

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

Тұрғанбай Рауан Арманұлы

Қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды пайдалануды зерттеу

дипломдық жобаға

**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

6B07113 - Робототехника және мехатроника

Алматы 2025



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты  
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
**РТЖАТК** кафедра меңгерушісі  
**техника ғылымының кандидаты,**  
**профессор**  
**Қ.Ә. Өжікенов**  
«05» 06 2025 ж

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСҚА**  
**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

Тақырыбы: «Қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды пайдалануды зерттеу»

6B07111 - Робототехника және мехатроника

Орындаған

Тұрғанбай Р.

Рецензент

Ғылыми жетекшісі

Абай атындағы ҚазҰПУ,

Физика кафедрасының қауым. проф.ма.

техника ғылымдарының кандидаты

Жаменкеев Е. К.

«07» 06 2025 ж.

техника ғылымдарының магистрі,  
аға оқытушы

Бигалиева Ж.

«05» 06 2025 ж.

Алматы 2025



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты  
Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы  
6B07113 - Робототехника және мехатроника



**Дипломдық жобаны орындауға арналған  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Тұрғанбай Рауан Арманұлы

Тақырыбы: Қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды пайдалануды зерттеу

Университет ректорының 2025 жылғы «\_\_» \_\_\_\_\_ № \_\_-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «\_\_» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino, SolidWorks.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) дронды қолданудың маңыздылығы мен болашағын түсінуге мүмкіндік беретін жан-жақты және терең зерттеу болып табылады

б) дронды пайдалану мүмкіндіктері

в) дронның пайдасын дәлелдеу

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 7 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 14 атаулардан



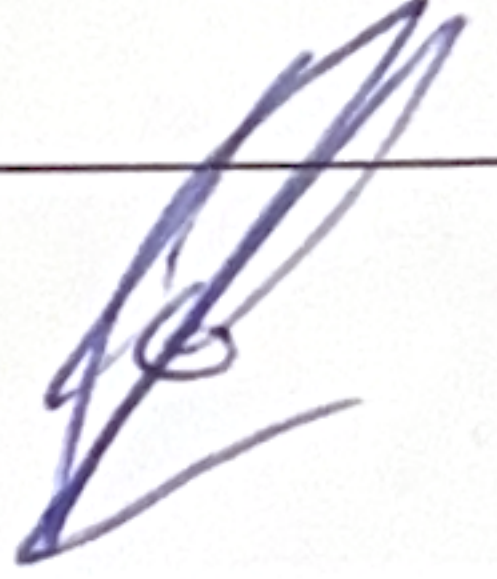
Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі | Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері | Ескертпелер |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Теориялық бөлім                              | 10.01-15.02.2025 ж                | Орындалды   |
| Зерттеу бөлімі                               | 15.03-17.04.2025 ж.               | Орындалды   |
| Қорытынды бөлім                              | 20.04-20.05.2025 ж.               | Орындалды   |

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛДАРЫ

| Бөлімдердің атауы | Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қол                                                                                   |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Қалып бақылаушы   | Кальменов Е.Т. техника ғылымдарының магистрі, оқытушы         | 06.06.2025        |  |

Ғылыми жетекші



Бигалиева Ж.С.

Тапсырманы орындауға қабылдап алған студент



Тұрғанбай Р.А.

Күні

05» 06 2025 ж.



## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста қоршаған ортаны бақылауға арналған ұшқышсыз ұшу аппараттарын (дрондарды) пайдалану мәселелері қарастырылады. Зерттеу барысында дрондардың даму тарихы, түрлері, ұшу динамикасы мен олардың математикалық модельдері талданады. Жоба аясында дронның техникалық сипаттамалары, 3D үлгілері және басқару жүйелері, соның ішінде PID реттегіші көрсетілген. Жұмыстың басты мақсаты — қоршаған ортаны тиімді түрде бақылай алатын автономды дрон жүйесін жасау.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы применения беспилотных летательных аппаратов (дронов) для мониторинга окружающей среды. В исследовании анализируются история развития, классификация, динамика полета и математическое моделирование БПЛА. В проектной части представлены технические характеристики дрона, 3D-модели и системы управления, включая PID-регулятор. Основной целью работы является разработка автономной системы дрона, способной эффективно выполнять задачи экологического мониторинга.

## **ANNOTATION**

This bachelor's thesis addresses the application of unmanned aerial vehicles (UAVs), commonly known as drones, for environmental monitoring. The study analyzes the historical development, classifications, flight dynamics, and mathematical modeling of UAVs. The project section includes technical specifications, 3D models, and control systems, including the implementation of a PID controller. The primary goal of the thesis is to develop an autonomous drone system capable of efficiently performing environmental monitoring tasks.



## МАЗМҰНЫ

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ                                          | 5  |
| 1.1 Дрон және беспилотниктің даму тарихы                       | 5  |
| 1.2 Дрон мен беспилотниктің түрлеріне шолу                     | 6  |
| 1.3 Дрон мен беспилотниктің орындайтын тапсырмалары            | 9  |
| 2 БЕСПИЛОТНИКТІҢ ДИНАМИКАСЫ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ<br>МОДЕЛЬ       | 16 |
| 2.1 Менің жобамның беспилотнигі — «Ұшатын қанат» (Flying Wing) | 16 |
| 2.2 Ұшатын қанаттың басқа дрондардан артықшылығы               | 16 |
| 2.3 Ұшатын қанаттың басқа дрондардан кемшілігі                 | 17 |
| 2.4 "Ұшатын қанаттың" сыртқы түрлері                           | 18 |
| 2.5 Ұшу динамикасында қолданылатын координаттар жүйелері       | 20 |
| 2.6 Жер координаттар жүйесі                                    | 22 |
| 2.7 Байланыстырылған координаттар жүйесі                       | 23 |
| 2.8 Координаталық жүйелер арасындағы байланыс                  | 23 |
| 2.9 Математикалық модель                                       | 26 |
| 3 БЕСПИЛОТНИКТІҢ ДИЗАЙНЫ                                       | 27 |
| 3.1 Жобаның 3D моделі                                          | 27 |
| 3.2 PID реттегіші [7] — квадрокоптердің басқару жүйесі         | 33 |
| 4 КОНСТРУКТОРЛЫҚ БӨЛІМ                                         | 34 |
| 4.1 Ұшу контроллері                                            | 34 |
| 4.2 Электр сымдарын бөлу тақтасы                               | 35 |
| 4.3 Реттегіш                                                   | 36 |
| 4.4 Қозғалтқыш                                                 | 37 |
| 4.5 Құрылымдық сұлба                                           | 38 |
| 5 ҚОРЫТЫНДЫ                                                    | 43 |
| 5.1 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                            | 43 |
| Қосымша А                                                      | 44 |



## КІРІСПЕ

Соңғы жылдары Беспилотник немесе дрондарды енгізу аэрофототүсірілімнен бастап іздеу-құтқару жұмыстарына дейін әртүрлі салаларда танымал бола бастады. Технологияның беспилотник дронды басқару жүйесін автоматтандыру мүмкін болды, бұл оларға адам бақылауынсыз автономды түрде күрделі тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді. Бұл автоматтандыру барлық дерлік салаларда төңкеріс жасап, оларды тиімдірек, қауіпті емес және үнемді ете алады. Бұл жобада біз квадрокоптерді басқару жүйесін автоматтандыруды үйренуге және басқалардың көмегінсіз белгілі бір тапсырманы орындауға қабілетті жүйені құруға тырысамыз.

Беспилотник басқару жүйесін автоматтандыру тұрақты қолмен басқаруды қажет етпестен белгілі бір тапсырмаларды өз бетінше орындау үшін дронды бағдарламалауды қамтиды. Бұған қоршаған ортаны анықтау үшін датчиктерді енгізу және ұшқышсыз ұшу сызығын сәйкесінше реттеу немесе белгілі бір миссияны орындау үшін бұрын бағдарламаланған ұшу үлгілерін енгізу сияқты әртүрлі әдістерді қолдану арқылы қол жеткізуге болады.

Беспилотник басқару жүйесін автоматтандырудың бір әдісі-ұшқышсыз ұшуды басқаратын, оның қозғалтқыштарын басқаратын, оның бағытын реттейтін және оның ұшуын теңестіретін шағын компьютер болып табылатын ұшу контроллерін пайдалану. Ұшу контроллерін дронды автономды түрде ұшуға мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтаманың көмегімен бағдарламалауға болады, алдын-ала белгіленген ұшу траекторияларының жиынтығына сүйене отырып немесе сенсорлық мәліметтерге негізделген белгілі бір маневрлерді орындай отырып.

