

Invenția se referă la aparatele de zbor cu opt rotoare, și anume la octocoptere din clasa micro/mini vehiculelor de zbor fără pilot, cu greutatea de până la 20 kg, care pot fi folosite pentru livrarea pachetelor, cartografiere, fotografiere și filmare aeriană, supravegherea granițelor, asistare în caz de forță majoră și monitorizarea culturilor agricole.

Invenția face posibilă utilizarea octocopterului în aplicații cu cerințe mai speciale, astfel ca filmările de raliuri, inclusiv ale curselor cu bărci cu pânze, pentru care sunt importante atât viteza mare a aparatului de zbor, cât și rezistența lui la vânturi puternice (vezi sursa: UAVS AND UCAVS: DEVELOPMENTS IN THE EUROPEAN UNION, Policy Department External Policies, SECURITY AND DEFENCE, 2007.10, <url: [www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/381405/EXPO-SEDE\\_ET%282007%29381405\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/381405/EXPO-SEDE_ET%282007%29381405_EN.pdf) >).

Este cunoscut un octocopter, care constă dintr-un corp, un dispozitiv de alimentare, patru brațe principale, patru brațe auxiliare, toate brațele fiind dotate la capete cu câte un rotor cu motor de acționare, și picioare de sprijin. Corpul conține un senzor de detectare a unghiurilor orizontale și un dispozitiv de control. Dispozitivul de control calculează semnale de comandă pentru unghiurile orizontale de poziționare ale octocopterului. Un capăt al brațelor principale este fixat de corp. Fiecare braț auxiliar este plasat radial între două brațe principale megieșe. Motoarele de acționare sunt cuplate la părțile de sus, la extremitățile brațelor principale și celor auxiliare. Picioarele de sprijin sunt cuplate la părțile de jos ale brațelor principale și celor auxiliare și se extind pe o lungime predeterminată [1].

Dezavantajul octocopterului constă în configurația rotoarelor, care au aceleași dimensiuni și sunt plasate în același plan. Rotirea lor generează o forță verticală de tracțiune, care permite decolarea verticală a octocopterului. Doar atingând o anumită altitudine octocopterul poate începe deplasarea sa pe orizontală. Octocopterele planare trebuie să schimbe unghiul de înclinare al întregului aparat de zbor față de planul orizontal pentru a accelera sau decelera în plan orizontal, precum și pentru a schimba direcția de zbor. Efectul este atins datorită diferenței de turații ale rotoarelor cap-coadă sau stânga-dreapta. Astfel se obține o componentă orizontală a forței de tracțiune a rotoarelor, micșorând componenta forței pe verticală. Din acest motiv, pentru a păstra altitudinea, sistemul de control trebuie să mărească turațiile rotoarelor. Există o limită a unghiului de înclinare a aparatului de zbor, care constituie cca 45°, după care octocopterul devine inefficient și chiar apare riscul pierderii controlului asupra altitudinii și direcției de zbor. De menționat că, odată cu creșterea unghiului de înclinare, se mărește și suprafața de expunere a octocopterului la vântul orizontal, ceea ce îl face și mai inefficient, dat fiind faptul că o parte considerabilă a puterii motoarelor de acționare trebuie folosită pentru înfruntarea vântului. Astfel octocopterele actuale ating viteze de aproximativ 50 km/h și pot rezista la vânt cu viteza de maxim 30 km/h.

