VERTIKAL O‘QLI SHAMOL GENERATORINING PICHOQLARINING DIZYNLARINI MODELLASHTIRISH

Uzbekov M.O
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Raxmonov.B.E
Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail:: *boburraxmonov1234@gmail.com*
Tel: +998996959697

Annotatsiya: Maqolada vertikal o‘qli shamol turbinasining loyihasi ilgari suriladi, bunda ilgak shaklidagi ichi bo‘sh havo kesuvchi pichoqlar T-tipli alyuminiy profillar orqali aylanish o‘qiga mahkamlanadi. Ushbu turbina Qoraqalpog‘istonning chekka hududlaridagi shamol sharoitlari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, eng yomon holat sifatida 12 km/soat tezlikdagi kuchli shamollar hisobga olingan. Konstruktsiyalarning tahlili SolidWorks dasturida yaratilgan modellar asosida ANSYS dasturida yakuniy elementlar usuli bilan o‘tkazilgan. Yakuniy prototip asosan zanglamas metaldan tayyorlangan va 6000 dollarlik byudjet asosida qurilgan. Uning pichoqlari 90 sm uzunlikda, eni 30 sm va butun turbina diametri 270 smni tashkil qiladi.

Kalit so’zlar: VAWT, HAWT**,** Savonius**,** Darrieus*, eggbeater,* Shamol generatori, havo massasi, shamol tezligi, aylanish momenti, vertikal joylashgan pichoqlar.

Аннотация: В статье представлена конструкция вертикальной осевой ветровой турбины, в которой крючкообразные полые воздухорежущие лопасти закреплены на оси вращения алюминиевыми профилями Т-образного типа. Эта турбина спроектирована для ветровых условий отдаленных районов Каракалпакстана, и в качестве наихудшего сценария учитываются сильные ветры скоростью 12 км/ч. Анализ конструкций проводился с использованием метода конечных элементов в ANSYS на основе моделей, созданных в SolidWorks. Окончательный прототип был изготовлен в основном из нержавеющей стали и был построен с бюджетом в 6000 долларов США. Его лопасти имеют длину 90 см, ширину 30 см, а диаметр всей турбины составляет 270 см.

Ключевые слова: VAWT, HAWT, Савониус, Дарье, взбиватель, ветрогенератор, воздушная масса, скорость ветра, крутящий момент, вертикально расположенные лопасти.

Abstract: The article presents a design of a vertical axis wind turbine, in which the hook-shaped hollow air-cutting blades are fixed to the axis of rotation by T-type aluminum profiles. This turbine is designed for wind conditions in remote areas of Karakalpakstan, and as a worst-case scenario, strong winds of 12 km/h are taken

ISSN 3030-3907

into account. The analysis of the structures was carried out using the finite element method in ANSYS based on models created in SolidWorks. The final prototype was made mainly of stainless steel and was built on a budget of $ 6,000. Its blades are 90 cm long, 30 cm wide, and the diameter of the entire turbine is 270 cm.

Keywords: VAWT, HAWT, Savonius, Darrieus, eggbeater, Wind generator, air mass, wind speed, torque, vertically positioned blades.

