



UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARINI LOYIHALASHDA KO'P FANLI OPTIMALLASHTIRISH METODOLOGIYALARI

1. Turg'unbek Alimov Abdimalik o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti,

Aviatsiya injiniringi kafedrası assistenti

E-mail: alimovturgunbek9333@gmail.com

2. Jonibek Shukurov Razzoq o'g'li

E-mail: jonibekshukurov000@gmail.com

3. Yusufjon Ergashev Erkin o'g'li

E-mail: yusufjonergashev902@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur tezisdá uchuvchisiz uchish apparatlarini (UUA) loyihalash jarayonida qo'llaniladigan ko'p fanli optimallashtirish metodologiyalari tahlil qilingan. Tadqiqotda aerodinamika, konstruktiv mustahkamlik, harakatlantiruvchi tizim, parvoz dinamikasi hamda ekspluatatsion ko'rsatkichlarni yagona loyihalash muhiti doirasida baholash yondashuvlari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, Multidisciplinary Design Optimization (MDO) metodologiyasining loyihalash samaradorligini oshirish, hisoblash jarayonlarini optimallashtirish va apparatning umumiy parvoz xususiyatlarini yaxshilashdagi afzalliklari yoritilgan. Tadqiqot natijalari uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratish jarayonida zamonaviy optimallashtirish usullaridan foydalanish muhimligini ko'rsatadi hamda istiqboldagi ilmiy tadqiqotlar uchun nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.



Abstract: This thesis investigates multidisciplinary optimization methodologies applied to the design of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). The study examines integrated approaches that simultaneously evaluate aerodynamics, structural integrity, propulsion systems, flight dynamics, and operational performance within a unified design environment. Particular attention is given to the role of Multidisciplinary Design Optimization (MDO) in improving design efficiency, reducing computational iterations, and enhancing overall flight performance. The findings demonstrate that integrated optimization methodologies provide an effective framework for developing high-performance UAVs and offer valuable guidance for future aerospace research and engineering applications.

Kalit soʻzlar: Uchuvchisiz uchish apparati, UUA, koʻp fanli optimallashtirish, MDO, aerodinamika, konstruksiya, parvoz dinamikasi, optimallashtirish, CFD, FEA.

Kirish

Soʻnggi yillarda uchuvchisiz uchish apparatlarining (UUA) qoʻllanilish sohasi sezilarli darajada kengayib bormoqda. Ular harbiy soha bilan bir qatorda qishloq xoʻjaligi, ekologik monitoring, geodeziya va kartografiya, logistika, infratuzilmani nazorat qilish hamda favqulodda vaziyatlarda qidiruv-qutqaruv ishlarida samarali qoʻllanilmoqda. UUALarning funksional imkoniyatlari ortib borishi ularning konstruktiv tuzilmasi va parvoz koʻrsatkichlariga qoʻyiladigan talablarni ham oshirmoqda. Anʻanaviy loyihalash yondashuvida aerodinamik hisoblashlar, konstruktiv tahlil, harakatlantiruvchi tizimni tanlash va parvoz koʻrsatkichlarini baholash ketma-ket amalga oshiriladi. Biroq bunday yondashuv turli muhandislik yoʻnalishlari oʻrtasidagi bogʻliqlikni toʻliq hisobga olmaydi. Natijada loyihalash jarayonida koʻplab takroriy hisob-kitoblar yuzaga keladi hamda optimal konstruktiv yechimni tanlash



murakkablashadi. Mazkur muammolarni bartaraf etishda ko'p fanli loyihalash optimallashtirish (Multidisciplinary Design Optimization – MDO) metodologiyasi muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yondashuv aerodinamika, konstruksiya, harakatlantiruvchi tizim, parvoz dinamikasi va boshqaruv tizimlarini yagona optimallashtirish muhiti doirasida tahlil qilish imkonini beradi. Natijada apparatning umumiy samaradorligi oshadi, loyihalash muddati qisqaradi va muhandislik qarorlarining aniqligi ortadi. Ushbu tezisning maqsadi uchuvchisiz uchish apparatlarini loyihalashda qo'llaniladigan ko'p fanli optimallashtirish metodologiyalarini tahlil qilish, ularning afzalliklarini baholash hamda zamonaviy UUALarni yaratishdagi ahamiyatini yoritishdan iborat.

