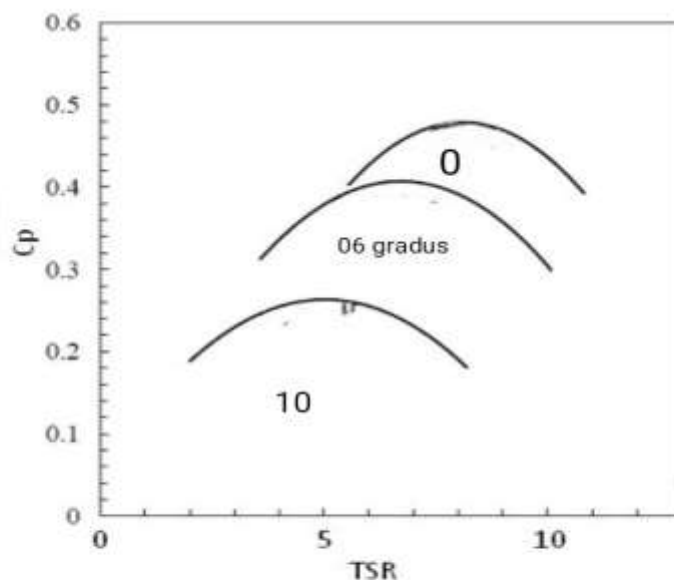




*5-rasm. Shamol va shamol tezligining pastligi sinov maydonchasidan shamol energiyasining normallashtirilgan ehtimoli*

Juda past shamol tezligida turbina ishqalanishni yengish uchun juda kam moment ishlab chiqaradi. Shamol tezligi turbinaning aylanishini ta'minlash uchun yetarli bo'lsa, chiqish quvvati shamol tezligi kubiga taxminan proporsional bo'ladi. Bu nominal tezlikka to'g'ri keladi. Ushbu tezlikdan yuqori quvvat ishlab chiqarish darajasi pasayadi va to'xtab turish bilan tartibga solinadigan turbinalar shamol tezligi oshishi bilan aslida pasayadi. Nihoyat, yana ham yuqori shamol tezligida, mo'yna tezligida, turbina mashinaga zarar bermaslik uchun o'chiriladi. Odatda turbinaning quvvat egri chizig'i 4-rasmida ko'rsatilgan. Turbinadagi kuchlanish shamol yuk bilan bog'liq bo'lib, pichoqning shamol yo'nalishi bo'yicha egilishiga, markazdan qochma kuchlarga, pichoqlarni radial ravishda tashqariga tortishga va turli xil bo'yoqlarga olib keladi.

Dinamik stresslar. Markazdan qochma kuchlar pichoqning og'irligiga, pichoq uzunligiga va turbina tezligining kvadratiga mutanosib bo'lib, turbinaning maksimal tezligini cheklaydi. Xuddi shunday materiallar va pichoq dizaynini nazarda tutadigan bo'lsak, bir xil kuchlanish darajasiga erishish uchun kattaroq va og'irroq pichoq kichikroq pichoqqa qaraganda pastroq tezlikda aylanishi kerak bo'ladi. Turbinaning



3-rasm.Koeffitsient



4-rasm.Turbina quvvati shamol tezligiga nisbatan.

maksimal tezligi shamol turbinasidagi cheklovchi omillardan biriga aylanadi, bu juda mustahkam dizayn yoki faol tezlikni boshqarish tizimini talab qiladi. To'xtashni boshqarish tizimlarini amalga oshirish mexanik jihatdan oddiy va shuning uchun kichik turbinali tizimlarda keng tarqalgan. Shamol tezligi nominal tezlikdan oshib ketganda, katta elektr yuki, odatda, yuqori quvvatli rezistorlar banki, papgeneratorning. Chiqishiga yolg'on gapirdi. Bu turbinadagi moment yukini

oshiradi, sekin – TSR ing it. Kamayishi bilan hujum burchagi tegmaslikdan yuqoriga ko‘tariladi va ko‘tarilish pasayadi.

Moment nazorati. Bu keyinchalik turbinaning momentini pasaytiradi va uni yanada sekinlashtiradi. Ushbu usul kichik turbinalardagi haddan tashqari tezlikni oldini olishda samarali ekanligini ko‘rsatdi.