Тағы бір тәсіл-дронды датчиктерден алынған мәліметтер базасында белгілі бір тапсырмаларды орындауға үйрету үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану. Мысалы Беспилотникті қоршаған ортадағы объектілерді тануға және қолайлы түрде әрекет етуге үйретуге болады, мысалы, кедергілерден аулақ болу немесе арнайы жолмен жүру.

Қалай болғанда да, Беспилотник басқару жүйесін автоматтандыру Беспилотникбағдарламалық жасақтамасын да, ұшу механикасын да терең түсінуді сұрайды. Сондай-ақ, автономды ұшумен байланысты қауіпсіздік шаралары мен ықтимал қауіптерді түбегейлі ескеру қажет.

*Бұл жобаның негізгі мақсаты*-адамның бақылауынсыз аэрофототүсірілім немесе іздеу-құтқару сияқты белгілі бір тапсырманы орындай алатын автоматты Беспилотник басқару жүйесін әзірлеу. Біз бұл мақсатқа автономды ұшуды қамтамасыз ету үшін сенсорлар мен машиналық оқыту алгоритмдерін енгізу сияқты квадрокоптерді автоматтандырудың әртүрлі әдістерін үйрену арқылы қол жеткізуге тырысамыз.

*Жұмыстың мақсатына жету үшін келесі міндеттер қойылған:*

- Квадрокоптерлерді автоматтандыру бойынша қолданыстағы әдебиеттерге, соның ішінде осы саладағы соңғы әзірлемелерге жан-жақты шолу жасау.
- Ұшу контроллері мен датчиктер сияқты квадрокоптерді автоматтандыруға қажетті механикалық және бағдарламалық жасақтама компоненттері туралы түсінік қалыптастыру.
- Алдын ала бағдарламаланған ұшу траекториялары мен машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану сияқты квадрокоптермен жұмыс істеуді автоматтандырудың әртүрлі тәсілдерін үйрену.
- Белгілі бір тапсырманы автономды түрде орындауға қабілетті автоматтандырылған квадрокоптерді басқару жүйесін жобалау және әзірлеу.
- Автоматтандырылған квадрокоптерді басқару жүйесінің өнімділігін бағалап және оны тиімділік, қауіпсіздік және тиімділік тұрғысынан қолмен басқарумен салыстыру.



## **1 Технологиялық бөлім**

### **1.1 Дрон және квадрокоптердің даму тарихы**

Дрондар мен квадрокоптерлердің тарихы алғашқы қашықтан басқарылатын ұшақтар жасалған 20 ғасырдың басынан басталады. Алайда, квадрокоптерлерді қолдану 20 ғасырдың аяғында күшейе бастады.

1980 жылдары квадрокоптердің алғашқы прототиптері әскери мақсатта, ең алдымен бақылау және барлау үшін жасалды. Бұл алғашқы квадрокоптерлер үлкен, қымбат және басқару қиын болды және негізінен эксперименттік мақсаттарда қолданылды.

1990 жылдары технологияның дамуы негізінен Әуесқойлық мақсатта қолданылатын кішігірім және қол жетімді квадрокоптерлердің дамуына әкелді. Бұл квадрокоптерлер әдетте қайта зарядталатын батареялармен жұмыс істеді және қашықтан басқару пультімен басқарылды.

2000 жылдардың басында квадрокоптерлер аэрофототүсірілім және геодезия сияқты коммерциялық мақсатта қолданыла бастады. Алғашқы коммерциялық квадрокоптер Parrot AR болды. 2010 жылы шығарылған және смартфон қосымшасы арқылы басқарылатын Drone.

Содан бері квадрокоптер технологиясы қарқынды дамып келеді және квадрокоптерлердің әрбір жаңа буынына көптеген жаңа мүмкіндіктер мен мүмкіндіктер қосылды. Бүгінгі таңда квадрокоптерлер аэрофототүсірілім мен бейне түсірілім, іздеу-құтқару жұмыстары, ауыл шаруашылығы және тіпті пакеттерді жеткізу сияқты әртүрлі мақсаттарда қолданылады.

Алдымен дрондардың құрылысын анықтайық. Квадрокоптер - төрт роторы бар, орталық сәулелермен бөлінген миниатюралық тікұшақ. Барлық бұрандалар жеке қозғалтқышпен жабдықталған, қозғалтқыштың әрекеті микропроцессорлар жүйесімен және үш гироскоппен басқарылады, бұл ауадағы коптердің тепе-тең жағдайын береді. Ұшу кезінде құрылғыға қажет емес бұралулар мен бұрылыстардың алдын алу үшін винттердің бір бөлігі бір бағытта, ал екінші бөлігі керісінше қозғалады. Осының арқасында крутящий өтеледі. Ұшқыштың ұшу бағыты мен биіктігі қашықтан басқару пультін қолдана отырып, радиоқабылдағышпен басқарылады немесе борттық компьютерде алдын ала белгіленген бағыт бойынша жүреді.

Осындай тікұшақтың негізін қалаушылардың бірі 1922 жылы іске қосылған Ботезат аппараты болды. Георгий Александрович Ботезат - Америкадан шыққан, Ресейден шыққан, ол электрик, өнертапқыш және Петроград технологиялық институтының профессоры болған. Эксперименттік рейстердің бірінде Ботезат аппараты салмағы 450 кг болатын жүкті 4 метр биіктікке әуеге көтере алды.



Заманауи квадрокоптер пайда болуының алғышарттары тікұшақ жасаудың алғашқы күндерінен басталды - 1920 жылдары. Осы күндері екі адам әрқайсысы бір-бірінен ойлады: бұлар француз инженері Этьен Амихен және Ботезат. Бір таңқаларлығы, екеуі де бір уақытта дерлік төрт роторлы тікұшақты құрастырды, мұнда барлық қозғағыштар трансмиссиялық жүйені қолдана отырып, бір қозғалтқышпен басқарылды. Екі модель үшін де сынақ рейстері өткізілді, нәтижесінде әуе кемесі 5-тен 15 метр биіктікке көтеріліп, шамамен 1 шақырым ұшты. Бірақ тестілеу сатысында іс тоқтап қалды. Мұның себебі:

- моментті қозғалтқыштан роторларға беретін, істен шыққан және аса сенімді емес беріліс жүйесі;
- Емісеннің аппараттарында сегіз қозғалтқыш пайдаланылды, ал Ботезат моделі тек желдің әсерінен қозғалады.



**1.1 - сурет – Ботезат аппараты**

Екі модельде де ұшу кезінде ғарышта тепе-теңдік болмады, әсіресе ауаны тұрақтандыру жүйесінің болмауына байланысты қатты желдерде. Өнертабыс күніне сәйкес әлемдегі алғашқы квадрокоптер Этьен Амишеннің қолында болғанына қарамастан, оның моделі заманауи коптердің сенімді прототипі болып саналмайды.

1922 жылы алғашқы төрт бұрандалы дрондардың бірін сынау үшін іргетас қаланды. Бұрандалар саны көп мұндай жүйе басқаруды жеңілдетеді: аппаратты бұру үшін тек алдыңғы басын орнын өзгерту керек болды.

Тек 50-ші жылдары бірнеше өндірушілер прототиптер сияқты тәжірбиелік моделдерін жасады. Ұшқыштың ең толық нұсқасын Ботезат жасаған, ол роторлар басқаратын квадрокоптер болатын.



## 1.2 Дронның түрлеріне шолу

Ұшқышсыз ұшу аппараттары (ұшқышсыз ұшу аппараттары) деп те аталатын дрондар әртүрлі пішіндер мен өлшемдерде келеді және оларды әртүрлі мақсаттарда пайдалануға болады. Міне, дрондардың кейбір жалпы түрлеріне шолу:

- Бекітілген қанатты дрондар: бұл коммерциялық және әскери мақсатта қолданылатын дрондардың ең көп таралған түрі. Олар қатты Қанат дизайнына ие және ұшақтар сияқты ұшуға арналған. Бекітілген қанатты дрондар әдетте ұзақ мерзімді бақылау және картаға түсіру үшін қолданылады.

- Көп роторлы дрондар: бұл ойын-сауық және коммерциялық мақсатта қолданылатын дрондардың ең танымал түрі. Олардың бірнеше роторлары бар және тікұшақтар сияқты ұшуға арналған. Көп роторлы дрондар орнында тұрып қалуы мүмкін және аэрофото және бейне түсіру үшін тамаша.

- Гибридті дрондар: бұл бекітілген қанатты дрондар мен көп роторлы дрондардың тіркесімі. Олар тікұшақтар сияқты ұшып, қонуы мүмкін, сонымен қатар тұрақты қанатты дрондар сияқты ұзақ қашықтыққа ұшуы мүмкін. Гибридті дрондар көбінесе геодезиялық және картографиялық миссиялар үшін қолданылады.