Kirish

Vertikal o‘qli shamol turbinalari (VAWT — Vertical Axis Wind Turbines) XIX asrning oxirlaridan beri mavjud [1]. Biroq, materiallar va hisoblash texnologiyalaridagi cheklovlar sababli, bu turdagi turbinalar shu vaqtgacha yetarlicha rivojlanmagan. Aksincha,vertikal o‘qli shamol turbinalari so‘nggi asr davomida yanada ko‘proq rivojlangan, chunki ularni qurish nisbatan oson va ularning ishlashini modellashtirish qulayroq bo‘lgan. Vertikal o‘qli shamol turbinalari (VAWTlar) gorizontal o‘qli turbinalar (HAWTlar) bilan taqqoslanganda bir qator afzalliklarga ega. VAWTlar shamol yo‘nalishiga sezgir emas, ya’ni ular shamolga qarata burilish uchun qo‘shimcha mexanizm talab qilmaydi. Nazariy jihatdan, VAWTlar o‘lcham jihatidan kichikroq bo‘lgani sababli, ularni qurishda HAWTlarga nisbatan kamroq material talab etiladi. Bundan tashqari, VAWTlarda generator yerga yaqin joylashgan bo‘ladi, bu esa ularni texnik xizmat ko‘rsatish jihatidan ancha qulay qiladi. Shuningdek, VAWTlar odatda HAWTlarga nisbatan kamroq shovqin chiqaradi. Biroq, ayrim jihatlarda gorizontal o‘qli shamol turbinalari (HAWTlar) vertikal o‘qli turbinalarga (VAWTlar) nisbatan ustunlikka ega. HAWTlar, odatda, shamol oqimiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri yuzlanadi, bu esa ularning samaradorligini oshiradi. Aleksandriyalik Geron tomonidan birinchi gorizontal o‘qli shamol qurilmasi yaratilganidan buyon ikki ming yillik vaqt ichida insoniyat turli HAWT dizaynlarini keng miqyosda sinab ko‘rgan [2]. Aksincha, VAWTlar atigi bir asrdan sal ko‘proq vaqt davomida mavjud bo‘lib, ularning samaradorligi uncha uzoq muddat davomida tekshirilmagan. Hozirgi HAWT dizaynlari yuqori darajada optimallashtirilgan va katta hajmdagi elektr energiyasini ishlab chiqarishga qodirligi isbotlangan. Shamol elektr stansiyalari (wind farms) HAWTlar bilan juda yaxshi ishlaydi. Bugungi kunda tijoratda mavjud bo‘lgan materiallar bir asr avvalgi materiallarga qaraganda ancha mustahkam va chidamli. Bundan tashqari, zamonaviy raqamli tahlil (analiz) dasturlari — avvalgi asrlarda olimlar va muhandislar ixtiyorida bo‘lmagan kuchli vositalar — hozirgi kunda keng qo‘llanilmoqda. Natijada, VAWT (vertikal o‘qli shamol turbinalari) dizaynlarini takomillashtirish yo‘lida katta yutuqlarga erishilmoqda. Vertikal shamol parraklari

