KICHIK YUKLARNI TASHISH UHUN MO`LJALLANGAN DRON DIZAYNINING ASOSIY TALABLARI

Sulaymonova Fotima Komil qizi
Toshkent davlat texnika universiteti
“Sanoat dizayni” kafedrasi
1-bosqich magistranti
Raxmanov Jaxongir Mamasharibovich
Toshkent davlat texnika universiteti
“Sanoat dizayni” kafedrasi dotsenti,

Annotatsiya: Mazkur maqolada kichik yuklarni tashish uchun mo‘ljallangan uchuvchisiz uchish apparatlari (dronlar) dizayniga qo‘yiladigan asosiy texnik va funksional talablar tahlil qilinadi. Tadqiqotda dronning yuk ko‘tarish qobiliyati, energetik samaradorligi, korpus materiali, barqarorlik tizimi hamda xavfsiz uchishni ta’minlovchi sensor va boshqaruv modullari asosiy mezon sifatida ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, shahar sharoitida ishlashga moslashuvchanlik, ekologik talablar va operatsion ishonchlilik omillari baholanadi. Olingan natijalar kichik yuk tashuvchi dronlarning optimal konstruktiv yechimlarini tanlash va amaliy loyihalar uchun ilmiy asos yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Konsepsiya, uchish apparat, texnologiya, logistika, konsepsiya, transport, sun’iy intellekt, vertikal, zamonaviy, tirbandlik, ekologiya, rivojlaniish, xavfsizlik.

Kichik yuk tashuvchi dronlar bo‘yicha umumiy nazariy asoslar

Uchuvchisiz uchish apparatlarining (UUA) tasnifi va qo‘llanish sohalari

Uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA) zamonaviy aviatsiya va logistika tizimlarining ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Ular konstruktsiyasiga, o‘lchamiga, yuk ko‘tarish qobiliyatiga va qo‘llanish maqsadiga ko‘ra bir nechta toifalarga bo‘linadi: kvadrokopter,

geksakopter, oktokopter hamda vertikal uchib qo‘nuvchi (VTOL) dronlar. Kichik yuk tashuvchi dronlar asosan 1–5 kg gacha bo‘lgan yuklarni qisqa masofalarda yetkazib berish uchun mo‘ljallanadi. Ularning qo‘llanish sohasi keng bo‘lib, tezkor yetkazib berish (delivery), pochta xizmati, tibbiy yetkazmalar, monitoring va yengil servis ishlari kiradi.

Kichik yuk tashuvchi dronlarning afzalliklari va zamonaviy logistika tizimidagi roli

Zamonaviy logistika tizimida dronlardan foydalanish “oxirgi kilometr” yetkazib berish jarayonini sezilarli ravishda tezlashtiradi. Dronlar tirbandliklardan mustaqil, energiya tejamkor, ekspluatatsiyasi arzon va atrof-muhitga zarar yetkazmaydi. Kichik yuk tashuvchi dronlarning asosiy afzalliklari — yuqori manevrlik, qisqa vaqt ichida yetkazish, minimum infratuzilma talab qilishi hamda inson mehnatiga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirishdir. Shu sababli ular logistika, e-commerce va tibbiy xizmatlarda samarali transport vositasi sifatida keng qo‘llanmoqda.

. Shahar sharoitida dronlardan foydalanishga ta’sir etuvchi tashkiliy va texnik omillar

Shahar hududida kichik yuk tashuvchi dronlardan foydalanish jarayoni bir qator omillar bilan chegaralanadi. Bular — parvoz balandligi, ruxsat etilgan zonalar, binolar zichligi, meteorologik sharoitlar, xavfsizlik talablariga rioya qilish va parvoz uchun barqaror aloqa kanallari. Texnik tomondan esa dronning barqarorligi, sensorlarning aniqligi, to‘siqlarni aniqlash tizimi va energiya zaxirasi muhim ahamiyatga ega. Ushbu omillar dron dizaynida aniq talablarni belgilab beradi va amaliy qo‘llanish samaradorligini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlar hisoblanadi.

