

PƏRLƏRİN ÜZƏRİNƏ DÜŞƏN QÜVVƏLƏRİN TƏDQIQI

İsgəndərov M.Q., Nüsrətzadə M.İ.

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə nisbi sirkulyasiyalar da nəzərə alınmaqla, azimutal bucaqdan asılı olaraq, radius boyunca pərlərin üzərinə düşən hava və kütlə qüvvələrinin hesabat metodikası verilmişdir. Bu zaman helikopterin xətti sürəti və vintin korpusa nəzərən fırlanma sürəti nəzərə alınmışdır. Pərlərin vahid uzunluğuna düşən hava və kütlə qüvvələrinin qarşılıqlı vəziyyəti təhlil olunmuş, istiqamətləri müəyyənləşdirilmişdir. Çəkisi 3500 kq olan helikopterin daşıyıcı vinti pərlərinin üzərinə düşən qüvvələr metodikaya əsasən MathCAD proqramında hesablanmış və qrafiklərdə göstərilmişdir. Qrafiklərdə pərlərin vahid uzunluğuna düşən qüvvələrin dəyişmə xarakteri görünür.

Açar sözlər: helikopter, pər, azimut bucağı, pərin burulması, qüvvə, bucaq sürəti, vint.

Giriş.

Təyyarələrdən fərqli olaraq helikopterlərdə vintdən istifadə etməmək mümkün deyil. Helikopterlərdə əsasən oynaq və kardan növlərinə malik olan vintlərdən istifadə olunur, amma hər iki halda dartı qüvvəsini pərlər yaradır. İçliklər isə, pərlərə burma momentini ötürmək və yaranan aerodinamik qüvvələri korpusa ötürmək üçün istifadə olunur. Pərlər içliyə bərkidilir. İçliyin növünə görə vintlər fərqləndirilir.

Əsas problemlərdən biri aerodinamikanın yaxşılaşdırılması, digəri isə pərlərdə böyük titrəyişin və küynün yaranmasıdır. Bu da hava ilə pərin qarşılıqlı təsiri və pərə təsir edən qüvvələrin qarşılıqlı təsirindən yaranır. Ədəbiyyat icmal göstərir ki, helikopter vinti aerodinamikasının, möhkəmliyinin, sərtliliyinin, akustik küynün, titrəyişinin və s. hesablanması üçün kifayət qədər işlər görülmüşdür.

Helikopterlərdə daşıyıcı vint pərlərinin formaları əsasən düzbucaqlıdır və bu formada olan pərlərin aerodinamikası artıq işlənmişdir. Pərlərin həndəsi formalarının aerodinamik xarakteristikalara təsirinin tədqiqatı işlərinin aparılmasına baxmayaraq bu barədə informasiya qıtlığı var.

Pərlərin uc hissəsinin həndəsi formalarının aerodinamik xarakteristikalara təsiri bir çox tədqiqat işlərində öyrənilməkdədir. Məsələn, [1] işində daşıyıcı vintin burulğan nəzəriyyəsinin əsas vəzifəsi, induktiv sürətlərin qeyri-bərabər sahəsini nəzərə almaqla onun pərlərində yaranan aerodinamik qüvvələrinin təyin edilməsi, [2] işində pərlərin uc hissələrinin formalarının aerodinamik xarakteristikalara təsiri, [3] işində “burulğanlı üzük” rejimində cərəyan xətləri qurulmuşdur və müxtəlif rejimlərdə aerodinamika məsələləri həll olunmuş və göstərilmişdir.

Tədqiqatın məqsədi. Hava vintlərinin düzbucaqlı pərləri üzərinə düşən qüvvələrin azimutal bucaqdan asılı olaraq paylanma xarakterini, onun aerodinamikasını öyrənməkdən ibarətdir. Bu işin məqsədi gələcəkdə müxtəlif formalara malik olan pərlərin aerodinamikası ilə müqayisə etməkdir.

Nəzəri modelləşdirmə. Məlum olduğu kimi, helikopterlərin pərləri dartı və qaldırıcı qüvvələr yaradır. Helikopterin hərəkəti zamanı vintin dinamikası iki sürətlə xarakterizə olunur: xətti və çevrə sürətləri. Üfüqi uçuş rejimində pərlərə təsir edən qüvvələr azimut bucağından asılı olaraq, periodik xarakter daşıyır. Azimut bucağı öz növbəsində pərin oxu ilə quyruq tirinin oxu arasında qalan bucaq kimi müəyyən olunur.