- Нано-дрондар: бұл алақанға сыйатын өте кішкентай дрондар. Олар әдетте үй ішінде ұшу үшін пайдаланылады және оларды смартфон қолданбасы арқылы басқаруға болады.

- Тік ұшу және қону дрондары: бұл гибридті дрондарға ұқсас тік ұшатын және қонатын дрондар, бірақ тігінен ұшуға және қонуға мүмкіндік беретін қосымша артықшылығы бар. Тік ұшу және қону дрондары көбінесе әскери мақсатта қолданылады және қатал ауа-райында ұшуға қабілетті.

- Жеткізу дрондары: олар пакеттер мен тауарларды жеткізу үшін арнайы жасалған. Олар жүк бөлімімен жабдықталған және межелі жерге өздігінен ұшуға қабілетті.

Жалпы алғанда, дрондар әртүрлі пішіндер мен өлшемдерде келеді және ойын-сауық рейстерінен әскери миссияларға дейін коммерциялық жеткізілімдерге дейін әртүрлі мақсаттарда қолданылады.

Квадрокоптерлер, сондай-ақ квадрокоптерлер ретінде белгілі, төрт роторлы көп роторлы дронның бір түрі. Бұл ойын-сауық және коммерциялық мақсатта қолданылатын дрондардың ең көп таралған түрі және олар әртүрлі пішіндер мен өлшемдерде келеді. Квадрокоптерлердің кейбір жалпы түрлеріне шолу:

- Микро квадрокоптерлер: бұл квадрокоптердің ең кішкентай түрі, әдетте салмағы 50 грамнан аз. Олар үй ішінде ұшуға өте ыңғайлы және көбінесе ойын-сауық мақсатында қолданылады.



– Камерасы бар квадрокоптерлер: олар аэрофототүсірілім мен бейне түсірілім үшін арнайы жасалған. Олар тегіс және тұрақты түсіруді қамтамасыз ететін жоғары сапалы камералармен және суспензиялармен жабдықталған.

– Жарыс квадрокоптерлері: жоғары жылдамдықты ұшуға және маневр жасауға арналған. Олар көбінесе бәсекеге қабілетті жарыстар үшін қолданылады және сағатына 100 мильге дейін жүре алады.

– Ойыншық квадрокоптерлер: олар балаларға арналған және әдетте өте қолжетімді. Олар дронды басқаруды үйренуге өте ыңғайлы және көбінесе биіктікті автоматты түрде ұстап тұру және кедергілерді болдырмау сияқты мүмкіндіктермен жабдықталған.

– Кәсіби квадрокоптерлер: олар коммерциялық мақсатта пайдалануға арналған және көбінесе - суретке түсіру, картаға түсіру және тексеру сияқты тапсырмалар үшін қолданылады. Олар деректерді дәл және дәл жинауға мүмкіндік беретін жоғары сапалы камералар мен сенсорлармен жабдықталған.

– Ауылшаруашылық квадрокоптерлері: олар ауылшаруашылық мақсаттары үшін арнайы жасалған. Олар фермерлерге егіннің жай-күйін бақылауға және назар аударуды қажет ететін аймақтарды анықтауға мүмкіндік беретін сенсорлар мен камералармен жабдыкталуы мүмкін.

Жалпы алғанда, квадрокоптерлер әртүрлі өлшемдер мен пішіндерде келеді және аэрофототүсірілімнен жарысқа, коммерциялық және ауылшаруашылық мақсаттарға дейін әртүрлі мақсаттарда қолданылады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары - соңғы жылдардағы маңызды жаңалықтардың бірі. Қазіргі уақытта ҰША-ның көптеген түрлері мен сорттары бар. Мұның бәрі олар жасалған қажеттіліктер мен міндеттердің айырмашылығына байланысты. Кейбіреулері, мысалы, оқиғаларды аэрофото-суретке түсіру, фильмдер түсіру үшін қажет, ал басқалары алыс қашықтыққа ұшу, алыс қашықтықтағы нысандарды тексеру және бақылау үшін қажет. Бұл айырмашылық мөлшерді, салмақты және құрылысты анықтайды. Азаматтық ультратырадыбыстық заттардың бірнеше негізгі түрлері бар.

Ұшақ типіндегі дрон - көтеру күшін қамтамасыз ететін қатаң бекітілген қанаты бар. Осының арқасында олар оңай жұмыс істейді, ауа-райының қолайсыз жағдайларына шыдамды, жүктеме көбірек, сонымен қатар аз қашықтықты жеңе алады. Оларды қолдану аясы - шағын жүктерді жеткізу, ірі нысандарды, ұзақ миссияларды бақылау. Алайда, ол жоғары дәлдікті қажет ететін миссияларға жарамайды, өйткені лифті жасау үшін ол үнемі қозғалыста болуы керек. Осы типтегі УА-ның пайда болуы 1.2 - суретте көрсетілген.





1.2 - сурет – Ұшақ типіндегі дрон

Дронның тікұшақ түрі - көтеру күші ротор немесе бірнеше бұрандалармен жасалады. Бұл түрдің артықшылығы - тік ұшу және қону, ауада ұшу, дәл маневр, бірақ оларда энергия қоры аз және қысқа диапазон бар. Бұл ұшақтар жоғары дәлдікті қажет ететін миссияларға жарамды, мысалы, теміржолдың, құбырлардың, ғимараттардың жағдайын тексеру және т.б. Осы типтегі дронның пайда болуы 1.3 - сурет те көрсетілген.

Көп роторлы дрон, тікұшақ типтегі дрондармен бірдей, бірақ олардың роторлары көбірек. Мультироторлы дрондаркелесіге бөлінеді:

- 3 ротор (трикоптер);
- 4 ротор (квадкоптер);
- 6 ротор (гексакоптер);
- 8 ротор (октокоптер).

Бұл ретте олар тікұшақ сияқты қасиеттерге ие, бірақ әлдеқайда тұрақты, неғұрлым маневрлік және басқаруда жеңіл.



1.3 - сурет – Тік ұшақ типіндегі дрон





1.4 - сурет – Мультироторлы дрон

Осылай біз дрондардың түрлерімен таныстық.

### **1.3 Дрон орындайтын тапсырмаларды шолу**

*Дрондар немесе ұшқышсыз ұшу аппараттары* бүгінде әртүрлі салаларда кеңінен қолданылып келеді. Олар әртүрлі міндеттерді тиімді әрі қауіпсіз орындауға мүмкіндік береді. Төменде дрондардың атқаратын негізгі қызметтері көрсетілген:

– *Аэрофототүсірілім және бейнежазба жасау:* Жоғары сапалы камералармен жабдықталған дрондар жылжымайтын мүлік жарнамасы, іс-шараларды түсіру және кино өндірісі сияқты салаларда керемет - сурет тер мен бейнелер түсіруге мүмкіндік береді.

– *Тексеру және қадағалау:* Дрондар ғимарат шатырлары, электр желілері мен жел турбиналары сияқты қол жетуі қиын нысандарды тексеру үшін қолданылады. Бұл дәстүрлі әдістермен салыстырғанда уақытты да, қаражатты да үнемдейді.

– *Картографиялау және жерді түсіру:* Дрондар арқылы жердің үш өлшемді карталарын жасауға болады. Бұл құрылыс, жер ресурстарын басқару және экологиялық мониторинг үшін тиімді құрал болып табылады.

– *Іздеу және құтқару жұмыстары:* Жылу камераларымен жабдықталған дрондар жоғалған адамдарды іздеуге немесе орман өрттерін анықтауға көмектеседі, әсіресе қиын рельефті аймақтарда.

– *Ауыл шаруашылығы:* Дрондар егістік алқаптарының жағдайын бақылап, суаруға немесе тыңайтқыш енгізуге мұқтаж жерлерді анықтай алады. Бұл шаруаларға өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

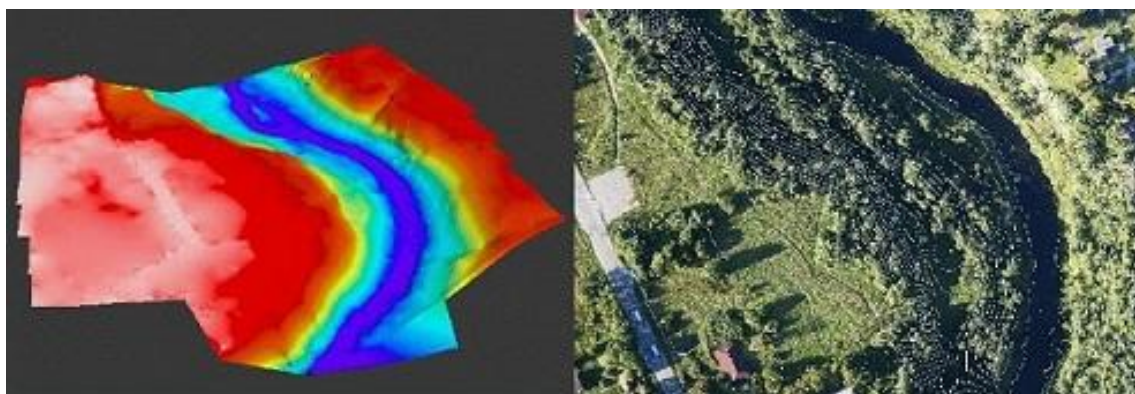


– *Жеткізу қызметі*: Қашықтағы ауылдық аймақтарға немесе апаттан зардап шеккен өңірлерге дрондар арқылы жедел түрде сәлемдемелерді жеткізуге болады.