Apare și problema unghiului de atac al paletelor elicelor rotoarelor. În aparatele de zbor descrise sunt folosite rotoare cu pas constant, a căror paletă are unghiul de atac prestabilit, constant, adică unghiul lor de atac nu poate fi modificat pe parcursul zborului pentru a fi adaptat la condițiile variabile ale spațiului aerian. Se cunoaște din sursa „Free online private pilot ground school, Propeller aerodynamics, 2006, <url: <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/propeller-aerodynamics.html>” că o paletă produce tracțiune cu eficiență maximă având unghiul de atac optim 2...4°. Unghiul de atac eficient nu este influențat în cazul când paleta elicei se rotește în plan paralel cu direcția vântului. Acest unghi, însă, se modifică odată cu viteza relativă a vântului din față. În cazul când paleta se rotește în plan perpendicular direcției vântului, unghiul de atac eficient descreește la minimum odată cu creșterea vitezei vântului (vezi sursa: Dissymmetry of Lift, Helicopter Aviation, 1995.11.17, <url: [www.copters.com/aero/lift\\_dissymetry.html](http://www.copters.com/aero/lift_dissymetry.html)>). Pentru un anumit unghi de atac constant și o anumită viteză de rotație a paletelor, există o viteză a vântului din față, peste care unghiul de atac efectiv devine negativ și scade brusc forța de tracțiune a elicei. Octocopterele existente, pentru a atinge viteze de zbor mai mari sunt nevoite să folosească elice cu pas mare, adică cu unghiul de atac mai mare decât cel optim, pentru a se evita riscul unui unghi de atac negativ, în condițiile în care se schimbă poziția planului de rotație a acestora, adică înclinarea aparatului de zbor, ceea ce le face mai inefficiente.

Problemele descrise mai sus apar ca urmare a principiului mișcării aparatului de zbor pe traiectoria dorită, datorită înclinării forțate a acestuia față de planul orizontal. Menținerea traiectoriei dorite necesită compensarea pierderilor de altitudine și de viteză, provocate de înclinarea aparatului de zbor și, ca urmare, a modificării unghiului eficient de atac al elicelor, doar prin mărirea turațiilor rotoarelor portante. Acest fapt necesită un consum sporit de energie și un algoritm sofisticat de control și de comandă a rotoarelor și în linii mari micșorează raza de acțiune a aparatului de zbor.

Mai este cunoscut un hexacopter, care conține un corp, la care sunt fixate șase brațe cu rotoare la capete, distribuite uniform. Corpul conține un dispozitiv de comandă și un tren de aterizare. Rotoarele brațelor sunt plasate perpendicular direcției de mișcare a hexacopterului, montate în lagăre și dotate cu câte un servomotor, care permite modificarea planului de rotație a rotorului de la cel orizontal până la cel vertical [2].

Dezavantajul acestui aparat de zbor constă în prezența servomotoarelor, care, fiind elemente suplimentare, fac construcția aparatului mai complicată și necesită un algoritm de control suplimentar, care este diferit de cel prin care se controlează rotoarele de tracțiune. În plus, datorită servomotoarelor, crește greutatea aparatului de zbor, ceea ce micșorează puterea de tracțiune, având doar rolul de modificare a planului de rotație a rotoarelor de tracțiune, plasate pe axa transversală.

De asemenea este cunoscut un octocopter, care conține un corp, pe care sunt fixate o sursă de energie electrică, un dispozitiv de control-comandă și un tren de aterizare. Octocopterul mai include brațe lungi, fixate de corp radial și în același plan, și brațe scurte, fiecare fiind plasat între două brațe lungi megieșe, care sunt fixate rigid de un cadru

inelar, unit prin articulație cu corpul cu posibilitatea modificării poziției sale față de acesta. Toate brațele la capetele exterioare sunt dotate cu un motor electric și un rotor, rotoarele fiind plasate simetric față de centrul de greutate al corpului [3].

Dezavantajele octocopterului constau în aceea că cadrul inelar cu brațele scurte cu rotoare este plasat în articulații, în afara corpului aparatului și își schimbă poziția în funcție de condițiile de zbor. Astfel, spațiul util, necesar utilajului divers sau greutatea suspendată în afara corpului, pentru transportarea cărora este destinat octocopterul, este redus.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui octocopter, care poate atinge o viteză orizontală de cel puțin 100 km/h, poate funcționa în condiții de vânt puternic cu viteze de până la 70 km/h, păstrând totodată o eficiență înaltă a energiei consumate, și poate avea o capacitate portantă mărită, datorită optimizării construcției lui.