Kichik tezlikli shamoldan elektr energiyani ishlab chiqaruvchi shamol elektr qurilmalarini loyihalash

Yuqorida aytib o‘tilganidek, bu yerda ayni muammo shundaki, mavjud tijorat turbinalari odatda sayyoramizning asosiy qismlari uchun odatdagi shamol tezligidan ancha yuqori bo‘lgan shamol tezligi uchun mo‘ljallangan. Bu hududlar uchun potentsial energiya stsenariysidan shamol energiyasini shunchaki chiqarib tashlash o‘rniga, biz shamol tezligi past bo‘lgan hududlar uchun kichik shamol turbinesi loyihalashni xohlaymiz. O‘rta Osiyoning katta qismi (SEA) shamol tezligi nisbatan past bo‘lgan mintaqada joylashgan. Malayziyadagi sinov maydonchasidagi shamol tezligi ma‘lumotlari 5-rasmda ko‘rsatilgan.

Elektr energiyasini olishni yaxshilash uchun shamol turbinesi tubdan qayta qurishni talab qiladi. 1-tenglama bizga qanday davom etishimiz haqida birinchi ko‘rsatma beradi. Berilgan shamol tezligi uchun turbina maydonini o‘zgartirish va ishlash koeffitsiyentini optimallashtirish qoladi. Parraklar uzunligi oshirish, turbinaning ta’sir maydonini oshirish, turbinaning quvvatini oshirish. Biroq, bu turbinaga yukni oshiradi va aylanish tezligining sekinlashishiga olib keladi. generator dan elektr energiyasi ishlab chiqarish aylanish tezligining kvadratiga mutanosibdir, shuning uchun TRSn i maksimal darajada oshirish va shu bilan generator tezligini oshirish uchun qadam burchagini sozlash foydali bo‘lishi mumkin. Past shamol tezligi uchun turbina uyasi ham, generator ham quvvat ishlab chiqarishning maqbul darajasiga erishish uchun kattaroq pichoqlar uchun qayta optimallashtirishga muhtoj bo‘ladi.

Dizayn uchun boshlang‘ich nuqta sifatida biz SEAning chekka hududlariga xos bo‘lgan namunaviy qishloq uyini energiya bilan ta’minlashga qodir tizimni tanlaymiz. Bunday turar-joylar odatda elektr chiroqlari, radio va televizorlarni quvvatlantirish uchun qayta zaryadlanuvchi avtomobil qo‘rg‘oshin kislotali akkumulyatorlaridan foydalanadi. Ushbu batareyalar har hafta zaryadlash uchun dizel bilan ishlaydigan generator stantsiyasiga olib boriladi. Har hafta batareyalarni tashish qishloq aholisi uchun katta yuk bo‘lib, uni shamol energetikasi tizimidan foydalanish bilan yengillashtirish mumkin. Elektr energiyasidan foydalanishning yaxshilanishi bilan elektr energiyasi iste’moli sezilarli darajada oshadi. Qo‘shimcha quvvat yaxshilangan



yoritishga, fanatlar va hatto muzlatgichlar kabi qo‘shimcha qurilmalarga sarflanishi mumkin.

Shamol energetikasi tizimi elektr energiyasini ishlab chiqarmasdan, bir hafta davomida ijaraga olingan yetarli saqlash hajmiga ega bo‘lishi kerak, shuning uchun bizga kamida 7 kVt / soat elektr saqlash kerak. Ko‘pgina kichik tarmoqdan tashqari elektr quvvati ilovalarida bo‘lgani kabi, quvvat 12V avtomobil akkumulyatorlarida saqlanadi. Elektr uzatish yo‘qotishlarini minimallashtirish uchun biz bunday ilovalar uchun xavfsiz deb hisoblangan eng yuqori tizim kuchlanishini tanlaymiz. 48V ish kuchlanishiga ketma-ket 4 ta akkumulyator bilan erishish mumkin va 7 kVt / soat energiya saqlash cheklovi oddiy yuk mashinalari akkumulyatorlari kabi taxminan 150Ah batareya quvvatiga aylanadi.