Міне, сіздің мәтініңізді әдеби тілде, стиль мен мазмұнын сақтай отырып, түсінікті және бірізді етіп қайта жазылған нұсқасы:

Ұшақтар мен тікұшақтар жасалғаннан кейін олар жер карталарын жасау, жаңа аумақтарды барлау және әртүрлі құрылыстарды анықтау сияқты мақсаттарда таптырмас құралға айналды. Дегенмен, уақыт өте келе бұл ұшу аппараттарын пайдалану аясы кеңейіп, ұшқыштың өміріне қауіп төндіре бастады. Сонымен қатар, басқарылатын ұшу аппараттарының өзіне тән шектеулері бар: ұшқышты орналастыру үшін әуе көлігінің өлшемі жеткілікті болуы керек, бұл өз кезегінде салмақтың артуына, қозғалтқыштардың ірі болуына және отын шығынының көбеюіне әкеледі.

Осы мәселелерді шешу үшін ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) кеңінен қолданыла бастады. Олар жоғары температура мен үлкен артық жүктемелерге төтеп бере алады, сонымен қатар кішкентай әрі маневрлік қабілеті жоғары, аз отын тұтынады. Мұндай сипаттамалар ҰҰА-ға жабық және тар кеңістіктерде – мысалы, үңгірлер мен ғимараттардың ішінде – жұмыс істеуге мүмкіндік береді



1.5 - сурет – Дрон көмегімен картографиялау





1.6 - сурет — Дрон көмегімен жерді барлау



1.7 - сурет — Объектілерді күзету

Сонымен қатар, дрондар адамдарды іздеуде (1.8-сурет), өрт ошақтарын анықтауда (1.9-сурет) және құтқару операцияларын жүргізуде (1.10-сурет) маңызды рөл атқарады. Олар шұғыл жағдайларда жедел әрекет етуге мүмкіндік беріп, адам өмірін сақтап қалуға айтарлықтай көмек көрсетеді.





1.8 - сурет – Адамдарды іздеу



1.9 - сурет – Өртті табу





1.10 - сурет – Дрон көмегімен құтқару операцияларын жүргізу

Сонымен қатар, ауыл шаруашылығында да дрондар кеңінен қолданылады. Олар егістік алқаптарын зерттеу (1.11-сурет), жер бедерін картаға түсіру, егістіктердің жай-күйін бағалау (1.12-сурет) және агротехникалық іс-шараларды бақылау арқылы шамамен 10–20% көлеміндегі астық сатып алу есептерінде орын алатын қателіктердің алдын алуға мүмкіндік береді (1.13-сурет).

Ауыл шаруашылығында дрондарды қолдану келесі маңызды міндеттерді шешуге көмектеседі:

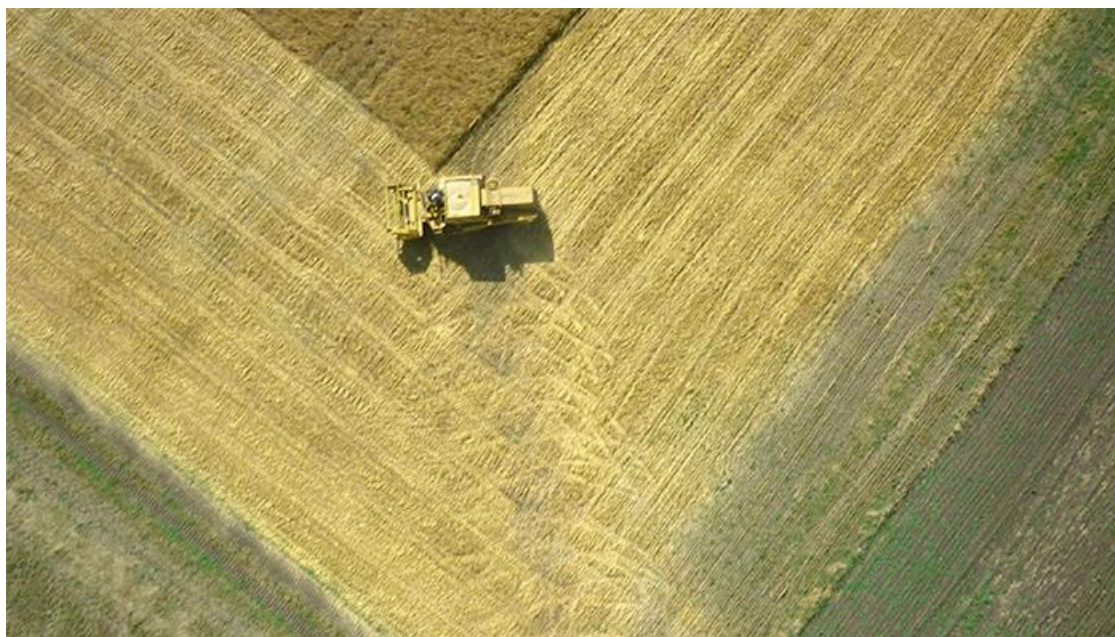
- өңделетін жерлердің электрондық карталарын жасау және жаңарту;
- ауыл шаруашылығы алқаптарының нақты есебін жүргізу;
- өндірістік учаскелер бойынша егіс жұмыстарын тиімді жоспарлау;
- дала жұмыстарының көлемі мен сапасын бақылау;
- егіс алқаптарының жай-күйіне жедел мониторинг жүргізу;
- ауыл шаруашылығы дақылдарының өнгіштігін бағалау;
- дақылдардың өнімділігін болжау;
- астық жинау сапасын бақылау;
- егістік алқаптарын ұрлықтан қорғау;
- экономикалық тиімділікті бағалау;
- ауыл шаруашылығы алқаптарының экологиялық жағдайын бақылау;
- тыңайтқыштар мен басқа да агрохимиялық заттардың қажетті мөлшерін есептеу.

Осы функциялардың барлығы дрондар арқылы ауыл шаруашылығында еңбек өнімділігін арттыруға, ресурстарды оңтайлы пайдалануға және экономикалық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.









1.13 - сурет – Аграрлық іс-шаралар мониторингі үшін дрон қолдану

#### *Табиғи апаттар кезінде*

Жер сілкінісі, су тасқыны немесе орман өрті жағдайында дрон апат аймағы туралы нақты мәліметтер беріп, құтқару топтарының әрекетін үйлестіруге көмектеседі.

Зардап шеккен адамның денсаулығын алыстан бақылау арқылы медициналық көмек қажет пе, жоқ па - тез шешім қабылданады.

Байланыс үзілген немесе шалғай орналасқан елді мекендерде дрон радиобайланыс құралы ретінде жұмыс істей алады.

### **1.4 Қашықтан байланыс орнату үшін ретрансляторды пайдалану**

Локальды топтар немесе жеке қашықтағы абоненттер арасындағы байланыс биік ретранслятор арқылы мүмкін болады. Мысалы, егер шалғайдағы ауданмен немесе ауылмен шұғыл байланыс қажет болса, ал ұялы байланыс істен шықса, байланыс орнатуға болады. Қаладағы екі ауданның арасын өздерінің локальды топтарымен байланыстыруға болады, бірақ бұл топтар бір-бірін естімейді, өйткені арақашықтық немесе тығыз құрылыс мәселесі бар. Ретранслятор үшін арнайы құрылғы қажет емес. Ретранслятор ретінде радиомодемді қолдануға болады, ол алдын ала осы функцияға бапталған немесе желіде орналасқан кез келген абонент, ол қолайлы географиялық орналасу нүктесінде тұр. Мысалы, сіз немесе сіздің досыңыз қала немесе микроауданның ең жоғарғы қабатында немесе биік жерде тұрып, жақын маңдағы аймақтарды жақсы көре алады



## 2 ДРОН ДИНАМИКАСЫ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬ

### 2.1 Менім жобамның беспилотнигі «Ұшатын қанат»

«Ұшатын қанат» (ағылш. *Flying wing*) — ұшу аппараттарының ерекше аэродинамикалық сызбасы, онда барлық көтергіш беттер мен құрылымдар тек қанат бойына шоғырланған. Бұл құрылымда дәстүрлі ұшақтардағыдай фюзеляж, құйрық және тік тұрақтандырғыш элементтер болмайды. Негізгі жүк көтеру қызметі, сондай-ақ басқару жүйелері қанаттың ішіне біріктіріледі.