Octocopterul, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că conține un corp, în care sunt fixate o sursă de energie electrică și un dispozitiv de control-comandă; patru brațe, fixate rigid de corp, pe capetele cărora, în vârful unui patrulater imaginar, într-un plan, sunt montate patru rotoare portante, fiecare fiind dotat cu câte un motor electric, totodată rotoarele portante sunt plasate simetric față de centrul de greutate și față de axa longitudinală de simetrie ale octocopterului; în corp, pe axa transversală de simetrie a octocopterului, este montat prin intermediul unui lagăr, cu posibilitatea rotirii, un braț, pe capetele căruia, simetric față de axa longitudinală de simetrie a octocopterului, sunt fixate câte o pereche de rotoare auxiliare, fiecare fiind dotat cu câte un motor electric, totodată rotoarele auxiliare sunt fixate prin intermediul unor console, plasate la o distanță una de alta, orientate opus una față de alta și paralel axei longitudinale de simetrie a octocopterului; mai conține un tren de aterizare.

Planurile de rotație ale rotoarelor auxiliare pot fi diferite, fiind totodată paralele față de axa brațului. Raportul dintre dimensiunile rotorului portant și rotorului auxiliar poate fi de 1,4...2,2.

Raportul dintre pasul elicei rotorului auxiliar și pasul elicei rotorului portant poate fi de 1,4...4,0.

Suplimentar corpul poate fi dotat cu cel puțin două aripi, planurile acestora formând cu planul orizontal al corpului un unghi de 3...12°.

Rezultatul tehnic al invenției constă în majorarea vitezei, rezistenței la vânt și capacității portante.

Rezultatul tehnic obținut se datorează faptului că octocopterul conține un grup de rotoare orizontale destinate în special pentru susținerea octocopterului în aer, și un al doilea grup de rotoare, care este capabil să modifice poziția planului față de cel orizontal și care în poziție verticală este folosit în special pentru tracțiune orizontală și controlul direcției. Astfel se elimină necesitatea de a înclina întreg aparatul de zbor, acțiune care este obișnuită în prezent pentru a obține o viteză mai mare și pentru a opune rezistență la vânt. Astfel, separând sarcinile pentru cele două grupuri de rotoare, pentru care cerințele sunt diferite, se obține o eficiență ridicată pentru fiecare grup de rotoare. Plasarea rotoarelor auxiliare pe consolele fixate pe brațul comun, care se rotește în jurul axei sale, permite simplificarea construcției, precum și mărirea suficientă a spațiului util, atât a celui interior, cât și a celui exterior, al aparatului de zbor.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-9, care reprezintă:

- fig. 1, vederea generală în izometrie a octocopterului cu rotoarele portante în plan orizontal și rotoarele auxiliare plasate în plan orizontal;
- fig. 2, vederea generală în izometrie a octocopterului cu rotoarele portante în plan orizontal, rotoarele auxiliare plasate în plan vertical și aripi;
- fig. 3, vederea de sus a octocopterului cu rotoarele portante în plan orizontal și rotoarele auxiliare în plan orizontal;
- fig. 4, vederea din față a octocopterului cu rotoarele portante în plan orizontal și rotoarele auxiliare în plan vertical;
- fig. 5, poziția octocopterului în procesul de decolare, suspendare sau aterizare;
- fig. 6, poziția octocopterului în procesul de trecere de la decolare spre mișcarea cu viteza de croazieră;
- fig. 7, poziția octocopterului în procesul de mișcare pe orizontală cu viteza de croazieră;
- fig. 8, poziția octocopterului în procesul de accelerare;
- fig. 9, poziția octocopterului în procesul de decelerare.

