

ӘОЖ 629.7.014

ҰШҚЫШСЫЗ БАСҚАРЫЛАТЫН ҰШУ АППАРАТЫНЫҢ ШЫНАЙЫ МОДЕЛІН ЖАСАУ ЖӘНЕ СЫНАУ

¹Бөртебай М.Д., ¹Сахан А.Қ., ²Ырыскелді Н.Ғ., ²Әнуар Ғ.А., ²Жумағалиева А.Б.
m.mereke@yahoo.com

¹Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Ғарыштық техника және технологиялар
кафедрасының магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Ғарыштық техника және технологиялар
кафедрасының қызметкерлері
Ғылыми жетекшісі – Молдамурат Х.

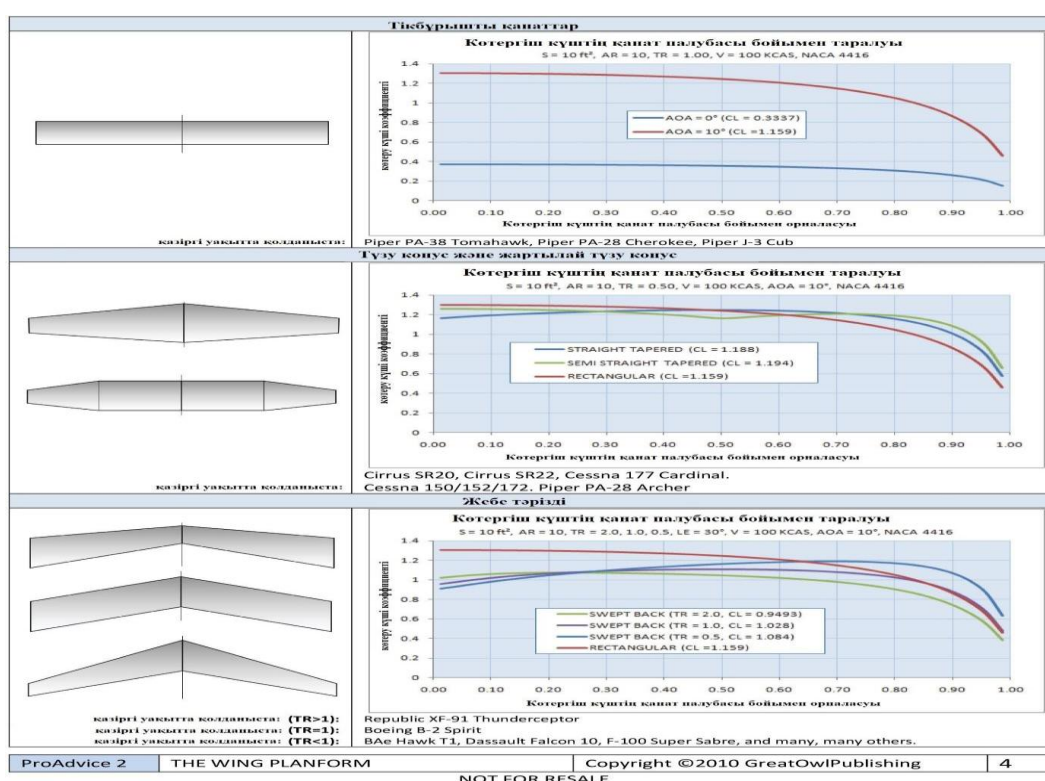
Ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппараттарының (ҰБҰА) үлгісі білім беру жүйесіндегі оқу процессінде білім алушымен бірлесе отырып дайынды. ҰБҰА компьютерлік 3D моделі жасалған және ҰБҰА қанаттарының тиімді үлгісі алынған, ҰБҰА робототехникалық басқару жүйесі арнайы микроконтроллерлік жүйесінде әзірленді. ҰБҰА үлгісін моделдеуде 3 түрлі виртуалді компьютерлік кешен қолданылған. ҰБҰА-ның виртуалды симмуляцияда анимациялық және визуализациялық 3D бейнесі зерттелді және микроконтроллерлік басқару жүйесі жасалды. Компьютерлік моделдеуде аэродинамикалық есептеулер мен салыстырмалы анализдер жасалынды. GPS жүйесі негізінде ҰБҰА-ның орналасу нүктесі анықталып, орталық басқару компьютерге сигнал бере білді. ҰБҰА құрастыруда қанаттардың аэродинамикалық күштер әсерінен төзімділігі мен ұшу икемділігін анықтауды және 3D моделдеу кешендерін қанаттың тиімді үлгілері алуды. Компьютерлік моделдеу кезіндегі нәтижелерді қолдана отырып ҰБҰА шынайы үлгісі жасалынды. Сонымен қатар ұшу аппаратының прототиптік үлгісі алынып арнайы далада ұшыру эксперименттері жасалды.