Digər tərəfdən, pərin radiusu boyu vahid uzunluğa düşən qüvvə bir sıra amillərdən asılıdır: profilin aerodinamik xarakteristikalarından, qurulma bucağından, pərin planda görünüşünün həndəsi formasından, pərin burulmasından (həndəsi və aerodinamik), pərin üzərinə axan hava selinin sürətindən, pərin azimutal vəziyyətindən və s. Üfüqi uçuş rejimində helikopterin pərləri fırlanma

çevrəsi boyunca müxtəlif azimut bucağına malik olurlar. Aerodinamik qüvvələr azimut bucağından asılı olaraq dəyişkən xarakter daşıyır. Pərin çəkisi, mərkəzəqaçma qüvvələri dəyişməz qalır.

Əvvəlcə hava qüvvələrinə nəzər salaq. Vintin pəri üzərinə düşən dağıdıcı qaldırıcı qüvvə

$$Y = fn \frac{G}{z}$$

ifadəsinin köməyi ilə hesablanır [4].

Burada, n - helikopterin yüklənməsi, G - helikopterin çəkisi, z - daşıyıcı vintin pərlərinin sayı, f - təhlükəsizlik əmsalıdır.

Helikopterlərin uçuşa yararlığının vahid normalarının (HUYVN) möhkəmlik sənədinə görə, $n = 3...4$, $f = 1.5$ götürülür.

Pərlərin vahid uzunluğuna təsir edən qüvvə isə,

$$q_{yh}(r) = \frac{nG}{zR} (\bar{\Gamma}_y + \bar{\Gamma}_b)$$

ifadəsi ilə tapılır [4]. Burada $\frac{nG}{zR}$ - müstəvi şəkilli pərin radiusu boyunca vahid uzunluğa düşən yük,

$\bar{\Gamma}_y$ - qaldırıcı qüvvə əmsalının yastı pərin radiusu boyunca paylanması, pərin azimut bucağına görə vəziyyətini və pərin $\mu = \frac{V}{\omega R}$ uçuş rejimi xarakteristikasının dəyişməsinə nəzərə almaqla pərin vahid

uzunluğuna düşən qüvvənin radius boyunca paylanması xarakterizə edən əmsaldır və bu səbəblərə görə nisbi sirkulyasiya adlanır. Eyni aerodinamik xarakteristikalara malik profillərdən hazırlanmış düzbucaqlı yastı pərlər üçün ox boyu axınlanma rejimində

$$\bar{\Gamma}_y = 3\bar{r}^2$$

götürmək olar [4].

$\bar{\Gamma}_b$ - pərin burulmasının (həndəsi və aerodinamik) hava qüvvələrinin paylanma təsirini nəzərə alan əmsaldır və bu burulmalara görə nisbi sirkulyasiya adlanır.

$\bar{\Gamma}_y$ və $\bar{\Gamma}_b$ əmsallarının ədədi qiyməti ya aerodinamik boruda üfürülmə, ya da kompüter proqramlarının, məsələn, Ansys və ya Solidworks proqramlarının köməyi ilə alınır.

Pərlərə təsir edən kütlə qüvvələri isə, $Y_k = n^h G_p$ ifadəsinin köməyi ilə tapılır.

Burada n^h hesabat yüklənməsidir və $n^h = fn_{\max}^{ist}$ ifadəsi ilə tapılır, $n_{\max}^{ist}$ istismar yüklənməsidir. Pərin vahid uzunluğuna düşən qüvvə isə,

$$q_{yk} = n^h q_p$$

ifadəsi ilə tapılır. Burada q_p - pərin vahid uzunluğuna düşən kütlə qüvvəsidir.

Pərlərə təsir edən kütlə qüvvələrindən biri də mərkəzdənqaçma qüvvəsidir və

$$N_{mq} = f \frac{G_p}{g} r_{a.m.} \omega^2$$

ifadəsi ilə tapılır [4]. Burada $r_{a.m.}$ - pərin ağırlıq mərkəzi, ω - vintin bucaq sürətidir.

Pərin vahid uzunluğuna düşən mərkəzdənqaçma qüvvəsi, uyğun olaraq ifadəsi ilə tapılır.

$$q_N = f \frac{q_p}{g} \omega^2 r$$

Burada r - pər elementinin fırlanma oxundan məsafəsidir.