Аталған сызба классикалық ұшақ конфигурациясынан түбегейлі ерекшеленеді және алғаш рет XX ғасырдың ортасында инженерлік деңгейде жан-жақты зерттеліп, тәжірибелік үлгілер түрінде жүзеге асырыла бастады. Қазіргі таңда бұл схема әсіресе ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА, БПЛА) үшін тиімді нұсқа ретінде кеңінен қолданылады.

«Ұшатын қанат» идеясы алғаш рет 1930–1940 жылдары белсенді түрде зерттеліп, дамытылды. Бұл бағытта американдық инженер Джек Нортроп [3] (Jack Northrop) ерекше үлес қосты. Ол осы схеманы қолдана отырып бірнеше эксперименттік ұшақ жасап шығарды және олардың аэродинамикалық артықшылықтары [4][5]н дәлелдеді.

Алайда сол кезеңде басқару тұрақтылығын қамтамасыз ететін электрондық жүйелер әлі дамымаған болатын. Соның салдарынан ұшақты басқару мен ұшу тұрақтылығына қатысты қиындықтар туындады. Нәтижесінде, бұл типтегі пилотталған ұшақтар кең таралмай қалды.

Тек 1990 жылдардан бастап, электронды басқару жүйелерінің жетілдірілуі және радиолокациялық байқалмаушылық (стелс-технологиялар) талаптарының өсуімен бұл схемаға деген қызығушылық қайта артты. Қазіргі уақытта ол әсіресе ұшқышсыз ұшу аппараттарында тиімді қолданыс табуда.

### 2.2 Ұшатын қанаттың басқа дрондардан артықшылығы

«Ұшатын қанат» сызбасының басқа аэродинамикалық сызбалармен салыстырғандағы артықшылықтары:

1. Жоғары аэродинамикалық тиімділік:

- Индуктивті емес кедергінің төмендігі аэродинамикалық сапалылығын арттырады.
- Ылғалданатын (ауа ағынымен жуылатын) бетінің кіші болуы және құрылымдық элементтер арасындағы зиянды өзара әсердің болмауы үлкен тиімділік береді.
- Дж. Нортроптың мәліметтері бойынша (сағатына 800 км дейінгі дозвуктік ұшу жылдамдығына арналған алыс қашықтықтағы бомбалаушы ұшақтар үшін):
  - ЛҚ (летающее крыло) типіндегі ұшақтың аэродинамикалық кедергі коэффициенті әдеттегі сызбадағы ұшаққа қарағанда екі есе аз.



- Сол жылдамдықты сақтау үшін 11–33% төмен қозғалтқыш қуаты қажет.

- Ұшу қашықтығы 13–25% артық болады.

- Ең тиімді ұшу жылдамдығы 7–19% жоғары, ал сол жағдайда қашықтық 14–41% ұлғаяды.

*Ескерту:* бұл бағалар құрылымдық элементтері аз, «таза» ЛҚ сызбасына арналған. Іс жүзінде ондай пішінді толық іске асыру қиынырақ, сондықтан бұл бағаларды жоғарғы шекара ретінде қабылдаған жөн.

#### *2. Салмақтық тиімділіктің жоғарылауы:*

- Кейбір элементтердің болмауы немесе ықшамдалуы, кей жағдайда бірнеше қызметті бір құрылымға біріктіру.

- Қосылу тораптарының саны аз.

- Ұшақ көлемі бойынша массаның біркелкі таралуы:

- Бұл жергілікті аэродинамикалық күштерді массамен теңестіруге мүмкіндік береді, құрылымдық жүктемені азайтып, жеңіл әрі тиімді құрылым жасауға жағдай жасайды.

- Нортроптың бағалауы бойынша: сол құрылымдық массада ұшу салмағын 16% арттыруға болады.

#### *3. Радиолокациялық байқалмаушылықтың төмендеуі (стелс мүмкіндіктері):*

- Радиолокаторлармен жақсы көрінетін «жарқырайтын нүктелердің» саны аз.

- Бақылау құралдарынан қозғалтқышты жасыру арқылы ЛҚ инфрақызыл және акустикалық диапазонда да байқалмаушылықты жақсартып алады.

- Бұл үшін қозғалтқыштарды қанат үстіне орналастыру қажет.

- Мұндай орналастыру басқа сызбаларда да мүмкін, бірақ кең хордалы ЛҚ үшін бұл ең тиімді шешім болып табылады.

### **2.3 Ұшатын қанаттын басқа дрондардан кемшілігі**

Сонымен қатар, бұл аэродинамикалық сызбаға бірқатар кемшіліктер де тән:

1. Барлық осьтер бойынша тұрақтылықты қамтамасыз етудегі қиындықтар:

1.1. Статикалық тұрақтылық қорының төмендігі.

1.2. Орташа аэродинамикалық хорда (ОАХ) бойынша центрлеу ауқымы тар, бірақ «ұшатын қанатқа» тән ұзын ОАХ бұл кемшілікті белгілі бір дәрежеде өтейді.

1.3. Динамикалық тұрақтылықтың төмендігі:

- Ұзындық (бойлық) арнада – әлсіз демпфирленетін фугоидалық қозғалыс;

- Бүйірлік арнада – бағыт бойынша ыршулар, бұл кейбір ұшу операцияларын қиындатады.



1.4. Қисайған ұшуда қанатқа қарай сырғанауға бейімділік (тік тұмсық оперение болмаған жағдайда).

2. Маневрлік қабілеттің төмендігі және басқару мәселелері:

- Классикалық аэродинамикалық басқару беттерінің (биіктік рулі, элевондар, бағыт рулі) әрекет иінінің қысқалығы.

- Бағытты басқарудың асимметриялық кедергі арқылы жүзеге асуы қиындық туғызады.

- ЛҚ ұшақтарына үлкенірек басқару беттері қажет, бұл:

- Массаны арттырады,

- Аэродинамикалық кедергіні ұлғайтады,

- Жетек жүйелеріне жоғары қуат қажет етеді.

3. Статикалық тұрақты ұшақта көтергіш күштің айтарлықтай жоғалуы:

- Себебі: рульдердің қысқа иіні.

- Статикалық тұрақты ЛҚ және дәстүрлі сызбалы ұшақтағы максималды балансировкалық көтергіш күш коэффициенттері 1,5:2,3 қатынасында.

- Бұл мәселелер тек статикалық тұрақты ЛА-ға тән. Егер ұшақ бойлық арнада статикалық тұрақсыз, бірақ автопилотпен белсенді басқарылатын болса:

- Статикалық тұрақтылық мәселесі маңызын жоғалтады.

- Көтергіш күштің балансировкаға кететін шығыны жойылады.

- Динамикалық тұрақтылық пен маневрлік жақсарады.

4. Қанат профилінің салыстырмалы түрде қалыңдығы:

- Бұл соққы толқындары дағдарысының ерте басталуына және дозвуктік пен сверхзвуктік жылдамдықтарда толқындық кедергінің артуына алып келеді.

5. Құрылымдық элементтерді (қозғалтқыш, жүк, кабина және т.б.) орналастыру қиындығы:

- Әсіресе цилиндрлік немесе призматикалық пішінді элементтерді орналастыру қиын (мысалы, газтурбиналық қозғалтқыштар, қару-жарак бөліктері, ұшқыш кабинасы).

6. Ұшқышсыз ұшақтарда (БПЛА):

- Тасымалдау-ұшыру контейнерлерінде немесе ұшырушы ұшақтың ішкі бөліктерінде орналастыруда тиімді сыртқы компоновка шешілмеген мәселе болып қалуда.

7. Төмен биіктікте ұшатын қанатты зымырандарда қолдану ерекшелігі:

- «Ұшатын қанаттың» жүк түсетін ауданы аз, сондықтан:

- Ұшу траекториясының соңында көтергіш күш коэффициенттері оңтайлы мәндерден алшақ болуы мүмкін.

- Бұл мәселені төмен көтергіш күш коэффициенттерінде ең жоғары аэродинамикалық сапа беретін профильдерді қолдану арқылы шешуге болады.



## 2.4 "Ұшатын Қанаттың" сыртқы түрлері

«Ұшатын қанат» сызбасы, мүмкіндігінше, елеулі көтергіш күш тудырмайтын барлық элементтерді ағыннан тыс шығарып, олардың қызметтерін қанатқа беру ұмтылысымен сипатталады. Басқа аэродинамикалық схемалардан айырмашылығы – бұл қағида ұшақтың сыртқы келбетінде нақты және қатаң белгіленген белгілермен көрініс таппайды.