ҰБҰА қанаттарының геометриялық үлгісін алу.

Ұшу аппараттың қанаттының көлденең қимасы - бұл ұшу аппаратының ең маңызды бөлігі. Ұшу аппараттың қанаттының көлденең қимасы алдыңғы шеті, артқы шеті, максималды қалыңдығы, шеңбері (аккорд) және қисаюы сияқты геометриялық параметрлерден тұрады. Ұшу аппараттың қанаттының бұл ұшу аппараттың негізгі бөлігі және ұшақтың параметрлері оның геометриялық тиімді үлгісін таңдауға байланысты болады. Қанаттардың геометриясы келесі параметрлерге байланысты: қанат аймағы - S, қақпағы - I,

аккорды - С, тарылуы - η , салыстырмалы қалыңдығы- b - байланысты есептелінеді. Арнайы виртуалды кешенде ұшу аппараттының қанаттарының үлгісін есептеп аламыз.

Төменде 1-ші суреттен көріп отырғанымыздай, біз жасамақ болған ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппаратына жебе тәрізді қанаттарын үлгісін алдық. Қанаттар пропорция мен жылдамдықты сезіну көрсеткіші жоғары болу керек. Егер техникалық тапсырмада жылдамдыққа жету үшін ұшу-конудың жақсы өнімділігі қажет болса, қанатты қондыру механизмдерінің келесі түрлерін қолдану қажет. Оларға жабық қанатар, алдыңғы қанатар және желдеткіш қанатар жатады. Жабық қанатар қарапайым, бір тесікті, көп тесікті, жылжымалы болуы мүмкін. Шағын жеңіл ұшақтардағы желдеткіш қақпақтар қанаттың көтеру коэффициенті салыстырмалы түрде азту кезде қанаттардың аэродинамикалық қасиеттерінің кенеттен өзгеруіне байланысты пайдаланылмайды. Бұл көтерілуді ұлғайту және тежеу сияқты маневрлер үшін жақсы, бірақ басқару элементтерінің салмағын арттырады және көбінесе операторлық басқаруға жарамайды. Жоғарыда жалпы қанаттардың кейбір үлгілері виртуалды бағдарламада келтірілген.



1-сурет. Қанаттардың үлгілерін виртуалды бағдарламада параметрлік есептеулер жүргізу

Ауырлық орталығын есептеу

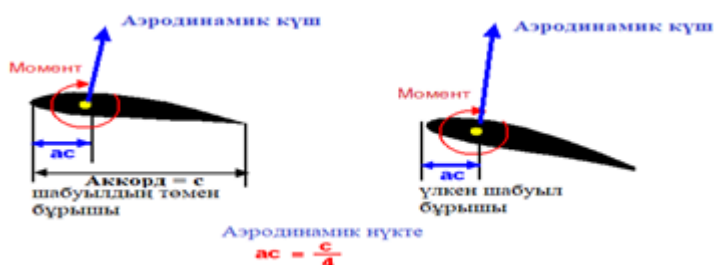
Ұшу аппараттың ауырлық орталығы тікелей ұшуды теңестіруде және ауада маневр жасауда маңызды рөл атқарады. Ұшу аппараттың модельдері мен кішігірім дрондар ауырлық орталығын қанат қимасының жетекші жиегінің 25% -дан аспайтын етіп реттейді. Ауырлық орталығы ең қолайлы орынды таба алмағандықтан, тиімділіктің жоғарылауы, энергияны тұтынудың артуы және бақылауды жоғалту қаупі бар.