Kichik yuk tashuvchi dronlarning dizayniga qo‘yiladigan asosiy talablar

Yuk ko‘tarish qobiliyati va konstruktiv og‘irlik muvozanati

Kichik yuk tashuvchi dron dizaynida asosiy mezon — yuk ko‘tarish qobiliyati (payload) bilan dronning umumiy massasi o‘rtasidagi muvozanatdir. Dronning dvigatellari hosil qiladigan ko‘tarish kuchi apparatning o‘z vazni va yukning og‘irligini ortiqcha zo‘riqishsiz ko‘tara olishi kerak. Ideal holatda dronning umumiy ko‘tarish quvvati uning

to‘liq yuklangan og‘irligidan 1,8–2 baravar yuqori bo‘lishi talab etiladi. Bu barqarorlik, shamolga chidamlilik va xavfsiz boshqaruvni ta’minlaydi. **Aerodinamik talablar: havo oqimlari, barqarorlik va uchish xususiyatlari**

Dronning aerodinamik shakli energiya sarfi va uchish masofasiga bevosita ta’sir qiladi. Yuk joylashuvi markaziy o‘qda bo‘lishi, pervanel (rotor)lar orasidagi masofa optimal tanlanishi va ramkaning havo qarshiligini kamaytiruvchi shaklda bo‘lishi talab etiladi. Aerodinamik barqarorlikni oshirish uchun quadcopter yoki hexacopter sxemalari ko‘proq qo‘llanadi, chunki ular yuqori balans va muvozanatni ta’minlaydi.

. Korpus materiali va konstruktsiya mustahkamligi talablari

Dron korpusi engil, biroq yetarli mustahkamlikka ega bo‘lishi zarur. Eng ko‘p qo‘llaniladigan materiallar — karbon tolali kompozitlar, alyuminiy qotishmalari va ABS yoki PLA turidagi yuqori zichlikdagi polimerlar. Karbon kompozitlar mustahkamlik-va-og‘irlik nisbati bo‘yicha eng samarali bo‘lib, yuk tashuvchi dronlar uchun optimal variant hisoblanadi. Konstruktsiya shamol tebranishlariga va mexanik yuklanishlarga bardosh bera olishi kerak.

. Motorlar, pichoqlar (rotor) va dvigatel tizimiga qo‘yiladigan talablar

Motorlar dronning yuk ko‘tarish qobiliyatini belgilovchi asosiy elementdir. Brushless (cho‘tkasiz) motorlar yuqori samaradorlik va kam isish xususiyatiga ega. Rotor pichoqlarining diametri va materiali dronning ko‘tarish kuchi va energiya sarfiga ta’sir qiladi. Yuk tashuvchi dronlarda karbon pichoqlar yuqori barqarorlik va past vibratsiya uchun ishlatiladi.

Energiya manbai: batareya sig‘imi, energiya samaradorligi va parvoz davomiyligi

Kichik yuk tashuvchi dronlar odatda Li-Po (Lithium-Polymer) batareyalar bilan ishlaydi. Ularning sig‘imi va chiqarish (discharge) koeffitsienti dronning parvoz vaqtini belgilaydi. Yuk oshishi bilan energiya sarfi ham ko‘payadi, shuning uchun yuk tashishga mo‘ljallangan dronlarda 4S yoki 6S toifali batareyalar qo‘llanadi. Batareyaning energiya zichligi qancha yuqori bo‘lsa, parvoz vaqti shuncha ko‘p bo‘ladi.

. Boshqaruv elektronikasi va sensor tizimiga qo‘yiladigan talablar

Stabil parvoz uchun dron inertial o‘lchov bloki (IMU), GPS moduli, barometr, gyroskop, akselerometr, to‘siqlarni aniqlovchi ultratovush yoki LiDAR sensorlariga ega bo‘lishi kerak. Bu modullar barqarorlikni ta’minlab, yuk ostida uchish paytida parvoz xatolarini minimallashtiradi. Avtopilot platalari (masalan: Pixhawk, Naza) yukni balanslash va avtonom parvozni boshqarishda muhim rol o‘ynaydi.