2-jadval. Kichik shamol tezligida ishlovchi shamol elektr qurilmalari generatori xususiyatlari

Shamol tezligi	Xoni	5
	m	
Quvvat	V	27
		2
Balda uzunligi	m	2.
		25
Cp		0.
		29
Generator tezligi	rpm	34
		0
Generator samaradorligi	%	80
Kuchlanishi	V	48
Hozirgi	A	5.
		8
polyaklar		12
Fazalar		3
Rotor ID	mm	12
		5
Rotor OD	mm	36
		0

Tepalik tepasida turbinani yaxshi o‘rnatish bilan, SEAning ba’zi qirg‘oqbo‘yi mintaqalarida 5 m/s ga yaqin cho‘qqi quvvat ehtimoli bo‘lishi mumkin. Uzoq muddatli o‘lchovlardan biz shamol ushbu maqsad tezligiga vaqtning taxminan 20% yoki kuniga 4,8 soat erishishi mumkinligini aniqlashimiz mumkin. Buni taxmin qilsak qurilma tizimdagi yo‘qotish yoki o‘rnini qoplash uchun kunlik talab qilinadigan quvvatdan taxminan 1/3 ga to‘yingan fko‘proq ishlab chiqarishi kerak bo‘lsa, biz kuniga taxminan 1,3 kVt/soat elektr energiyasini ishlab chiqaramiz.

Kuniga 4,8 soat quvvat ishlab chiqarishda tizim 5 m/s shamolda taxminan 270 Vt ishlab chiqarishi kerak bo‘ladi. Generatorning samaradorligi 80% va Cp 0,29

deb faraz qilsak, 1-tenglamadan biz turbinaning maydoni 15,9 m ekanligini aniqlashimiz mumkin.2, taxminan 2,25 m pichoq uzunligini beradi. Agar biz an’anaviy TSR ni 8 atrofida qabul qilsak, turbina 170 aylanish tezligida aylanadi.

Ba'zi bir dastlabki o'lchovlarga asoslanib, an'anaviy generator dizayni kerakli quvvatga erishish uchun ancha yuqori aylanish tezligini talab qilishi aniqlandi, shuning uchun biz bu tezlikni ikki baravar yoki 340 rpm ga oshiramiz. Operatsion TSR tizimni dala sinovidan o'tkazishda turbinalar pichog'ining balandligini sozlash orqali optimallashtiriladi, ammo biz an'anaviy nisbatdan ikki baravar yuqori bo'lgan TSR ni 16 ga belgilaymiz. Ushbu nuqtada generatorning ish oqimi taxminan 5,8A bo'ladi.

## **XULOSA**

Aksariyat tijorat turbinalari nisbatan yuqori shamol tezligi, taxminan 10 m/s uchun mo'ljallangan bo'lib, 5 m/s dan past bo'lgan arziyas miqdorda quvvat ishlab chiqaradi. An'anaviy eksenel oqimni, to'g'ridan-to'g'ri qo'zg'atuvchi gorizonttal o'qli 3 qanotli shamol turbinasining boshlang'ich nuqtasi sifatida biz turbina va generatorni shamol tezligining pastroq ishlashi uchun optimallashtirishga muvaffaq bo'ldik va past shamol tezligida mavjud tijorat turbinalariga qaraganda sezilarli darajada yuqori quvvat ishlab chiqarishga erishdik. Turbinani yanada optimallashtirish mumkin va havo plyonkasi shakli, pichoq og'irligi va konstruksiyasiga e'tibor qaratish kerak. Kattaroq parrak pichoqlardan foydalanish turbina va minoraning narxini va og'irligini oshiradi, ammo shamol energiyasi nisbatan past shamolli hududlarda ham munosib alternativ bo'lishi mumkinligiga isbotlandi.

## **REFERENCES**

1. Безруких П. П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М. : Институт устойчивого развития, 2014. 74 с.
2. Токарева Е. А. Выбор ветроэнергетической установки // «Студенческие Дни науки в ТГУ» : сборник студенческих работ. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. 621с. С.151-152.
3. Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями. -Томск : изд-во Томского политех. университета, 2015. -120 с.
4. Черноталова Е. А. Определение ветроэнергетической установки // «Молодежь. Наука. Общество»: Всероссийская научно – практическая Междисциплинарная конференция (Тольятти, 5 декабря 2018 года): Электронный сборник студенческих работ / отв. За вып. С. Х. Петерайтис. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. 621с. С.722–725.

- 
5. Ахметов И. Г. Молодой ученый // Спецвыпуск Омского Государственного технического университета. 2016. № 28.2. С. 15–65.
6. Об энергосбережении и о повышении энергетической Эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 23.11.2009 № 261. URL: <https://rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>.