2-сурет. ҰБҰА ауырлық күшін теңдестіру орталығы

Ұшу аппараттың тұрақтылығы оның ауырлық күшінің центріне және тұрақтандырғыштың негізгі қанаттан қаншалықты алыс екендігіне байланысты. Көптеген ұшу аппараттары көлденең тұрақтандырғышсыз тұрақсыз. Симметриялы емес аэродинамикалық беттердің көтеру коэффициенті жеткілікті, бірақ жазықтықтың ұшын төмен қарай бағыттайтын кемшілігі бар, бұл оны статикалық тұрғыдан тұрақсыз етеді. Тік тұрақтандырғыштар жеткілікті тұрақтылық үшін қажет. Симметриялы аэродинамикалық бет қалыпты қозғалу сәтінде болады, тұрақтылық нәтижесінде жазықтық сіз көрсеткен жерге қарай ұшады.

Жоғарыға қарай көлбеу қанат оны дұрыс қозғалысқа ие, оны тұрақтандырады және ұшатын қанаттар үшін қолданылады (тік тұрақтандырғышсыз). Ұшу аппараттың ауырлық орталығы (CG) дұрыс орналасуы маңызды. бұл ұшудың тұрақты және басқарылатын нәтижелеріне әкелуі мүмкін. Тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін ауырлық центрі (CG) Нейтральный нүктенің алдында тұруы керек. Нейтральный нүкте (NP) - бұл бүкіл ұшақтың аэродинамикалық орталығы (AC) [5].

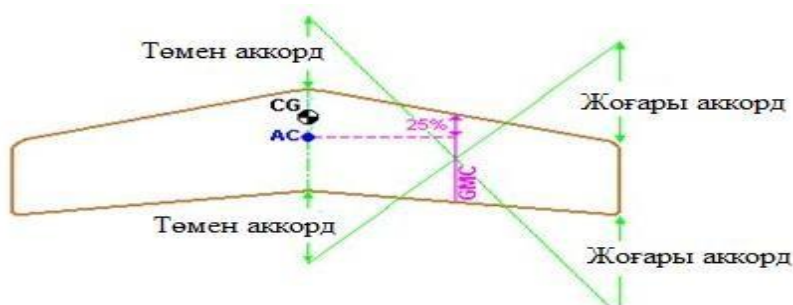


3-сурет. Аэродинамикалық нүктенің моменті мен шабуыл бұрыштары және аэродинамикалық нүкте қазғалмайтындығын көруге болады

Ұшу бағытындағы корпустың бұрышы оның төзімділігіне әсер етеді, бірақ егер корпустың проекциялау аймағы мен оның бағытының бұрышы үлкен болмаса, теңгергіш аз әсер етеді. Ауыр ұшақ төмен жылдамдықпен қонған кезде құйрық сезімтал және тұрақсыз болады. Ұшы - ауыр ұшақтар жерден көтеріліп, биіктікке жету қиын, ал реттегіші азайған кезінде ұшақтың мұрыны төмендейді. Сонымен қатар, қауіпсіз жерге түсу үшін жоғары жылдамдықты қажет етеді. Қанат бауы мен тұрақтандырғыштың 2 сызығы арасындағы бұрышты Longitudinal Dihedral (LD) деп атайды, басқаша decalage деп атайды. LD бұрышы өскенде және төмендегенде жылдамдық пен биіктік өзгереді.

Дыбыстың қалыпты жылдамдығында қанаттың алдыңғы шетінен $\frac{1}{4}$ қашықтықта аэродинамикалық күш нүктесі болады, ал шабуыл бұрышы өзгерген кезде аэродинамикалық момент өзгермейді. Тік төртбұрыштан басқа қанаттар үшін (үшбұрышты, трапеция тәрізді

және т.б.), Mean Aerodynamic Center (MAC) - бұл қанаттың орташа орталығы. Барлық қанаттар типтерінің орташа аэродинамикалық MAC орталығын табуымыз қажет[6].