. Xavfsizlik talablarining umumiy tizimi

Dron dizaynida xavfsizlik eng muhim talablardan biridir. Favqulodda holatlarda avtonom tarzda qo‘nish (Return-to-Home), signal uzilishi holatlarida barqaror rejimga o‘tish, batareya past bo‘lganda avtomatik qaytish tizimi bo‘lishi shart. Rotor pichoqlarini himoyalovchi qo‘shimcha ramka, kuchlanish himoyasi va issiqlik sensori samaradorlikni oshiradi. Shahar sharoitida xavfsizlik talablarini bajarish texnik dizaynning muhim qismidir.

Kichik yuk tashuvchi dronlarda yuk joylashuvi va barqarorlikni ta’minlash

3.1. Yukning dron markaziga nisbatan joylashuvi

Kichik yuk tashuvchi dronlarda yukning to‘g‘ri joylashtirilishi parvoz barqarorligi va boshqaruv aniqligini ta’minlovchi muhim omildir. Yuk maksimal darajada dronning markaziy og‘irlik nuqtasiga yaqin joylashtirilishi kerak. Markazdan chetga siljigan yuk dronning aylanish momentini oshiradi, bu esa motorlarning notekis yuklanishiga, tebranish kuchayishiga va energiya sarfining ko‘payishiga olib keladi. Shu sababli yuk konteyneri ramkaning markaziy qismiga integratsiyalangan bo‘lishi ma’qul.

3.2. Og‘irlik markazi (CM)ni optimallashtirish

Og‘irlik markazini optimallashtirish dronning barcha o‘qlar bo‘yicha barqaror uchishini ta’minlaydi. Ideal holatda dronning og‘irlik markazi rotorlar hosil qiladigan ko‘tarish kuchi markazi bilan mos kelishi lozim. Og‘irlik markazining 5–10 mm siljishi ham uchish barqarorligini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. Shu sababli dizayn bosqichida yuk joylashuvi, batareya holati va elektron komponentlarning joylashuvi muvozanatni saqlashga qaratilgan holda rejalashtiriladi.

3.3. Yukning uchish jarayoniga aerodinamik ta’siri

Yuk tashuvchi dronlarda yukning shakli, o‘lchami va havo oqimiga qarshiligi aerodinamik samaradorlikka bevosita ta’sir qiladi. Havo oqimini buzuvchi, katta frontal maydonga ega yuk dronning havo qarshiligini oshiradi, bu esa parvoz vaqtining qisqarishiga olib keladi. Shuning uchun yuk konteynerlari oqimni tekis taqsimlovchi aerodinamik shaklda bo‘lishi lozim. Ushbu yondashuv energiya sarfini kamaytiradi va shamolli ob-havoda boshqaruvni osonlashtiradi.

3.4. Vibratsiya, tebranish va barqarorlikni kamaytiruvchi konstruktsion yechimlar

Dronlarda tebranish va vibratsiyani kamaytirish sensorlar aniqligi va boshqaruv tizimining to‘g‘ri ishlashi uchun muhimdir. Motorlar va pichoqlarning muvozanatlashgan bo‘lishi, vibratsiya yutuvchi rezina amortizatorlar, yengil va mustahkam ramka materiallaridan foydalanish tebranish darajasini pasaytiradi. Yukning bo‘sh joyda siljishi vibratsiyani oshirishi mumkin, shu sababli yuk mahkamlash tizimi mustahkam bo‘lishi zarur. Bunday konstruktiv yechimlar dronning umumiy barqarorligini sezilarli oshiradi.

Amaliy dizayn yechimlari va texnik modellar tahlili

Mavjud kichik yuk tashuvchi dron modellarini solishtirish

Kichik yuk tashishga mo‘ljallangan dronlar bozorda bir nechta texnik yechimlarga asoslanadi. Eng ko‘p uchraydigan modellar — DJI Matrice 300, Autel Evo Max, Zipline P-Series kabi platformalardir. Ushbu dronlar 1–5 kg oralig‘ida yuk ko‘tarish qobiliyatiga, 25–45 daqiqalik parvoz davomiyligiga va yuqori barqarorlik tizimiga ega. Taqqoslashlar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy dronlarda energiya samaradorligi, sensorlarning aniqligi va avtonom boshqaruv algoritmlarining rivojlanganligi ularning samaradorligini belgilovchi asosiy faktor hisoblanadi.