ISSN 3030-3907

Vertikal o‘qli shamol turbinalarining ikki asosiy turi mavjud: Savonius va Darrieus turbinalari. Savonius turbinasi aylanish uchun shamol qarshiligidan (drag) foydalanadi. Ushbu turdagi turbinalar tashqi ko‘rinishi bo‘yicha qoshiq (kovak) shakliga o‘xshaydi. Dizayni tufayli Savonius turbinalari shamoldan tezroq aylanolmaydi, bu esa ularning ishlab chiqarishi mumkin bo‘lgan quvvat miqdorini cheklaydi. Shunga qaramay, Savonius turbinalari o‘z-o‘zidan ishga tushish xususiyatiga ega bo‘lib, aylanishni boshlash uchun qo‘shimcha motor talab etmaydi va kuchli shamollar vaqtida aylanishni sekinlashtirish uchun odatda tormoz tizimiga ehtiyoj sezilmaydi. Bundan tashqari, Savonius turbinalarini qurish nisbatan oson hisoblanadi. Darrieus turbinalari aylanish uchun ko‘taruvchi kuch (lift) ta’siridan foydalanadi. Shu sababli, ular shamol tezligidan yuqori tezlikda aylanishi mumkin va natijada ko‘proq quvvat ishlab chiqara oladi. Odatda, Darrieus turbinalarida havofoylli pichoqlar aylanish o‘qiga tayanch novdalar (strutlar) orqali ulanadi, ba’zi dizaynlarda esa tayanch va pichoqlar yagona element sifatida birlashtirilgan bo‘ladi. Darrieus turbinalarini ishga tushirish va to‘xtatish uchun odatda qo‘shimcha motor va tormoz tizimi talab qilinadi, bu esa umumiy dizaynni murakkablashtiradi va narxni oshiradi. Shuningdek, Darrieus turbinalarining pichoqlari aylanish o‘qidan uzoqda joylashgani sababli, ularni qurish ko‘proq muhandislik ishlari va materiallar talab etadi. Darrieus turbinalarida samaradorlikni maksimal darajada oshirish maqsadida turli xil pichoq shakllari qo‘llanilgan. Eng ko‘p tarqalgan shakl — to‘g‘ri pichoqli (straight blade) havofoyllardir. Ularning profili tijoratda mavjud bo‘lgan havofoyllarga o‘xshab, butun balandligi bo‘ylab bir xil kesimga ega bo‘ladi. To‘g‘ri pichoqlarni ishlab chiqarish nisbatan oson va arzon, biroq ular unchalik samarali yoki mustahkam emas. Bunday turbinalar ko‘pincha *giromill* deb ataladi. Bundan tashqari, *spiral (helical)* shakldagi pichoqlar ham ishlatiladi. Ularning afzalligi shundaki, ular butun aylanish davomida doimiy moment (torque) hosil qiladi. Ammo bunday pichoqlarni yasash murakkabroq va xarajatliroq hisoblanadi. Yana bir variant — *“eggbeater”* shaklidagi pichoqlar bo‘lib, ular o‘qdan tashqariga egilib, keyin yana o‘q tomonga qayriladi. Bunday shakl aylanish o‘qidan uzoqdagi massa ta’sirini kamaytiradi, ammo ishlab chiqarilishi qiyin va juda qimmat turadi. Odatda, to‘g‘ri va spiral shakldagi pichoqlarni harakat o‘qiga ulash uchun to‘g‘ri tayoq shaklidagi tayanchlar (strutlar) ishlatiladi. Bunday tayoq strutlarni loyihalash oson, biroq ular ko‘pincha pichoq va strut tutashgan joyda nosozlikka uchraydi. Ba'zi strutlar havofoyl shaklida bo‘lib, ular shamol qarshiligini kamaytiradi, ammo bunday strutlarni ishlab chiqarish yanada murakkabroq bo‘ladi. Soddaroq dizaynlarda odatda ikki to‘plam gorizontal strutlar ishlatiladi: biri pichoqning yuqori qismiga, ikkinchisi esa pastki qismiga ulanadi. Boshqa bir dizayn esa bitta markaziy

ISSN 3030-3907

tugundan (hub) pichoqning yuqori va pastki qismlariga burchak ostida strutlar ulanishini ko‘zda tutadi. Bunday yagona tugunli dizayn faqat bitta ulanish nuqtasini talab qiladi, lekin burchakli ulanishlar hisobiga har bir gorizontal masofaga nisbatan konstruktsiya og‘irroq bo‘ladi. Bugungi kunda tijoratda mavjud bo‘lgan vertikal o‘qli shamol turbinalarining aksariyati giromill turining turli modifikatsiyalariga asoslangan. Ba’zi pichoqlar tashqariga qavariq egilgan bo‘lib, bu ularni *eggbeater* dizaynini eslatadi, biroq ular, odatda, boshqa to‘g‘ri pichoqli dizaynlardagi kabi to‘g‘ri strutlar orqali aylanish o‘qiga ulanadi. *Eggbeater* uslubidagi VAWTlar ko‘proq tijorat maqsadlarida qo‘llaniladi, chunki maxsus shakldagi pichoqlarni ishlab chiqarish xarajati katta bo‘lsa-da, yirik ishlab chiqarishda bu xarajatlar miqyos iqtisodiyoti orqali oqlanadi. Ushbu turdagi turbinalar o‘z shakli tufayli odatda strutlarsiz bo‘ladi, biroq ba’zida pichoqlarning uchlariga yaqin joylarda yordamchi strutlar o‘rnatiladi. Spiral shakldagi (helical) pichoqlar esa bozorda kamyob bo‘lib qolmoqda. Aerodinamika Joukowski havofoyllari keng tarqalgan va matematik jihatdan yaxshi o‘rganilgan. Joukowski havofoyli doiraning koordinatalarini zeta tekisligidan x-y tekisligiga quyidagi transformatsiya orqali o‘zgartirish natijasida hosil qilinadi:

$$z = \zeta + \frac{1}{\zeta}$$

Bu natijada x-y tekisligida havofoyl shakli hosil bo‘ladi. Joukowski havofoyllari o‘ziga xos tarzda nol darajali orqa qirra (trailing edge) burchagiga ega bo‘ladi. Ushbu havofoyl shakli keyinchalik ko‘taruvchi kuch (lift) va qarshilik kuchi (drag)ni hisoblash uchun tahlil qilinadi. Ko‘taruvchi kuchni hisoblash uchun Kutta–Joukowski teoremasi qo‘llaniladi.

$$L = \rho_\infty V_\infty \Gamma$$

L — bu birlik uzunlikka to‘g‘ri keladigan ko‘taruvchi kuch. ρ — suyuqlik zichligi bo‘lib, u doimiy deb qabul qilinadi, chunki suyuqlik siqilmaydigan (incompressible) deb hisoblanadi. V — havofoyldan uzoqdagi suyuqlikning (yoki havoning) oqim tezligi. Γ (Gamma) — aylanish (circulation) parametri bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\Gamma = \pi V_\infty l \left(1 + \frac{0.77t}{l}\right) \sin(\alpha + \frac{2h}{l})$$

l — havofoylning chord (uzunlamasiga) uzunligi, t — havofoylning maksimal qalinligi, α — hujum burchagi (airfoilga kelayotgan oqim bilan hosil qiladigan burchak), h — markaziy chiziqning maksimal egilishi (camber) [3].
Qarshilik kuchi (drag) qisman Reynoldson soniga bog‘liq bo‘ladi, shuning uchun Reynoldson soni quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu}$$

ISSN 3030-3907

Reynoldson sonidan foydalangan holda parazit qarshilik koeffitsientini quyidagicha taxminan aniqlash mumkin:

$$c_p = \frac{0.455}{\log Re^{2.58}}$$

Parazit qarshilik — bu sirt ishqalanishi (skin friction) va shakl qarshiligi (form drag) ta'sirlarining yig‘indisidir. Induksiyalangan qarshilik koeffitsienti (induced drag coefficient) esa quyidagicha taxminan aniqlanishi mumkin:

$$c_i = \frac{C_L^2}{0.85\pi AR}$$

Ushbu tenglamada Cl — ko‘taruvchi kuch koeffitsienti (coefficient of lift), AR esa havofoylning nisbiy uzunlik koeffitsienti (aspect ratio) bo‘lib, u qanot uzunligi (span) ning chord uzunligiga nisbati bilan aniqlanadi. Cl ni bevosita quyidagi formula orqali hisoblash mumkin:

$$C_L = 2\pi\left(1 + 0.77\frac{t}{l}\right)\sin\left(\alpha + \frac{2h}{l}\right)$$