4-сурет. Ауырлық орталығы жоғарыда көрсетілгендей, ұшақтың қанаттың аэродинамикалық нүктесінің AC алдында 10% ауырлық орталығы CG орналасуы көрсетілген

MAC математикалық әдіспен есептеледі. Бұл есептеу төмендегі суретте көрсетілгендей 'Geometric Mean Chord' GMC немесе 'Standard Mean Chord' SMC деп аталады. Жебе тәрізді қанаттар үшін MAC, GMC-ден өзгеше болады, Taper ratio (Қанаттың өткір бұрышы) = Төмен аккорд / Жоғары аккорд

Кесте 1

Жебе тәрізді қанаттар үшін MAC үлгісіннің параметрлік өлшемдері берілген

| Техникалық сипаттамалары | Өлшемі |
|---|-------------------------|
| Аккорд - c | 0.25 м |
| Қақпағы - b | 1.2 м |
| Қанат аймағы - S | 0.3 м ² |
| Aspect Ratio - Қанат квадратының қанат ауданына қатынасы - AR | 4.8 |
| Көтеру күші коэффициент - Cl | 1.15 |
| Шабуыл бұрышы - i_w | $10.25^0 = 0.263$ рад |
| Тығыз - ρ | 1,225 кг/м ³ |
| Жылдамдық - V | 16.58 м/с |

Ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппараттарының қанаттарын жобалау

Бірінші қадам - қозғалтқышты таңдау үшін қанаттардың беткі қабатын және басқа статикалық және аналитикалық есептеулерді жасау.

Екінші қадам - жоғарыда көрсетілген элементтердің соңғы есептеулерін біріктіру және қозғалтқыштың қуатына қатысты желдеткіш диаметрінің басқа параметрлерін анықтау.

Үшінші қадам - қанаттарды есептеу және корпус бекітпелерінің аэродинамикалық қасиеттерін, көлденең проекциялар мен беттік қималарды анықтау. Төртінші қадам - көлденең тұрақтандырғыштың қасиеттері мен өлшемдерін анықтау және есептеулер жүргізу. Келесі аппаратты пайдалана отырып, аппараттың жалпы дизайны жасалды. Ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппараттарының (ҰБҰА) рөліне байланысты оның тұрақты немесе тұрақсыз екенін анықтап және осыған байланысты модельге қажетті нақты өлшемдерді алу қажет. Оларға қанаттардың орны, фюзеляж, қанаттардың түрі, ауырлық центріннің жағдайы және ұшақтың жалпы формасы жатады. Модельді жобалау кезінде ұшақ аппаратында болуы керек тұрақты тұрақтылық пен негізгі басқару беті ауысқанда пайда болатын қозғалыс бағытын теориялық зерттеу керек.

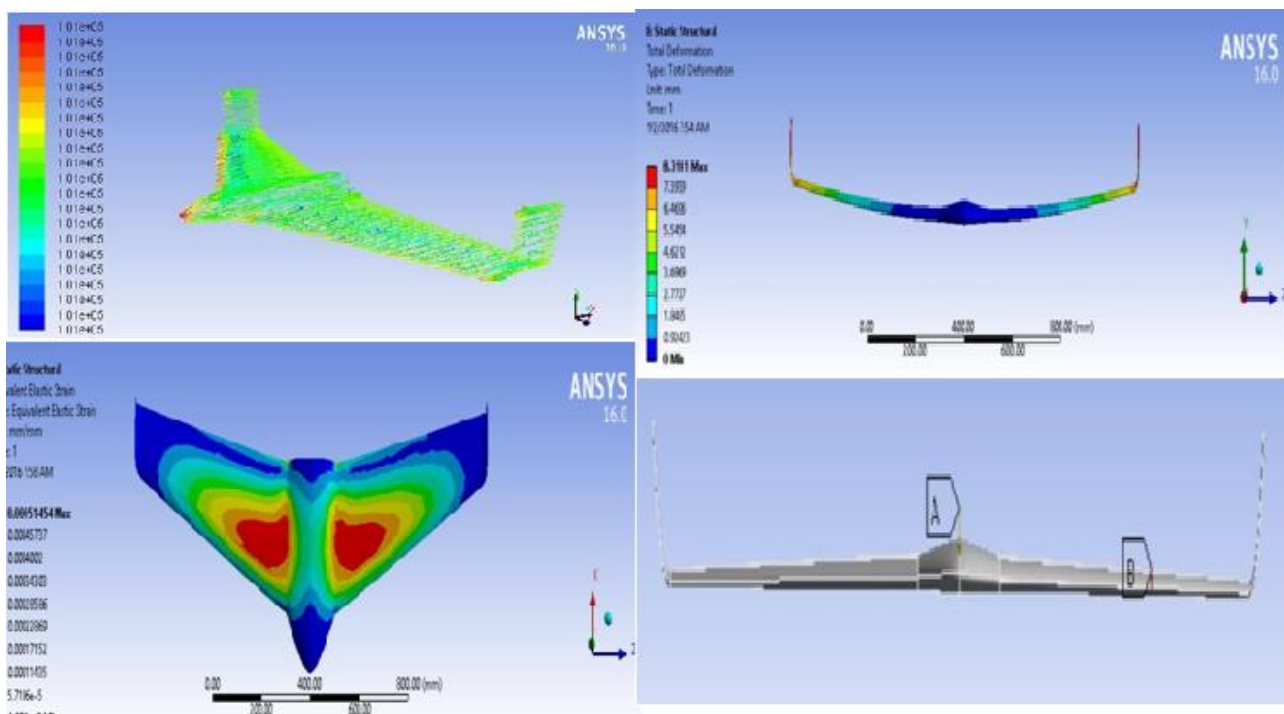
Компьютерлік бағдарламалық кешен ANSYS-де симуляциялық нәтижелер