Octocopterul (fig. 1-9) conține corpul 1, în care sunt fixate sursa de energie electrică 2 și dispozitivul de control-comandă 3. De corpul 1, în același plan, sunt fixate rigid patru brațe 4. În exemplul dat brațele 4 sunt paralele între ele, dar pot fi plasate și sub un oarecare unghi. Poziția brațelor 4 este dictată de designul aparatului de zbor în sine. La capetele brațelor 4, la extremitățile lor libere, este instalat câte un motor electric 5, fiecare dotat cu câte un rotor portant 6, format dintr-o elice cu pas constant cu o construcție în sine cunoscută. Axele de rotație ale subansamblurilor formate din motorul 5 și rotorul 6 sunt plasate în vârful unui patrulater imaginar, strict simetric față de centrul de greutate al corpului 1 și strict echilibrate ca greutate. Axa de simetrie a corpului 1 este axa X-X, convențional numită „cap-coadă”. Axa Y-Y trece prin centrul de greutate al corpului, perpendicular axei X-X, și convențional definește noțiunile „dreapta”, „stânga”. Axele X-X și Y-Y își iau începutul din centrul de simetrie, care coincide cu centrul de greutate al octocopterului, și formează planul XY, care este paralel cu planul rotoarelor portante 6. Perpendicular planului XY, tot prin centrul de simetrie, trece și axa Z-Z, care definește direcțiile „sus”, „jos”. Pe axa Y-Y, într-un lagăr 7 de construcție cunoscută, prin corpul 1, cu posibilitatea rotirii este amplasat lateral brațul 8 comun. Pe brațul 8, în stânga și în dreapta corpului 1, pe consolele 9 și 10 sunt instalate rotoarele auxiliare

11 și 12, formate din elice cu pas constant de construcție în sine cunoscută, fiecare dintre ele fiind dotată cu motoarele electrice 13. Consolele 9 și 10 sunt fixate pe brațul 8 la o distanță una de alta și sunt îndreptate în direcții opuse. În poziția orizontală a rotoarelor 6, 11 și 12 consolele 9 sunt îndreptate spre coadă, iar consolele 10 - spre cap. În prezenta realizare a invenției rotoarele 11 și 12 au planuri de rotație diferite și paralele între ele. În poziția orizontală a tuturor rotoarelor planul de rotație al rotoarelor 11 este plasat deasupra planului de rotație al rotoarelor 6, iar planul de rotație al rotoarelor 12 este plasat dedesubtul lor. Distanța dintre planurile de rotație ale rotoarelor 11 și 12 este de 3,0 ... 6,0 cm.

În altă realizare a invenției planurile de rotație ale rotoarelor 11 și 12 pot fi comune. Lungimea consolelor 9 și 10 este aceeași și egală cu 2,0 ... 8,0 cm. Brațul 8, împreună cu rotoarele 11 și 12, prin rotirea sa în lagărul 7 este capabil să poziționeze planurile de rotație ale rotoarelor 11 și 12 sub un unghi față de planul XY. Unghiul este cuprins între 0°, paralel planului, și 90°, perpendicular lui. De subliniat că subsansamblurile formate din consolele 9 și 10, rotoarele 11 și 12 și motoarele 13, plasate în dreapta și stânga corpului 1, sunt simetrice față de centrul de greutate al octocopterului și echilibrate ca greutate. Astfel se formează două grupuri de rotoare: unul cu poziție fixă - rotoarele 6 și altul mobil - rotoarele 11 și 12. Elicele rotoarelor 11 și 12 au un pas de 1,4...4,0 ori mai mare decât pasul elicelor rotoarelor 6. Diametrul rotorului 6 este de 1,4...2,2 ori mai mare decât diametrul rotoarelor 11 și 12. De brațele 4, dedesubtul motoarelor 5, este fixat trenul de aterizare 14.

Trenul de aterizare 14 în o altă realizare a octocopterului poate fi fixat și dedesubtul corpului 1. Sursa 2 și dispozitivul 3 sunt amplasate în interiorul corpului 1, într-un mod cunoscut, conectate electric și electronic cu motoarele 5 și 13. Dispozitivul 3, primind informațiile necesare de la un set de senzori, în sine cunoscuți și nedescrși aici, conform unui algoritm cunoscut și nedescris aici, influențează turațiile fiecărui motor 5 și 13, care sunt opt la număr.