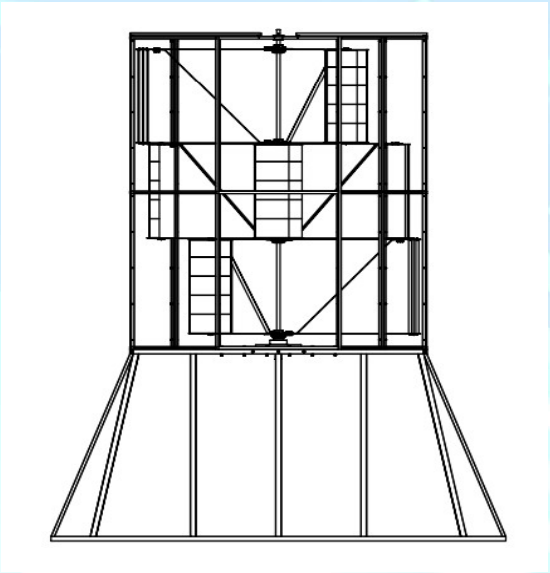
Induksiyalangan qarshilik (induced drag) havo oqimining havofoyl atrofida yo‘nalishi o‘zgarishi natijasida yuzaga keladi va u erkin oqimga parallel yo‘nalgan kuch komponentasini tashkil etadi. Parazit va induksiyalangan qarshilik koeffitsientlarining yig‘indisi umumiy qarshilik koeffitsienti **(**total drag coefficient**)** ni beradi. Ko‘taruvchi kuch va qarshilik kuchi nisbatiga lift-to-drag ratio deyiladi. Bu — ko‘taruvchi kuchning umumiy qarshilik kuchiga bo‘lgan nisbatidir. Xuddi shunday tarzda, ko‘taruvchi kuch koeffitsienti bilan umumiy qarshilik koeffitsientining nisbatini olish ham ayni shu nisbatni beradi . Effektiv hujum burchagi — bu havofoyl markaziy chizig‘ining kelayotgan oqimga nisbatan hosil qiladigan burchagidir. Ushbu burchakning qiymati havofoylning oqimga nisbatan fizik joylashuvi va havofoyldagi egrilik (camber) miqdoriga bog‘liq. Egrilik qancha katta bo‘lsa, effektiv hujum burchagi shuncha yuqori bo‘ladi. Egrilik natijasida hujum burchagining oshishini quyidagicha hisoblash mumkin: 2h/l. Ma’lum bir hujum burchagida ko‘taruvchi kuch va qarshilik kuchi nisbati maksimal bo‘ladi — bu tanqidiy hujum burchagi (critical angle of attack) deb ataladi. Bu burchak odatda erkin oqimga nisbatan 10 dan 15 darajagacha bo‘lgan oraliqda joylashadi. Turbina pichoqlari uchining tezlik nisbati maksimal quvvat ishlab chiqarishga erishishda muhim ahamiyatga ega. Tip speed ratio — bu rotor uchi tezligining shamol tezligiga nisbati bo‘lib, quyidagicha ifodalanadi:

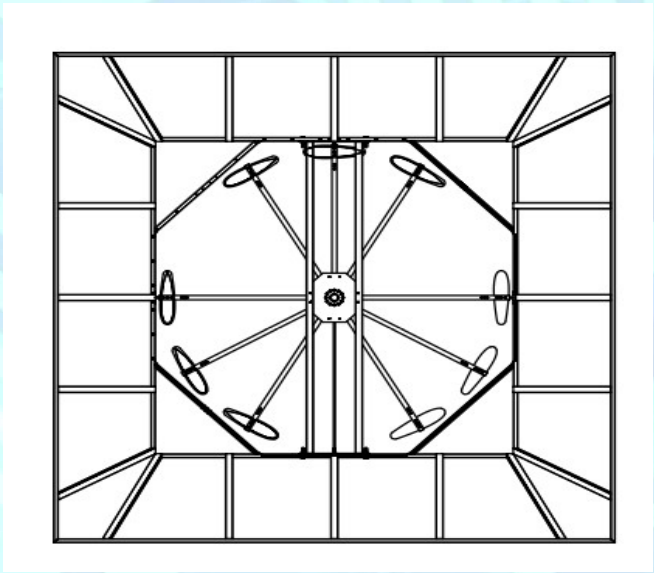
$$\lambda = \frac{\omega r}{V}$$

bu yerda λ — pichoqlar uchining tezlik nisbati, ω — rotorning aylanish tezligi, r — rotordan pichoqqacha bo‘lgan radius, V esa shamol tezligidir. Optimal ishlash uchun pichoqlar uchining tezlik nisbati quyidagicha taxminan aniqlanishi