Asosiy qism

Uchuvchisiz uchish apparatlarini (UUA) loyihalash murakkab va ko'p bosqichli muhandislik jarayoni bo'lib, unda aerodinamika, konstruksiya, harakatlantiruvchi tizim, parvoz dinamikasi, boshqaruv tizimlari va ekspluatatsion talablar bir-biri bilan uzviy bog'liq holda ko'rib chiqiladi. Zamonaviy UUALarga qo'yilayotgan talablarning ortib borishi an'anaviy ketma-ket loyihalash usullarining imkoniyatlarini cheklab qo'ymoqda. Chunki bunday yondashuvda har bir muhandislik yo'nalishi alohida tahlil qilinadi va natijalar keyingi bosqichga uzatiladi. Natijada biror parametrning o'zgarishi boshqa tizimlarga ham ta'sir ko'rsatib, ko'plab takroriy hisob-kitoblarni talab qiladi. Bu esa loyiha muddatining uzayishiga, resurslarning ortiqcha sarflanishiga hamda optimal konstruktiv yechimni tanlashning murakkablashishiga olib keladi. Mazkur muammolarni bartaraf etishda ko'p fanli loyihalash optimallashtirish (Multidisciplinary Design Optimization – MDO) metodologiyasi samarali yechim sifatida qaralmoqda.



MDO metodologiyasining asosiy maqsadi loyihalash jarayonining barcha muhim bosqichlarini yagona optimallashtirish muhiti doirasida birlashtirishdan iborat. Ushbu yondashuvda apparatning missiyasi, aerodinamik xususiyatlari, konstruktiv mustahkamligi, harakatlantiruvchi tizimi, energiya ta'minoti, boshqaruv tizimi va parvoz ko'rsatkichlari bir vaqtning o'zida baholanadi. Buning natijasida har bir tizimning boshqa tizimlarga ta'siri hisobga olinadi va umumiy samaradorlikni maksimal darajaga yetkazuvchi konstruktiv yechim tanlanadi. Ayniqsa, uzoq masofaga uchuvchi yoki katta foydali yuk tashuvchi uchuvchisiz uchish apparatlarini ishlab chiqishda ushbu metodologiyaning ahamiyati yanada ortadi. Loyihalash jarayonining birinchi bosqichi apparatning missiyasini shakllantirishdan boshlanadi. Ushbu bosqichda uchish masofasi, parvoz davomiyligi, foydali yuk massasi, maksimal uchish balandligi, kruiz tezligi, uchib chiqish va qo'nish masofasi hamda ekspluatatsiya sharoitlari aniqlanadi. Mazkur talablar asosida apparatning umumiy konfiguratsiyasi tanlanadi. Yuqori qanotli, past qanotli yoki uchuvchi qanot (Flying Wing) sxemalari orasidan eng maqbul variant tanlanishi apparatning barqarorligi, boshqaruvchanligi va aerodinamik samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan bir qatorda fyuzelyajning geometrik o'lchamlari, qanotning cho'zilganlik koeffitsiyenti, dum qismi turi va shassi joylashuvi ham ushbu bosqichda belgilanadi.