Octocopterul este ghidat, prin metode și ele cunoscute și nedescrise aici, de un operator de pe sol prin telecomandă sau în regim autonom preprogramat.

Opțional octocopterul poate fi dotat cu aripi 15. Două perechi de aripi 15 sunt dispuse din ambele părți ale corpului 1. O pereche este dispusă mai aproape de cap, iar cealaltă - de coadă. Aripile 15 sunt fixe, iar planurile lor formează cu planul orizontal al corpului 1 un unghi de 3...12°.

Octocopterul funcționează în modul următor.

Octocopterul staționează la sol, sprijinindu-se pe trenul de aterizare 14. Grupul de rotoare fixe, format din rotoarele 6, și grupul de rotoare mobile, format din rotoarele 11 și 12, se află în planuri paralele cu cel orizontal (vezi fig. 5). Operatorul, acționând telecomanda (sau octocopterul fiind preprogramat în regim autonom), prin dispozitivul 3 pornește turațiile rotoarelor 6, 11 și 12. Turațiile rotoarelor 6, 11 și 12 pot fi diferite, dar într-o proporție strict calculată pentru a exercita forțe de tracțiune verticală, ținând cont de diferențele de diametru și pasul elicelor. La mărirea proporțională a turațiilor rotoarelor apare în sumă forța de tracțiune verticală, datorită căreia octocopterul decolează strict vertical. Aparatul poate fi menținut nemișcat la altitudinea dorită atâta timp cât turațiile tuturor rotoarelor generează forțe de tracțiune nu neapărat egale, dar care în sumă egalează forța de greutate a aparatului de zbor plus sarcina utilă.

După decolare, pentru accelerarea aparatului de zbor și inițierea mișcării lui înainte pe orizontală (vezi fig. 6), cu alte cuvinte pe direcția axei „cap-coadă”, grupul de rotoare mobile, format din rotoarele 11 și 12, este înclinat treptat în jurul axei brațului 8 spre „cap”. Rotirea grupului de rotoare mobile se realizează prin aplicarea vitezei de rotație diferențiate pentru perechile de rotoare 11 și 12, plasate simetric față de axa Y-Y cu ajutorul consolelor 9 și 10. Astfel, mărind turațiile rotoarelor 11 din spate ale grupului mobil, apare un cuplu de forțe și întreg grupul se înclină în față. Apare o componentă orizontală a forței de tracțiune și aparatul de zbor este propulsat înainte, totodată ascensiunea lui continuă datorită rotoarelor 6.

În regim de mișcare pe orizontală cu viteza de croazieră a aparatului (vezi fig. 7) rotoarele 6, datorită turațiilor lor constante, mențin altitudinea dorită, iar rotoarele 11 și 12 ale grupului mobil, păstrând poziția verticală, asigură tracțiunea maximă pe orizontală. Prezența aripilor 15 contribuie la menținerea sigură a înălțimii de zbor prin efectele lor descrise în teoria aerodinamicii. În acest regim aparatul de zbor poate manevra și în plan orizontal. Pentru efectuarea unui viraj, spre stânga sau spre dreapta, se aplică din nou diferențierea vitezelor de rotație ale perechilor de rotoare 11 și 12. De exemplu, pentru a vira spre dreapta se măresc turațiile perechii de rotoare 11 și 12, plasate în stânga planului XZ, în egală măsură.

În regim de mișcare pe orizontală cu accelerație (vezi fig. 8) a aparatului de zbor grupul de rotoare mobile rămâne în poziție verticală, iar grupul de rotoare fixe, datorită diferențierii vitezelor de rotație ale perechilor de rotoare 6 „spate-față”, înclină aparatul față de planul orizontal sub un unghi mai mic sau egal cu 10°. Această acțiune adaugă o componentă orizontală suplimentară la forța de tracțiune generată de rotoarele 11 și 12, deci accelerează aparatul de zbor. Unghiul de înclinare nu trebuie să depășească mărimea menționată, în caz contrar se pierde eficiența rotoarelor 6 din motive expuse mai sus și cunoscute din sursa „Free online private pilot ground school, Propeller aerodynamics, 2006, <url: <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/propeller-aerodynamics.html>> “.