ISSN 3030-3907

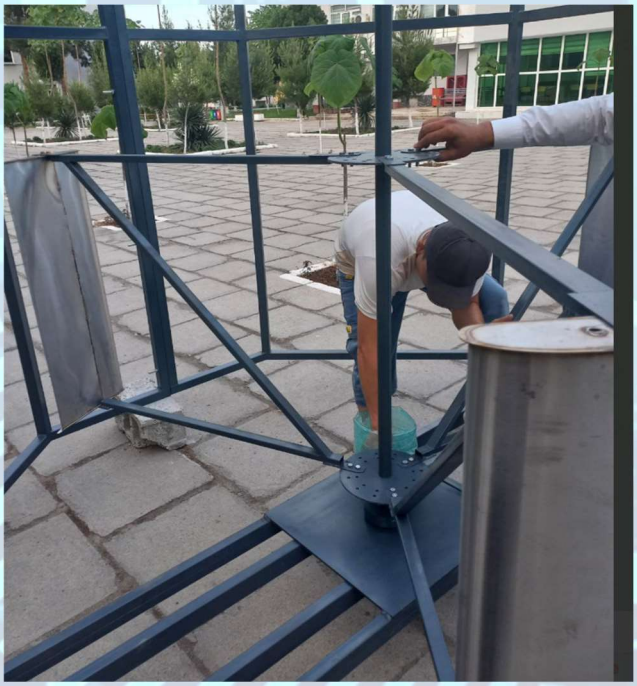
mumkin: Mavjud dizaynlarni dastlabki o‘rganishdan so‘ng, bir nechta g‘oyalar dizayn daftariga chizib chiqildi. Ushbu dizayn g‘oyalari ichidan eng yaxshilari amalga oshirish uchun tanlab olindi.





Loyihaning materiali sifatida nima tanlanishi bo‘yicha tadqiqotlar olib borildi. Ko‘rib chiqilgan uchta asosiy material — po‘lat, alyuminiy va uglerod tolasi (carbon fiber) bo‘ldi. Alyuminiy po‘latga nisbatan engilroq bo‘lgani uchun tanlandi. Alyuminiy esa uglerod tolasiga nisbatan arzonroq bo‘lgani, mahkamlagichlar (bolt, vint va boshqalar) ko‘proq mavjud bo‘lgani hamda maxsus uskunalarsiz ham oson shakl berish mumkinligi tufayli afzal deb topildi.





Loyihalash jarayonida bir nechta umumiy taxminlar qabul qilindi. Turbina ehtimol duch keladigan past shamol tezliklari sababli, havo — yopishqoq bo‘lmagan (inviscid), siqilmaydigan (incompressible) va o‘zgarmas xossalarga ega