«Идеалды» ұшатын қанат – бұл қанаттан ғана тұратын, сыртқа шығып тұрған элементтері жоқ, ал оның ішінде пайдалы жүктеме, жанармай, қозғалтқыштар және т.б. орналасқан ұшу аппараты болып табылады.

| № | Название          | Вид в плане                                                                         | Примеры                                                   | Особенности                                                                                                                                                                                                    |
|---|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Blended wing body |    | Boeing-797, ДМС-ЛК, Т-4МС, Х-48В, DP-11                   | Отличается сильно уплощённым несущим фюзеляжем, плавно переходящим в консоли. Зачастую имеет вертикальное или V-образное оперение. В разных источниках считается либо разновидностью ЛК, либо отдельной схемой |
| 7 | Bi-directional    |   | -                                                         | Крыло в форме четырёхлучевой звезды, обеспечивающее полёт в двух взаимно перпендикулярных направлениях                                                                                                         |
| 8 | Несущий корпус    |  | Х-24, HL-10, «Клиппер»                                    | Крыло отсутствует, подъёмная сила создаётся корпусом, для стабилизации установлено оперение. Применяется на высокоскоростных ЛА. Не ЛК                                                                         |
| 9 | «Бесхвостка»      |  | Самолёты Данна и Хилла, Me-163, F7U, F-102, F-106, Ту-144 | Имеется чётко выраженный фюзеляж и вертикальное оперение большой площади, горизонтальное оперение отсутствует. Не ЛК                                                                                           |

Кесте 1 - Дронның канатына негізінен әсер ететін 2 формула

Ол Бернули заңы және ньютон 3 формуласы

Бернулли заңы бойынша, газ немесе сұйықтық жылдам қозғалған сайын оның ішкі қысымы төмендейді. Бұл құбылысты дрон қанатымен байланыстырып түсіндірсек, қанаттың үстіңгі жағы дөңес, ал астыңғы жағы жазық болып келеді. Ұшу кезінде дрон қанаты арқылы ауа екі жағымен ағып өтеді. Қанаттың үстіңгі



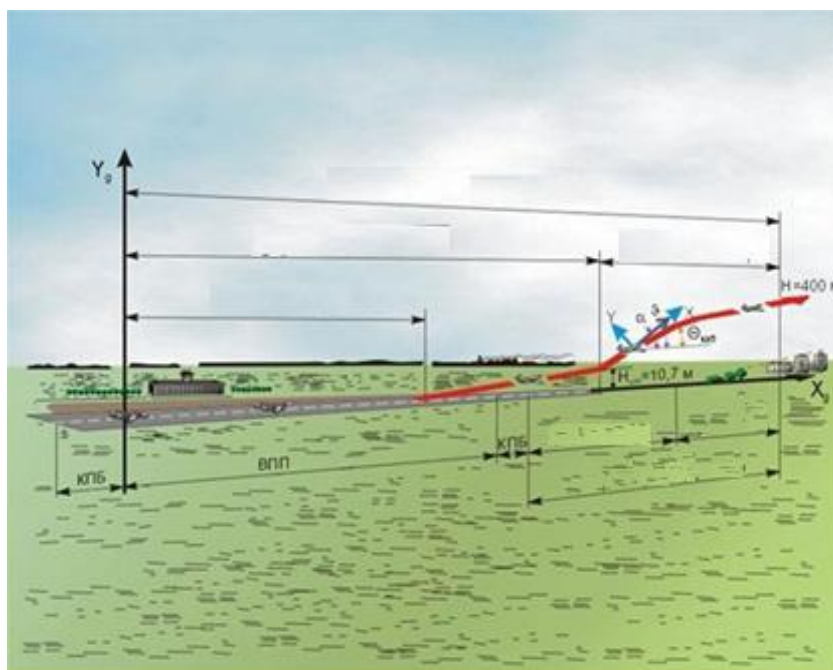
беті арқылы өткен ауа ағыны ұзын жолмен жүргендіктен, жылдамырақ қозғалады. Ал төменгі жағындағы ауа баяу өтеді. Осылайша, қанаттың үстінгі жағында қысым төмен, ал астыңғы жағында қысым жоғары болады. Қысым айырмашылығы нәтижесінде дронның қанаты жоғары қарай итеріледі. Бұл — Бернулли заңына негізделген көтергіш күштің пайда болу механизмі.

Ал Ньютонның үшінші заңы – "әрбір әрекетке тең және қарама-қарсы қарсы әрекет болады" деген қағидаға сүйенеді. Дрон ұшу кезінде қанаты арқылы ауа ағынын төмен қарай бағыттайды. Қанат өзінің пішіні мен қозғалыс бағыты арқылы ауаны төмен қарай итереді. Осы әрекетке жауап ретінде ауа дрон қанатын жоғары итереді. Бұл – Ньютонның үшінші заңы негізінде көтергіш күштің қалыптасуын түсіндіреді.

Ұшу динамикасына техникалық тапсырмаға сәйкес ұшақтың барлық мүмкін болатын әдістері мен траекториялары кіреді. Ең қиын ұшу жолдарының бірі «акробатикалық авиацияда» қарастырылған.

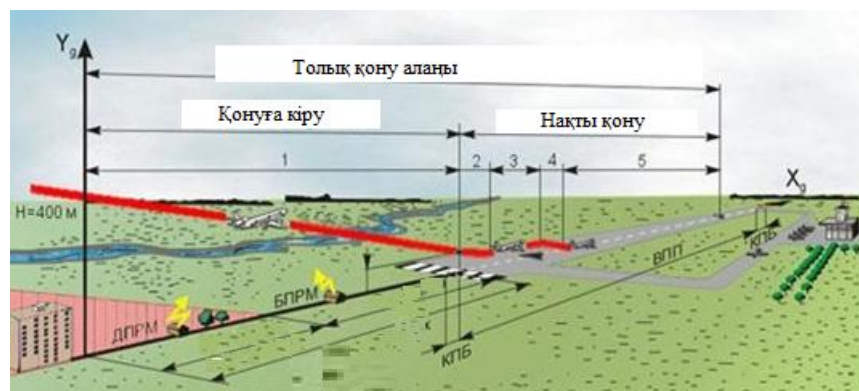
Соңында, ұшу үшін әуе кемесінің қажетті жылдамдығын толғанда  $V_{\text{қот}}$ , әуе кемесінің жылжыту жалғастыруда:

$$G_0 = Y_a = G_{yaotr} * \frac{\rho_0 V_{otr}^2}{2} * S \quad (2.1)$$



2.1 - сурет – Ұшу траекториясы





2.2 сурет – Қону траекториясы

2.2 - сурет те көрсетілген қону жолағының 2-учаскесінде траектория ұшаққа көлденең және шасси мен ҰҚЖ жолы арасындағы қашықтық 1 м-ге тең екенін ескере отырып, бүгіледі.

3 учаскеде жылдамдық төмендейді, көтеру күші азаяды және қонған кезде ұшақтың массасынан бірнеше есе аз болады. Соның салдарынан  $V_{\text{POS}}$  -пен ҰҚЖ-ның бірқалыпты жанасуы жүзеге асырылады. ҰҚЖ жанасу сәтінде:

$$G_{\text{пос}} \gg Y_a = G_{\text{уаотр}} * \frac{\rho_0 V_{\text{отр}}^2}{2} * S \quad (2.2)$$

Ұшақты басқару - бұл кеңістікте қозғалатын және қозғалыс бағытын өзгерту құралдары бар объект.

Басқарылатын ұшақтың мысалы ретінде басқарылатын ұшақ, зымыран немесе снаряд және т.б.

Ұшуды басқару ұшақтың қозғалыс траекториясымен қатар жылдамдығына да өзгерістер енгізуді білдіреді.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының траекториясын 2 топқа бөлуге болады:

- а) бағдарлама траекториясы;
- б) бағыт беру траекториясы.

Бағдарламаланған траекторияға өзгертулер енгізуге болмайды, өйткені ұшу траекториясы бұрыннан анықталған және ешқандай түзетулер енгізу мүмкін емес. Басқаша айтқанда, бағдарлама бойынша ұшу.

Бағыттау траекториясында ұшу жолы алдын-ала белгіленбеген. Әуе кемесінің ұшу бағыты жылдамдық пен бағыттың өзгеруіне сәйкес анықталады. Бағыттау әдісі - бұл ұшақтың мақсатына жету әдісі [15].

## 2.5 Ұшуда дронға әрекет ететін күштер

Ұшақтың ұшуына әсер ететін күштерді негізгі үшке бөлуге болады:

- а) толық аэродинамикалық күш  $R_a$ ;
- б) ауырлық күші  $G$ ;



в) қозғалтқыштың  $P$  күші.