În regim de decelerare al aparatului de zbor (vezi fig. 9) grupul de rotoare mobile revine din poziția verticală în poziția inițială, totodată planul rotoarelor 11 și 12 este paralel planului rotoarelor 6, iar datorită diferențierii vitezelor rotoarelor, atât ale celor portante, cât și ale celor auxiliare, pe axa „cap-coadă” aparatul ocupă poziția de unghi negativ față de direcția de mișcare. Apare o componentă negativă a forței de tracțiune, care frânează mișcarea pe orizontală și totodată micșorează altitudinea octocopterului.

Pentru a ateriza (vezi fig. 5) aparatul este adus în starea de suspendare prin micșorarea turațiilor tuturor rotoarelor. Aparatul va ateriza pe trenul de aterizare 14.

Prin separarea sarcinilor atribuite celor două grupuri de rotoare se înlătură dezavantajul de a avea un pas minim mai mare decât cel optim, astfel rotoarele 6 fiind pe durata zborului preponderent orizontale sau la un unghi mic de înclinare, maxim  $10^\circ$ , totodată folosindu-se elice cu un pas mic, se obține un unghi de atac eficient. În același timp rotoarele 11 și 12 - de tracțiune orizontală și de direcție, trebuie să înfrunte vântul puternic din față, de aceea la ele sunt folosite elice cu un pas de 1,4...4,0 ori mai mare decât al rotoarelor 6, ceea ce le face mai rezistente la un vânt relativ mare în direcție perpendiculară planului de rotație al elicei, datorită descreșterii unghiului de atac odată cu mărirea vitezei vântului. Cerințele pentru cele două grupuri de rotoare sunt diferite și din punct de vedere al puterii de tracțiune. Elicele rotoarelor portante 6 au diametrul de 1,4...2,2 ori mai mare decât al celor auxiliare 11 și 12 pentru a se opune forței gravitaționale, dar și pentru ascensiune. Acestea de asemenea contribuie la stabilitatea aparatului de zbor, datorită efectului giroscopic. Rotoarele 11 și 12 au diametrul mai mic, deci un timp de reacție mai scurt, ceea ce permite o manevrabilitate mai bună. Totodată au și o suprafață mai mică pe direcția vântului orizontal, ceea ce reduce rezistența aerului. De menționat că suprafața este redusă și datorită pasului mai mare al elicei față de cele folosite în octocopterele existente, constructiv având rotoarele într-un singur plan. Aripile au avantajul că produc o forță verticală în plus, fapt care reduce consumul de energie destinat rotoarelor 6 la viteze de croazieră mari, măbind astfel timpul de zbor și respectiv raza de acțiune a octocopterului.

Rezultatul tehnic obținut se datorează faptului că rotoarele portante au eficiență ridicată pe toată durata zborului, datorită pasului mic al elicelor și unghiului de înclinare mic, de  $0...10^\circ$  față de planul orizontal; rotoarele auxiliare plasate vertical au eficiență crescândă odată cu creșterea vitezei vântului orizontal, suprafața expusă vântului orizontal fiind mai mică de 2...3 ori față de octocopterele existente pentru sarcini similare, micșorând astfel rezistența aerului; rotoarele portante obțin un plus de forță verticală îndreptată în sus la vânt orizontal, datorită dependenței pătratice a forței de viteza elicei față de aer. Datorită plasării grupului mobil de rotoare pe brațul comun, dedesubtul corpului apare spațiu suplimentar, care poate fi folosit pentru sarcini utile diverse. Cu alte cuvinte, crește capacitatea portantă a întregului octocopter.