ISSN 3030-3907

deb hisoblandi. Shuningdek, ishlatilgan alyuminiy qotishmasining charchoqqa (fatigue) chidamliligi uning yengiluvchanlik (yield) chegarasiga teng deb faraz qilindi. Shuning uchun, agar turbina qismlarida mexanik deformatsiya (yengilish) sodir bo‘lmasa, metallning charchashi muammo bo‘lishi ehtimoldan yiroq deb hisoblandi. Turbina pichoqlari parametrlarini aniqlash uchun MATLAB dasturi yozildi. Ushbu dastur yordamida ko‘taruvchi kuch va qarshilik kuchi nisbati, turli boshlang‘ich shartlar uchun optimal hujum burchagi hisoblandi, shuningdek, havofoyl atrofidagi oqimni modellashtiruvchi boshqa kodlar o‘zgartirildi [6]. Hisob-kitoblar uchun turbina pichog‘i. Joukowski havofoyli sifatida taxmin qilindi. Garchi yakuniy dizaynda ishlatiladigan havofoyl Joukowski havofoyli bo‘lmasa-da, u unga yetarlicha o‘xshash bo‘lib, ko‘taruvchi va qarshilik kuchlari koeffitsientlarini yaqin taxmin bilan aniqlash imkonini berdi. NACA 2415 profiliga ega bo‘lgan SolidWorks detallari yaratildi va keyinchalik pastki chetining asosiy qismi olib tashlanib modifikatsiya qilindi. Profilning o‘lchamlari quyidagicha edi: balandligi – 90 sm, uzunligi – 30 sm, va dastlabki qalinligi – 2 sm . Material sifatida 6061 markali alyuminiy qotishmasi tanlandi. Ushbu detal ANSYS Workbench dasturiga yuklandi. Suv (gaz) dinamikasi bo‘yicha sinovlar CFX moduli yordamida o‘tkazildi, bunda maksimal ehtimoliy shamol tezligi – 12 km/soat da havo oqimi ta’sirida tezlik va bosim kontur diagrammalari olindi. Natijalarda tezlik profili yaqin ko‘rsatkichlarni namoyon etdi. Oddiy havo profiliga o‘xshash tezlik taqsimoti kuzatildi va bosim eng yuqori qiymatga profilning yetakchi chetining markaziy qismida, taxminan 150 kPa atrofida erishdi. Workbench dasturidagi statik strukturaviy tahlil (Static Structural Analysis) vositasi orqali turli xil profil qalinliklari triaxial (uch o‘qli) yuklama ostida sinovdan o‘tkazildi va xavfsizlik koeffitsiyenti (safety factor) aniqlandi. Ilmoqli qismining ichki yuzi mahkamlangan tayanch (Fixed Support) sifatida belgilandi. 100 N vertikal kuch — pichoq, qo‘shimcha qismlar va muz og‘irligini modellashtirish uchun, 150 N axial (uzunlamasiga) kuch — lift kuchini modellashtirish uchun, va 60 N kuch — pichoqqa bo‘ylama (xord bo‘ylab) ta’sir qiluvchi qarshilik (drag) kuchini modellashtirish uchun qo‘llanildi. Hisob-kitoblarda qarshilik koeffitsiyenti (drag coefficient) 1.28 deb qabul qilindi. Yakuniy konstruksiya uchun kamida 4 ga teng xavfsizlik koeffitsiyenti talab qilindi. Boshlang‘ich 2 sm qalinlik bu talabga javob bermadi va profil qalinligi bir necha bor oshirildi, bunda po‘lat o‘lchov jadvalidan (steel gauge conversion table) olingan qiymatlardan foydalanildi. 4 sm qalinlikdagi profil xavfsizlik koeffitsiyenti 15 ga yetdi, biroq u juda qalin bo‘lgani sababli shaklga egish qiyin bo‘ldi va massasi ortiqcha bo‘lib chiqdi. Qalinlik va og‘irlik muammosini bartaraf etish maqsadida, profil mustahkamligini oshirish uchun har biri chorak dyuym (0.25 sm) qalinlikda bo‘lgan beshta ichki qovurg‘a

ISSN 3030-3907

qo‘shildi. Ikki qovurg‘a havo profilining yuqori va pastki qismlariga, bittasi markazga, qolgan ikkita esa markaziy qismdan ma’lum masofada joylashtirildi. Ikkinchi va to‘rtinchi qovurg‘alarning yuqori yuzalari mahkamlangan tayanch (Fixed Support) sifatida belgilandi. Shundan so‘ng, dastlabki qalinlik — 2 sm saqlangan holda, xuddi o‘sha triaxial (uch o‘qli) yuklamalar bilan yana statik strukturaviy tahlil o‘tkazildi. Natijada xavfsizlik koeffitsiyenti 9.4 ga teng bo‘lib, bu qiymat mazkur qo‘llanilish holati uchun yetarli deb baholandi. Keyingi bosqichda, havo profillarini harakat uzatish valiga (drive shaft) ulash uchun tirgak (strut) elementlarini tanlash zarur edi. Tahlil uchun bir nechta mavjud profil turlari tanlab olindi. Ularning SolidWorks modellaridan foydalanildi va har biri ANSYS Workbench dasturida statik strukturaviy tahlilga tortildi. Umumiy kuzatilgan tendensiyaga ko‘ra, barcha tirgaklar tortilish (tension) holatida bukilishga (bending) nisbatan ancha kuchli bo‘lib chiqdi — bu farq 60 dan 160 baravargacha bo‘ldi. Shu sababli, tanlov asosan tirgaklarning bukilishga qarshiligiga qarab amalga oshirildi. Bir nechta dizayn variantlari sinovdan o‘tkazilgach, 1” x 1” o‘lchamdagi T-slotli alyuminiy ekstrudlangan profil eng ma’qul deb topildi — u nisbatan yengil og‘irlikka va yaxshi bukilish mustahkamligiga ega edi. Garchi u 1.22 xavfsizlik koeffitsiyentiga ega bo‘lsa-da, har bir pichoq uchun ikkita tirgak ishlatilishi hisobga olinib, umumiy tizim xavfsizlik koeffitsiyenti ikki barobar ortadi degan asosda ushbu variant tanlandi