Konseptual loyihalash yakunlangandan so'ng dastlabki og'irlikni baholash amalga oshiriladi. Maksimal uchish og'irligi, konstruktsiya massasi, foydali yuk, energiya manbai, avionika tizimlari va boshqa uskunalarning og'irligi hisobga olinadi. Og'irlikning to'g'ri taqsimlanishi apparatning og'irlik markazi holatini aniqlashda muhim omil hisoblanadi. Og'irlik markazining noto'g'ri joylashuvi parvoz barqarorligining yomonlashishiga, boshqaruvchanlikning pasayishiga hamda qo'shimcha aerodinamik yo'qotishlarga sabab bo'lishi mumkin. Shu sababli MDO metodologiyasida og'irlikni optimallashtirish barcha keyingi bosqichlar bilan o'zaro bog'liq



ravishda amalga oshiriladi. Keyingi bosqichda aerodinamik tahlil bajariladi. Ushbu bosqichda qanot profili, qanot yuzasi, qanot yuklanishi, ko'tarish kuchi ko'effitsiyenti (Lift Coefficient), aerodinamik qarshilik ko'effitsiyenti (Drag Coefficient) hamda aerodinamik sifat (Lift-to-Drag Ratio) aniqlanadi. Zamonaviy loyihalash jarayonlarida XFLR5, OpenVSP va ANSYS Fluent kabi dasturiy vositalardan foydalanish orqali aerodinamik parametrlar yuqori aniqlik bilan baholanadi. CFD (Computational Fluid Dynamics) usullari yordamida havo oqimining apparat atrofida taqsimlanishi, bosim maydoni va turbulent oqimlarning ta'siri tahlil qilinadi. Natijada aerodinamik qarshilik kamaytirilib, parvoz samaradorligi sezilarli darajada oshiriladi. Aerodinamik tahlil bilan bir qatorda konstruktsiyaning mustahkamlik tahlili ham amalga oshiriladi. Ushbu bosqichda apparat elementlarining deformatsiyasi, kuchlanish taqsimoti va xavfsizlik ko'effitsiyentlari baholanadi. Finite Element Analysis (FEA) metodlari yordamida qanot, fyuzelyaj, dum qismi va shassi elementlariga ta'sir qiluvchi yuklamalar hisoblanadi. Ayniqsa, kompozit materiallardan foydalanish apparat massasini kamaytirish bilan birga yuqori mustahkamlikni ta'minlash imkonini beradi. Konstruktsiyaning optimal shaklini tanlash apparatning xizmat muddatini uzaytiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi. Harakatlantiruvchi tizimni optimallashtirish MDO metodologiyasining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Elektr dvigateli yoki ichki yonuv dvigatelining quvvati, propeller diametri va qadami, elektron tezlik boshqaruvchisi (ESC) hamda akkumulyator sig'imi o'zaro mos ravishda tanlanadi. Ushbu parametrlarning optimal kombinatsiyasi apparatning uchish davomiyligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va foydali yuk ko'tarish imkoniyatini yaxshilashga xizmat qiladi. Shu bilan birga energiya tizimining samaradorligi ekspluatatsion xarajatlarning kamayishiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

MDO metodologiyasining yana bir muhim afzalligi barcha muhandislik yo'nalishlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni hisobga olishidir. Masalan, qanot



geometriyasidagi kichik o'zgarish aerodinamik samaradorlikni oshirishi mumkin, biroq bu konstruktsiya massasining ortishiga yoki harakatlantiruvchi tizim quvvatiga qo'yiladigan talablarning o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin. Shu sababli barcha parametrlarni alohida emas, balki yagona optimallashtirish modeli doirasida baholash optimal natijaga erishish imkonini beradi. So'nggi yillarda sun'iy intellekt, mashinaviy o'qitish va Digital Twin texnologiyalarining rivojlanishi MDO metodologiyasini yangi bosqichga olib chiqdi. Ushbu texnologiyalar minglab loyihalash variantlarini avtomatik tahlil qilish, optimal parametrlarni aniqlash va real apparatning virtual modelini yaratish imkonini bermoqda. Natijada loyihalash jarayonining davomiyligi qisqaradi, hisoblash aniqligi ortadi hamda ekspluatatsiya jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan nosozliklarni oldindan prognoz qilish imkoniyati yaratiladi. Umuman olganda, ko'p fanli loyihalash optimallashtirish metodologiyasi zamonaviy uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratishda eng istiqbolli yondashuvlardan biri hisoblanadi. Ushbu metodologiya aerodinamika, konstruktsiya, harakatlantiruvchi tizim, parvoz dinamikasi va boshqaruv tizimlarini yagona muhandislik muhiti doirasida baholash orqali apparatning umumiy texnik va ekspluatatsion ko'rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Shu sababli kelajakdagi yuqori samaradorlikka ega uchuvchisiz uchish apparatlarini ishlab chiqishda MDO yondashuvining qo'llanilishi muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi

Xulosa

Mazkur tadqiqotda uchuvchisiz uchish apparatlarini loyihalashda qo'llaniladigan ko'p fanli loyihalash optimallashtirish (Multidisciplinary Design Optimization – MDO) metodologiyasining nazariy asoslari va amaliy ahamiyati tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, aerodinamika, konstruktsiya, harakatlantiruvchi tizim, parvoz dinamikasi hamda boshqaruv tizimlarini yagona optimallashtirish muhiti doirasida baholash loyihalash



jarayonining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu yondashuv apparatning og'irligini kamaytirish, aerodinamik sifatini yaxshilash, energiya sarfini optimallashtirish hamda parvoz davomiyligini oshirish imkonini beradi. Shuningdek, zamonaviy hisoblash texnologiyalari, jumladan, CFD, FEA, sun'iy intellekt va Digital Twin texnologiyalarining MDO metodologiyasi bilan integratsiyalashuvi yuqori aniqlikdagi muhandislik yechimlarini ishlab chiqish, hisoblash vaqtini qisqartirish hamda loyihalash jarayonini avtomatlashtirish uchun keng imkoniyatlar yaratmoqda. Bu esa kelajakdagi uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratishda innovatsion yondashuvlarning ahamiyati tobora ortib borayotganini ko'rsatadi. Xulosa qilib aytganda, ko'p fanli loyihalash optimallashtirish metodologiyasi zamonaviy uchuvchisiz uchish apparatlarini ishlab chiqishda eng istiqbolli va samarali muhandislik yondashuvlaridan biri hisoblanadi. Ushbu metodologiyani amaliyotga keng joriy etish parvoz xavfsizligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish hamda yuqori texnik ko'rsatkichlarga ega bo'lgan yangi avlod uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Raymer D. P. *Aircraft Design: A Conceptual Approach*. 6th ed. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), 2018.
2. Roskam J. *Airplane Design Part I: Preliminary Sizing of Airplanes*. Lawrence, KS: DARcorporation, 2003.
3. Gudmundsson S. *General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014.
4. Austin R. *Unmanned Aircraft Systems: UAV Design, Development and Deployment*. Chichester: John Wiley & Sons, 2010.



5. Beard R. W., McLain T. W. *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice*. Princeton: Princeton University Press, 2012.
6. Martins J. R. R. A., Lambe A. B. "Multidisciplinary Design Optimization: A Survey of Architectures," *AIAA Journal*, vol. 51, no. 9, pp. 2049–2075, 2013.
7. Sobieszczanski-Sobieski J., Morris A. J., van Tooren M. J. L. *Multidisciplinary Design Optimization Supported by Knowledge Based Engineering*. Chichester: John Wiley & Sons, 2015.
8. Rao S. S. *Engineering Optimization: Theory and Practice*. 5th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2019.
9. Anderson J. D. *Fundamentals of Aerodynamics*. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2017.
10. Valavanis K. P., Vachtsevanos G. J. (Eds.). *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. Dordrecht: Springer, 2015.
11. Sadraey M. H. *Aircraft Design: A Systems Engineering Approach*. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.
12. Torenbeek E. *Advanced Aircraft Design: Conceptual Design, Analysis and Optimization of Subsonic Civil Airplanes*. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.