Pərin möhkəmliyini hesablayarkən, bu qüvvəni iki proyeksiyaya bölürlər. Bunlardan biri pərin uzunluğu boyunca təsir edən qüvvələr,

$$q_{N1} = q_N \cos \beta \approx f \frac{q_p}{g} \omega^2 r$$

digəri isə pərin səthinə perpendikulyar yönəlmiş qüvvələrdir [4].

$$q_{N2} = q_N \sin \beta \approx f \frac{q_p}{g} \omega^2 r \beta$$

q_{N1} qüvvəsi altında pər dartılmaya, q_{N2} qüvvəsi altında isə əyilməyə işləyir. Ona görə də, q_{N2} qüvvəsi çox vaxt kəsici qüvvə adlanır.

Pərin üfüqi oynağa nəzərən max hərəkətlərindən alınan ətalət qüvvəsi

$$q_\beta = f \frac{q_p}{g} \cdot \frac{d^2 \beta}{dt^2} r$$

ifadəsi ilə tapılacaq [4]. Bu qüvvə şaquli müstəvidə təsir edən Koriolis qüvvəsi də adlanır. Burada β - pərin qalxma bucağıdır.

Bu qüvvələrin radius boyu paylanma xarakteri tək r və q_p parametrlərindən deyil, həmçinin pərin azimut vəziyyətindən asılıdır. Bu vəziyyəti xarakterizə edən kəmiyyət isə $\frac{d^2 \beta}{dt^2}$ vuruğudur.

β bucağı - təsir edən qüvvələrdən və onların radius boyunca paylanma xarakterindən asılıdır. Bu bucağı, pərin üfüqi oynağa nəzərən tarazlıq şərtindən almaq olar.

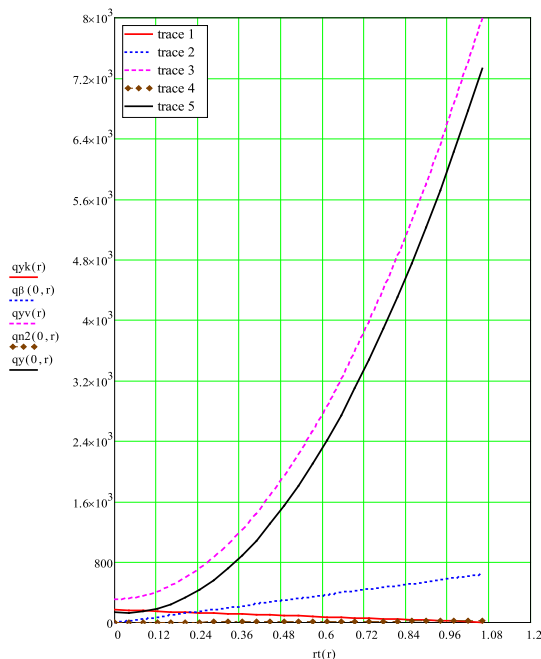
Oxboyu axınlanma zamanı üfüqi oynağa nəzərən max hərəkətlərinin təcillənməsi baş vermir, ona görə də, bu halda $q_\beta = 0$ -a bərabərdir. Vintin fırlanma müstəvisində, pərlərə müqavimət və Koriolis qüvvələri təsir edir. Burada da, Koriolis qüvvəsi vintin hərəkət istiqamətinin əksinə yönəlir. Bu məqalədə vintin fırlanma müstəvisində təsir edən qüvvələrə baxılmır.

Pərin vahid uzunluğuna düşən qüvvəni HUYVN uyğun olaraq hava və kütlə qüvvələrinin fərqi kimi götürmək olar [4].

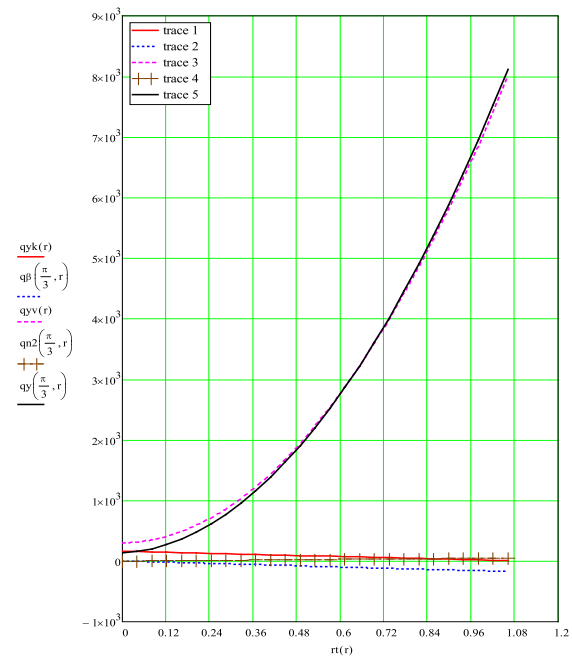
$$q_y = q_{yh} - q_{yk} - q_{N2} - q_\beta$$

Aşağıda təsvir olunan qrafiklərdə hava, kütlə və ətalət qüvvələrinin pərin radiusu boyunca Azimut bucağının müəyyən olunmuş dərəcələrində paylanma xarakteri göstərilib (şəkil 1-4).