Kichik yuk tashuvchi dronlar uchun dizayn sxemalari (quadcopter, hexacopter, VTOL va boshqalar)

Dron dizaynining maqbulligi uning vazifasi va yuk ko‘tarish talablariga bog‘liq.

Quadcopter — eng oddiy, yengil va kam energiya talab qiluvchi sxema, 1–2 kg yuk uchun mos.

Hexacopter — ortiqcha dvigatellar tufayli barqarorroq, yuk ko‘tarish qobiliyati yuqoriroq (2–5 kg).

Oktokopter — professional yuk tashish uchun qo‘llanadi, ammo og‘ir va ko‘p energiya talab qiladi.

VTOL (vertikal uchish-qo‘nish) — uzoq masofali parvoz uchun mo‘ljallangan, gandola yoki qanotli konstruksiyaga ega bo‘lgan gibrid dron.

Amaliy jihatdan kichik yuk tashish uchun hexacopter sxemasi ko‘p hollarda optimal variant hisoblanadi.

Optimal dizayn modelini tanlash uchun talablar majmuasi

Optimal dizayn tanlash uchun bir nechta mezonlar ko‘rib chiqiladi:

yuk ko‘tarish quvvati va umumiy massaning muvozanati,

batareya sig‘imi va parvoz davomiyligi,

motor quvvati va rotor diametri,

korpus materiali mustahkamligI

sensorlar va avtopilot tizimining aniqligi,

aerodinamik shaklning samaradorligi,

xavfsizlik tizimlarining mavjudligi (RTH, favqulodda qo‘nish).

Ushbu parametrlarning optimal kombinatsiyasi dronning amaliy samaradorligini belgilaydi.

Model parametrlarining texnik-vizual taqqoslanishi

Amaliy taqqoslashlarda dronlarning asosiy texnik ko‘rsatkichlari — maksimal yuk, parvoz masofasi, rotorlar soni, motor quvvati, batareya sig‘imi va korpus materiali solishtiriladi. Vizual taqqoslash dron konstruksiyasining aerodinamik shakli, yuk joylashuvi, pichoqlar konfiguratsiyasi va ramka tuzilishini baholash imkonini beradi. Tahlillar ko‘rsatadi: yengil karbonli ramkalar, keng pichoqli motorlar va markazlashtirilgan yuk bo‘limi bilan jihozlangan dronlar eng yuqori barqarorlik va energiya samaradorligini namoyish etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1 **Austin, R.** *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment.* John Wiley & Sons, 2010.

2 **Moiseyenko, A.**, *Konstruktsiya i upravleniye bespilotnyx letatelnyx apparatov.* Moskva: Infra-Injeneriya, 2019.

3 **Beard, R., McLain, T.** *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice.* Princeton University Press, 2012.

4 **Yang, X., & Gao, F.** “Payload Influence on Multirotor UAV Stability and Optimization Methods”, *Journal of Aerospace Engineering*, 2021.

5 **Zhang, P., et al.** “Energy-Efficient Design Approaches for Multirotor Delivery Drones.” *IEEE Transactions on Robotics*, 2020.

6 **FAA (Federal Aviation Administration).** *Small Unmanned Aircraft Systems Regulations (Part 107).*, 2023.

7 **Kravchenko, V.** *Aerodinamika bespilotnyx letatelnyx apparatov.* Sankt-Peterburg: Politekhnika, 2018.

8 **Zipline Inc.** *Operational Concepts and UAV Logistics Systems.* Company White Paper, 2021.

9 **Lentati, A.** *Design Principles of Lightweight Composite UAV Structures.* Cambridge Aerospace Series, 2018.

10. **O‘zbekiston Respublikasi Axborot Texnologiyalari Vazirligi.** *Dronlardan foydalanish bo‘yicha me’yoriy talablar va xavfsizlik qoidalari.* Toshkent, 2022.

11. **Sutton, M., & de la Cruz, J.** “Multirotor Drone Stability with Shifting Center of Mass.” *AIAA Aerospace Research Journal*, 2019.

12. **Mahkamov, A.** *Aerodinamika va uchish apparatlari nazariyasi.* Toshkent: O‘quv-adabiyot nashriyoti, 2020.