Ұшуға әсер ететін күштер 2.3-суретте көрсетілген. Бұл күштерді ұшақтың масса  $L$  центрінен және массаның центріне қатысты  $M$  моментінде қолданылатын нәтижелік күшке дейін азайтуға болады. Алынған күш келесі формуламен өрнектеледі:

$$\vec{F} = \vec{R}_a + \vec{G} + \vec{P}, \quad (2.3)$$

$$\vec{M} = \sum \vec{P}_i \times r_i, \quad (2.4)$$

мұндағы:  $P_i$  -  $F$  күшінің компоненттері;

$r_i$  - массаның центріне қатысты  $P_i$  күшінің иығы.

Ұшуға әсер ететін  $F$  күші мен  $M$  моменті нөлге тең болмайды және осыған байланысты ұшақ күш  $F$  күш векторы бойынша  $j$  үдеуімен қозғалады және момент векторы бойымен бағытталған ось бойынша айналады  $M$  бұрыштық үдеумен:

$$\varepsilon = \frac{M}{J_m}, \quad (2.5)$$

мұндағы:  $j$  - ұшақ массасы центрінің сызықтық үдеуі, м / с<sup>2</sup>;

$F$  - ұшаққа әсер ететін күш, Н;

$M$  - ұшақтың массасы, кг;

$\varepsilon$  - ұшақтың бұрыштық үдеуі, рад / с<sup>2</sup>;

$M$  - ұшаққа әсер ететін күш моменті, Н × м;

$J_m$  - массаның центріне қатысты ұшақтың инерция моменті, кг × м<sup>2</sup>.

Массаның центріне қатысты ұшақтың инерция моменті мына формула бойынша есептеледі:

$$J_m \approx \sum_{i=1}^n m_i r_i^2, \quad (2.6)$$

мұндағы,  $m_i$  - ұшақтың  $i$ -ші блогының массасы.

$r_i$  -  $i$ -ші бірліктің масса центрінен массаның центрімен қиылысатын ұшақтың айналу осіне дейінгі қашықтық, яғни  $M$  моментінің векторына дейін.

Үдемелі және айналмалы қозғалыс кезінде инерциялық күштер әуе кемесінің бортында орналасқан кез-келген қондырғыға немесе жүктемеге әсер етеді:

$$P_i = m_i \times j_i, \quad (2.7)$$

мұндағы,  $m_i$  - ұшақтың  $i$ -ші блогының массасы;

$j_i$  -  $i$ -ші бірліктің сызықтық үдеуі.



Инерциялық күштің әсерінен айналмалы қозғалысқа байланысты барлық бірліктердің сызықтық үдеуі ұшақтың масса центрінің сызықтық үдеуімен сәйкес келмейді. Сонымен, масса центрінен бірлік қашықтықта болса, соғұрлым оның сызықтық үдеуі әр түрлі болады.

Д'Алемберттің шарты бойынша, ұшақтың барлық компоненттеріне әсер ететін инерциялық күштердің қосындысына енген жағдайда, қисық сызықты қозғалысқа қарамай, тепе-теңдік жағдайында ұшақтың ұшуын қабылдауға болады. Осылайша, біз мынаны жаза аламыз:

$$P_j \approx \sum_{i=1}^n m_i \times \overline{J_i}, \quad (2.8)$$

$$F + P_j = 0, R_a + G + P + P_j = 0. \quad (2.9)$$

Ұшуға әсер ететін күштер шартты түрде 2 түрге бөлінеді:

а) жер үсті күштері - ұшақтың массасымен қиылыспайтын күштер (жалпы аэродинамикалық күш  $R_a$  және қозғалтқыштың итермелеуі  $P$ ). Жер үсті күштері ұшуды анықтайды:

$$R_p = R_a + P, \quad (2.10)$$

б) массалық күштер - ұшақтың массасымен біріктірілген күштер ( $G$  ауырлық күші және  $P_j$  инерциялық күші). Ұшақты түсіру үшін осы күшке төтеп беру керек. Масса күштері формула бойынша сипатталады:

$$R_M = G + P_i. \quad (2.11)$$

$P$  қозғалтқышының тартқыш күшін жеңіп алатын, нәтижесінде  $Y$  көтергіш күші пайда болатын  $X_a$  күші бір-бірімен тығыз байланысты. Бұдан  $X_a$  және  $Y_a$  беттік күштер тобына жататындығы шығады.

Бұдан біз ұшақтың тепе-теңдігін  $R_p$  және  $R_M$  күштерінің әсерінен таңдалған екі топта да талдауға болады деп айта аламыз:

$$F = R_p + R_M = 0, \quad (2.12)$$

$$M = M_n + M_M = 0. \quad (2.13)$$

$F$  күшінің және  $M$  моментінің өзгеруі ұшақтың ұшу қозғалысының өзгеруінің салдары болып табылады.

«Шамадан тыс жүктеме» термині әуе кемелерінің бірқатар ұшу параметрлерін өзгерту туралы сөз болғанда қолданылады.

Шамадан тыс жүктеме - бұл аэродинамикалық және тартқыш күштер векторларының қосындыларының ауырлық күшіне қатынасы:



$$\vec{n} = \frac{\vec{R}_a + \vec{p}}{m \times g}, \quad (2.14)$$

$$R_{\Pi} = R_a + P, \quad (2.15)$$

$$P = -P_M, \quad (2.16)$$

$$\vec{n} = \frac{\vec{R}_{\Pi}}{m \times g} \text{ немесе } \vec{n} = -\frac{\vec{R}_M}{m \times g}.$$

Ұшақтың ұтқырлығы шамадан тыс жүктеме векторымен анықталады. Шамадан тыс жүктеме салдарынан ұшу жолын көрсететін күш пен әуе кемесінің ауырлық күші арасындағы айырмашылықты сандардан көруге болады [14].

Ұшақтағы түзу сызыққа әсер ететін шамадан тыс жүктемені координата осьтеріндегі  $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$  проекциялары арқылы сипаттауға болады:

$$n = \sqrt{n_x^2 + n_y^2 + n_z^2}, \quad (2.18)$$

мұндағы:  $n_x$  - бойлық (тангенциалды) шамадан тыс жүктеме;

$n_y$  - қалыпты жүктеме;

$n_z$  - бүйірлік шамадан тыс жүктеме;

$R_{\Pi x}$ ,  $R_{\Pi y}$ ,  $R_{\Pi z}$  - координаталық өске күш проекциясы.

## 2.6 Ұшу динамикасында қолданылатын координаттар жүйелері

Әуе кемелерінің барлық модельдерінің ұшуы, мейлі ол ұшақ болсын, зымыран болсын, әдетте топористік санақ жүйесінде қарастырылады. Бұл санақ жүйесі бақылау нүктесі Жерде орналасқан жағдайларда қолданылады, яғни қозғалыс оған қатысты тікелей жүзеге асырылады [16].

3 координаттар жүйесі бар:

а) жердегі координаттар жүйесі;

б) қосылған координаттар жүйесі;

в) жоғары жылдамдықты координаттар жүйесі;

г) траекториялық координаттар жүйесі.

## 2.7 Жер координаттар жүйесі

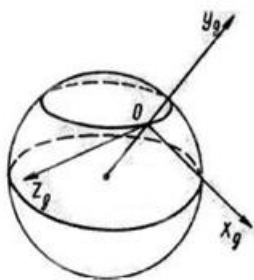
Жердегі координаттар жүйесі - топоцентрлік жүйенің ең көп таралған және кең таралған жағдайы.

Жердің немесе кез-келген басқа тіркелген массаның центрі - жердің тік бұрышты координаттар жүйесінің бастауы (2.4-- сурет ).



$OY_g$  осі - бұл бетіндегі қозғалыстың бастапқы нүктесі.  $OY_g$ -ге перпендикуляр  $OX_g$  осі - көтеру кезінде бастапқы қозғалыс нүктесі.  $OZ_g$  осі жүйені оң жаққа толықтырады. Бұл мысал  $OX_gY_gZ_g$  қалыпты координаттар жүйесі.

Координаталық жүйенің бастауы ретінде ұшақтың масса центрінің өзі қабылданатын жағдайлар бар, олардың осьтері бағыттау осьтерімен бірдей. Сондықтан  $OX_gY_gZ_g$  қалыпты жүйесі осылай құрылады, ал оның осьтері  $OX_cY_cZ_c$  бастапқы жүйесінің осьтерімен түйіседі.



2.4 сурет – Жер координаттар жүйесі

Координаттар жүйесі осінің таңдалған негізінің векторы теңдеумен сипатталады:

$$\bar{a} = a_{xg}\bar{i}_g + a_{yg}\bar{j}_g + a_{zg}k_g, \quad (2.19)$$

мұндағы:  $i_g, j_g, k_g$  - бірлік векторлары.