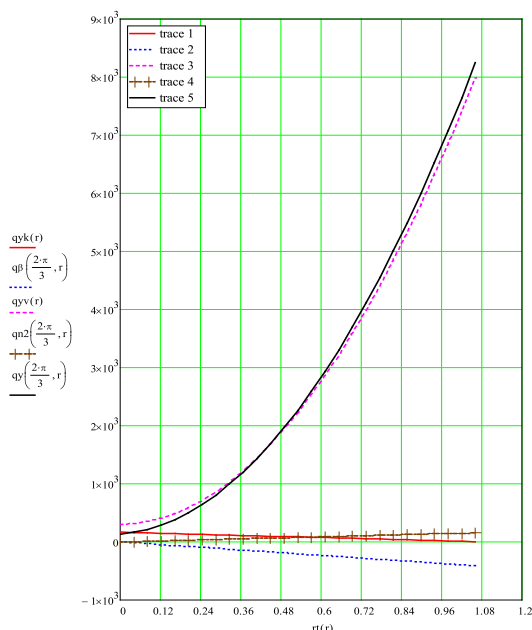
Şəkildə q_{yv} - hava qüvvələri, q_{yk} - kütlə qüvvələri, q_β - Koriolis qüvvəsi (Max hərəkətindən alınan ətalət qüvvəsi), q_{N2} - mərkəzdənqaçma qüvvəsinin şaquli oxa proyeksiyası, q_y - cəm qüvvə.



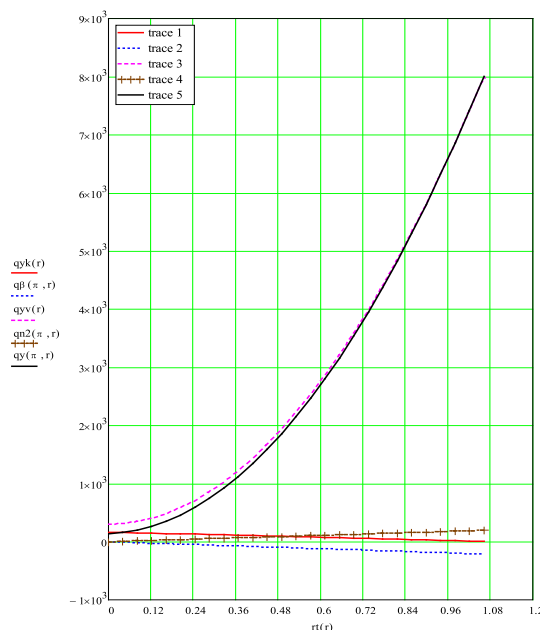
Şəkil 1. Azimut bucağı 0° vəziyyətində



Şəkil 2. Azimut bucağı 60° vəziyyətində



Şəkil 3. Azimut bucağı 120° vəziyyətində



Şəkil 4. Azimut bucağı 180° vəziyyətində

Ədədi hesablamaların analizi. Qrafiklərdə azimut bucağından asılı olaraq pərlərə təsir edən qüvvələrin qarşılıqlı vəziyyəti əks olunub. Görünür ki, hava qüvvələri yuxarı yönəlib, kütlə qüvvələri isə qüvvənin təbiətindən asılı olaraq hərəkətin əksinə və yerin mərkəzinə yönəlib. Pərlərin üfüqi oynaqın ətrafında şaquli müstəvidə hərəkət istiqamətindən asılı olaraq, Koriolis qüvvəsi - q_β mənfi və müsbət qiymətlərini alır. Hava qüvvələri - q_{yh} həmişə müsbətdir və pərlərin səthinə perpendikulyar yönəlib. Kütlə qüvvəsi - q_{yk} həmişə yerin mərkəzinə yönəlib. Mərkəzdənqaçma qüvvəsi - q_N pər boyunca yönəlmişdir.

Nəticə.