1-rasm: ichi bo'sh havo plyonkasi shaklining renderi



2-rasm: Turbina pardasi to'plamining qovurg'alar bilan tasviri

ISSN 3030-3907



3-rasm: T-yivli alyuminiy ekstrudirovka qilingan tirgakning tasviri.

MATLAB dasturidan olingan ma’lumotlar shuni ko‘rsatdiki, havofoyldagi effektiv hujum burchagi faqat uning egri shakli (camber) hisobiga hosil bo‘lishi mumkin, ya’ni qo‘shimcha hujum burchagi talab etilmaydi. Ko‘taruvchi kuch va qarshilik kuchi nisbati taxminan 6.3514 ga teng bo‘ldi. Havofoyl atrofidagi oqim silliq kechdi va bu Joukowski havofoyli atrofidagi oqim haqidagi nazariyaga mos keldi. Nisbatan yuqori egri shakliga (camber) ega bo‘lgani sababli, turbina pichog‘i uchun NACA 2415 havofoyli asos sifatida tanlab olindi. Katta egri shakl (camber) yuqoriroq effektiv hujum burchagiga mos keladi va, shu bilan birga, ichki tayanch larni joylashtirish uchun ko‘proq maydon beradi. Xulosa:Vertikal eksa shamol turbinasi prototipi shamol tezligini soatiga 30 milyagacha ushlab turish uchun mo'ljallangan. Barcha turbina pichoqlari taklif qilinganidek ichi bo'sh kanca qismiga ega. Hozirda bozorda mavjud bo'lgan ekstrudirovka qilingan alyuminiy profillardan eng yaxshi og'irlik va quvvat xususiyatlariga ega bo'lgan profil tanlandi. Ushbu mezonlarga asoslanib, prototip loyiha bayonotida ko'rsatilgan mezonlarga javob berd. Ushbu vertikal o'qli shamol turbinasi energiya ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan ishga tushirish momentini kamaytirishning yangi usulini taqdim etadi. Natijada turbinani ishga tushirish uchun dvigatelga ehtiyoj qolmaydi. Ishga tushirish dvigatelining etishmasligi tizimning murakkabligini pasaytiradi va turbinali tizimni ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan qismlar sonini kamaytiradi. Binobarin, ushbu maxsus turbinali tizim bozorga chiqarish uchun kamroq resurs talab qiladi va shuning uchun raqobatbardoshroq narxga ega bo'lishi mumkin. To'g'ri ishlashni ta'minlash uchun to'liq o'lchamli modelni yaratishda har bir komponentni qayta tahlil qilish kerak bo'ladi. Aerodinamikaning chiziqli bo'lmagan tabiati tufayli, yuklanish harakati chiziqli ravishda oshadi deb oddiygina

ISSN 3030-3907

taxmin qilib bo'lmaydi. Kattaroq turbina pichoqlarining vertikal yuklarini qo'llab-quvvatlash uchun turli xil tirgaklardan foydalanish kerak bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR:

1. Lovegrove K., Stein W. Concentrating solar power technology (Principles, developments and applications) // Woodhead Publishing Series in Energy: Number 21. 2012. -P.674.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7-fevraldagi PF-4947-sonli 2017-2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha HARAKATLAR STRATEGIYASI
3. Маматкосимов М.А. Катта қуёш печи ва бошқа энергетик қурилмаларнинг самарадолигини ошириш учун уларнинг кўзгули –мужассамлаштирувчи тизимларини оптимизациялаш. Автореферат. Ташкент -2017.58 бет

ISSN 3030-3907