Зерттеулердегі соңғы үрдістер модель ойлап табылғанға дейін әртүрлі компьютерлік Симуляциялық бағдарламаларды қолдана отырып ғылыми әдістерді қолдану арқылы талдау және қорытынды жасау мәдениетін қалыптастырды.

Қолданып қысымды, ағын динамикасын және қанат қимасында көтеруді есептеу үшін пайдаланылатын ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппаратын (ҰБҰА) модельдеу нәтижелерін бақыладым. Симуляция дененің деформациясы мен материалдың қаттылығын ескере отырып, ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппараттарының дизайнын жеңілдетеді.

Ауа ағыны модельденіп, ұшақтың денесі мен қанаттардағы турбулентті ағын есептелді. Симуляция нәтижелерге қарағанда ауа ағыны біркелкі, ал турбулентті ағын салыстырмалы түрде аз екенін көруге болады. Бұл ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппаратын өте жақсы аэродинамикалық қасиеттерін көрсетеді.

Ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппаратының ең көп жүктелген бөлігін көру үшін деформациялық модельдеу жүргізілді. Симуляциядан корпустың қанаттың қондырғысына максималды жүктеме түсетіндігін көруге болады, сондықтан қанат бекітпесі жақсы болуы керек.



5-сурет. ANSYS симуляция бағдарламалық кешенінде аэродинамикалық күштердің әсерін анықтаудағы мен деформация сынудың сараптамасының нәтижелері

Кесте 2

ҰБҰА прототип үлгісінің параметрлік өлшемдері көрсетілген

| Аты-жөні | Өлшемі |
|----------------------------|-----------|
| Диаметр | 20.32 мм |
| Жүзі | 2 |
| Ені | 6Е |
| Салмағы | 28.06 гр |
| Ең көп айналымдар | 10335 RPM |
| Көтеру күші коэффициенті - | 0.0687 |

| | |
|------------------------|--------|
| СТ | |
| Қуат коэффициенті – СР | 0.0389 |