MathCAD proqramında çəkisi 3500 kq olan helikopterin daşıyıcı vinti pərlərinin üzərinə düşən qüvvələrin hesablanması və qurulan qrafiklər göstərir ki, pərlərin azimutal vəziyyətindən asılı olaraq hava qüvvələri qalxma bucağı ilə əlaqədardır. Kütlə qüvvələri azimutal bucaqdan asılı deyil və ədədi qiymətini dəyişmir. Hava qüvvələri azimutal bucaqdan asılı olaraq periodik olaraq dəyişir. Bundan asılı olaraq pərlərin qalxma bucaqları da azimutal bucaqdan asılı olaraq dəyişir.

ƏDƏBİYYAT

1. Дьяченко А.Ю., Кривцов В.С., Тимченко А.М. Анализ методов аэродинамического расчета несущего винта вертолета. Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина. ISSN 1727-7337. Авиационно-космическая техника и технология, 2014, №4 (111)
2. Игнаткин Ю.М., Макеев П.В., Гревцов Б.С., Шомов А.И. Нелинейная лопастная вихревая теория винта и её приложения для расчёта аэродинамических характеристик несущих и рулевых винтов вертолётa. Вестник МАИ. 2009. Т.16. №5. Вестник Московского авиационного института. - Москва: МАИ, т. 16, № 5, 2009. - С. 24-31.
3. Игнаткин Ю.М., Макеев П.В., Шомов А.И. Программный комплекс для расчета аэродинамических характеристик несущих и рулевых винтов вертолетов на базе нелинейной лопастной вихревой теории. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 38.
4. Чепурных И.В. Прочность конструкции летательных аппаратов. Комсомольск-на-Амуре. 2013. 137с.

REFERENCES

1. Dyachenko A.Yu., Krivtsov V.S., Timchenko A.M. Analiz metodov aerodinamicheskogo rascheta nesushchego vinta vertolet. Natsionalnyy aerokosmicheskiy universitet im. N.Ye. Zhukovskogo «KHAİ», Ukraina. ISSN 1727-7337. Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya, 2014, №4 (111)
2. Ignatkin Yu.M., Makeyev P.V., Grevtsov B.S., Shomov A.I. Nelineynaya lopastnaya vikhrevaya teoriya vinta i yeyo prilozheniya dlya raschota aerodinamicheskikh kharakteristik nesushchikh i rulevykh vintov vertolota. Vestnik MAI. 2009. T.16. №5. Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta. - Moskva: MAI, t. 16, № 5,
3. Ignatkin Yu.M., Makeyev P.V., Shomov A.I. Programmnyy kompleks dlya rascheta aerodinamicheskikh kharakteristik nesushchikh i rulevykh vintov vertoletov na baze nelineynoy lopastnoy vikhrevoy teorii. Elektronnyy zhurnal «Trudy MAI». Vypusk № 38
4. Chepurnykh I.V. Prochnost konstruksii letatelnykh apparatov. Komsomolsk-na-Amure. 2013. 137s.

АНАЛИЗ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЛОПАСТИ

Искендеров М.Г., Нусратзаде М.И.

Национальная Академия Авиации

Приведена методика расчета воздушных и массовых сил, действующих по радиусу лопасти в зависимости от азимутального положения с учетом относительных циркуляций. При этом учитывается линейная скорость вертолета и скорость вращения винта относительно фюзеляжа. Анализированы силы, приходящие на единичную длину лопасти и определены их направления. На основании методики, в программе MathCAD рассчитаны силы, приходящие на лопасти вертолета с весом 3500 кг и представлены на графиках. Графики показывают изменения характера сил, приходящихся на единицу длины лопастей.

Ключевые слова: вертолет, лопасть, азимутальный угол, кручение лопасти, усилие, угловая скорость, винт.

ANALYSIS OF FORCES ACTİNG ON BLADES

Isgandarov M.G., Nusratzade M.I.

National Aviation Academy

The method of calculation of air and mass forces acting on the radius of the shoulder blade depends on the azimuthal position with respect to the relative circulation. This took into account the linear speed of the helicopter and the propeller rpm relative to the fuselage. There were analyzed forces coming to a single length of blades and determined their direction. Based on the methods, the MathCAD program calculates the forces coming to the shoulder of the helicopter weighted 3500 kg, and presented in the graphics. The graphs indicate a change of character coming to a unit of length.

Keywords: helicopter, blade, azimuth angle, rotation of the blade, force, angular velocity, propeller.

Rəyçi: t.e.d., prof. P.Ş. Abdullayev

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
İsgəndərov Mais Qəti oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	UAAM kafedrasının dosenti	misgandarov@naa.edu.az mob. (+994) 55 257 82 11
Nüsrətzadə Murad İlham oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	UAAM kafedrasının doktorantı	murad.nusratzade@naa.edu.az mob. (+994) 55 909 50 50