ҰБҰА робототехникалық басқару жүйесі арнайы микроконтроллерлік жүйесінде әзірленді. ҰБҰА робототехникалық жүйесін микроконтроллерлік жүйесіне арнайы AutoDesk, Tinkercard программасында модельденіп, программалық код Arduino UNO микроконтроллерін жадына еңгізілді. ҰБҰА үлгісін моделдеуде 3 түрлі виртуалді компьютерлік кешен қолданылған. ҰБҰА-ның виртуалды симмуляцияда анимациялық және визуализациялық 3Д бейнесі зерттелді және микроконтроллерлік басқару жүйесі жасалды. Компьютерлік моделдеуде аэродинамикалық есептеулер мен салыстырмалы анализдер жасалынды. GPS жүйесі негізінде ҰБҰА-ның орналасу нүктесі анықталып, орталық басқару компьютерге сигнал бере білді. ҰБҰА құрастыруда қанаттардың аэродинамикалық күштер әсерінен төзімділігі мен ұшу икемділігін анықтауды және 3D моделдеу кешендерін қанаттың тиімді үлгілері алуды. Компьютерлік моделдеу кезіндегі нәтижелерді қолдана отырып ҰБҰА шынайы үлгісі жасалынды.



6-сурет. ҰБҰА ұшудағы орнын бағдарламадан көру

Жоғарыда келтірілген вертуалды және нақты ұшыру сараптама есептеулері мен зерттеулер нәтижелері бойынша ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппаратының үлгісі аэродинамикалық күштерге толық төтеп береді және қолдан жасалған ұшу аппараттың үлгісінің қанаттары манерв жасағанда сынғыштығы мен майсуы, қанаттардың материалдық тығыздығы жоғары болды.

Қазақстан Республикасында экстремалды климатына сәйкес келетін ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппаратының моделі толық жасалды. Ол суық температурада $-25-45^{\circ}\text{C}$ дейін қолдануға болады және 4-8 м/с желде кезінде маневр жасау қажеттілігімен ескеріле отырып жасалған. Жиі қолданылатын ұшқышсыз басқарылатын ұшу аппараттың моделін анықтау үшін Solidworks бағдарламалық кешенде және компьютерлік бағдарламалық кешен ANSYS-де симуляциясында, AutoDesk, Tinkercard программасын әзірлеп Arduino UNO микроконтроллерін бағдарламалау арқылы жұмыстар толығымен орындалды.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. S.Manas, B.Erdenebat. Travel in a short time without adding fuel ways to build capabilities in unmanned aerial vehicles. / Khurel Togoot 2010 / Ulaanbaatar 2010.
2. B. Erdenebat. Use of NNA and opportunities for its development in Mongolia. / Military reform / Ulaanbaatar 2010.E.Batzorigt, V.A.Lebiga. Problems and goals of application of unmanned low-sized aviation for national economy of Mongolia./International conference no the methods of aerophysical research/ Novosibirsk Parallel 2010.
3. Development and Implementation of Automated UAV Flight Algorithms for Inertial Navigation Systems, Yemelyev, A.K., Moldamurat, K., Seksenbaeva, R.B., SIST 2021 - 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, 2021, 9465965

4. Atanov, S.K., Bigaliyeva, A.Z., Apachidy, N.K., Rusak, A.V. Process control issues of fine grinding in a planetary mill, *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Prikladnaya Matematika, Informatika, Protsessy Upravleniya* this link is disabled, 2020, 16(3), ctp. 277–292.
5. Kyzzyrkanov, A.E., Atanov, S.K., Aljawarneh, S.A.R., Formation control and coordination of swarm robotic systems, *ACM International Conference Proceeding Series*, 2021, 3492704.
6. Akhmediya A. A., Moldamurat Kh., Mo Jamshidi., Brimzhanova S., Nabiyev N.,& Kismanova A. Application of Sentinel-1 SAR Data for Detecting a Nuclear Test Location in North Korea Application de données SAR de Sentinel-1 pour détecter un lieu d'essai nucléaire en Corée du Nord Received 17 Jul 2021, Accepted 28 Dec 2021, Published online: 13 Jan 2022.
7. Moldamurat Kh, Mobile firefighting robot, patent for inventions - barcode No. 2332114. Reg. application number 2020/0819.1, dated November 26, 2020.
8. Baimukhamedov M.F., Moldamurat K., Akgul M.K., Optimal control model of the automobile transport, *Transport Means - Proceedings of the International Conference*, 2019, 2019-October, ctp. 1312–1316.
9. Adilzhan K.K., Sabyrzhan A.K., Timur T.Z., The Usage of Extended Kalman Filter to Increase Navigation Accuracy of Mobile Units in Closed Spaces, *SIST 2021 - 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, 2021, 9465903