## 2.8 Координаталық жүйелер арасындағы байланыс

Жердегі, байланысқан, жылдамдық және траекториялы координаталар жүйелері ортогоналды болып табылады [15].

Ортогональды түрлендіру - А координаталар жүйесінен В координаттар жүйесіне көшу. Ортогональ матрицалар үшін сәйкестілік

$$T^{-1}(B, A) = TT(B, A), \quad (2.20)$$

$$T(B, A) = TT(A, B). \quad (2.21)$$

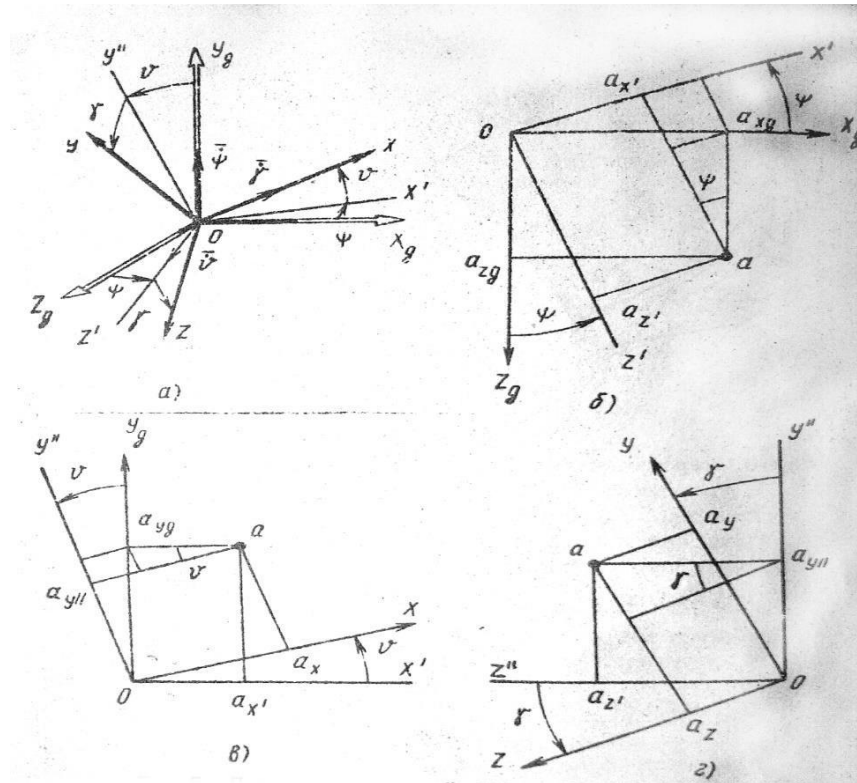
2.9 - сурет те байланысқан және жердегі координаталар жүйесінің өзара байланысы көрсетілген. Олардың байланысы Эйлер бұрыштарын қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Әдетте, координаталық осьтердің айналу тәртібі бар:

– а)  $OY_g$  осінің айналасы бойынша бұрылыс - иілу бұрышы. Байланысты  $OX$  осінің проекциясы мен  $OX_g$  осінің бағыты арасындағы бұрыш;



- б) angle бұрышы бойынша бұрылу - тік бұрыш. Байланысты ОХ осі мен жергілікті көлденең жазықтықтың бағыттылығы арасындағы бұрыш;
- в) бұралу бұрышы  $\gamma$  - орама бұрышы. Ұшақтың тік жазықтығы мен ОХ осі арасындағы бұрыш (жергілікті жазықтық).



2.9 сурет - Жерден байланысқан координаттар жүйесіне өту

2.10 (б) - сурет те ОХgYg  $\psi$  бұрышы арқылы айналу анық көрсетілген:

$$\begin{aligned} axF &= axg \cos \psi - azg \sin \psi, \\ ayF &= ayg, \\ azF &= axg \sin \psi + azg \cos \psi. \end{aligned} \quad (2.22)$$

Сонымен,  $T(\psi, g)$  матрицасы қалыптыдан ОХ'YgZ 'аралық координаталар жүйесіне өту болып табылады:

$$T(\psi, g) = \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & -\sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \psi & 0 & \cos \psi \end{bmatrix}, \quad (2.23)$$

2.9 (с) - сурет те ОХ'Yg  $v$  бұрышы арқылы екінші айналу көрсетілген:

$$\begin{aligned} ax &= ax' \cos v + ayg \sin v, \\ az'' &= az', \end{aligned} \quad (2.24)$$



$$a_{y''} = a_{yg} \cos v - a_{x'} \sin v .$$

(2.24) теңдеуінен матрица ОХУ «Z» аралық жүйеге өту болып табылады:

$$T(u, \psi) = \begin{bmatrix} \cos v & \sin v & 0 \\ -\sin v & \cos v & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (2.25)$$

Соңғы бұрылыс  $\gamma$  бұрышында жүреді және байланысқан координаттар жүйесіне толық көшу жүзеге асырылады:

$$\begin{aligned} ax &= ax , \\ ay &= ay'' \cos \gamma + az' \sin \gamma , \\ az &= az' \cos \gamma - ay'' \sin \gamma . \end{aligned} \quad (2.26)$$

ОХУZ жүйесіне көшудің  $T(1, v)$  матрицасы:

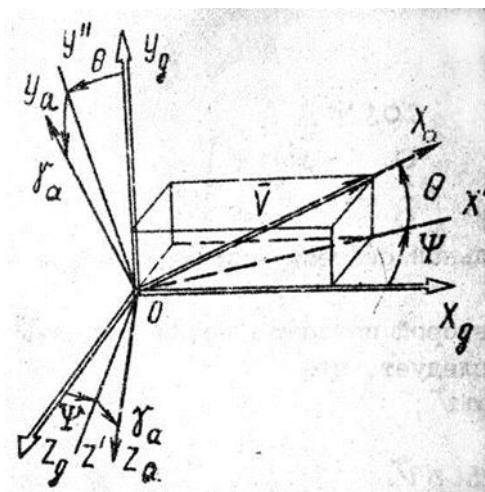
$$T(1, u) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & \sin \gamma \\ 0 & -\sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix}, \quad (2.27)$$

$T(1, g)$  барлық табылған матрицалардан тұрады:

$$T(1, g) = \begin{bmatrix} \cos v \cos \psi & \sin v & -\cos v \sin \psi \\ -\cos \gamma \sin v \cos \psi + \sin \gamma \sin \psi & \cos \gamma \cos v & \cos \gamma \sin v \sin \psi + \sin \gamma \cos \psi \\ \sin \gamma \sin v \cos \psi + \cos \gamma \sin \psi & -\sin \gamma \cos v & -\sin \psi \sin v \sin \gamma + \cos \psi \sin \gamma \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

Жылдамдық пен координаттардың қалыпты жүйелері Эйлердің үш бұрышының көмегімен байланысты (2.10-сурет ):





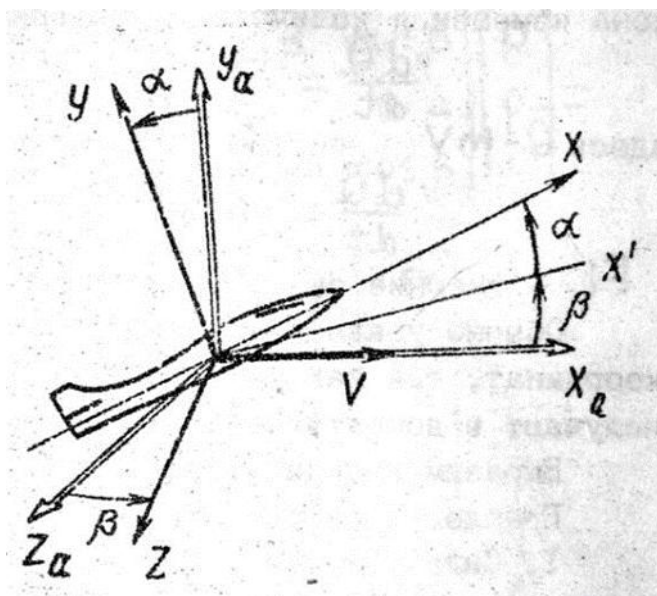
2.10 сурет - Жылдамдық пен координаталардың қалыпты жүйелері арасындағы байланыс

$T(a, g)$  матрицасын жылдамдықтың координаталар жүйесінен бұрыштарды ауыстырып,  $T(1, g)$  матрицасын пайдаланып алуға болады:

Траектория жүйесі бұрыштарда екі бұрылыс көмегімен алынады,  $T(k, g)$  матрицасы  $T(a, g)$  матрицасын қолдану арқылы алынады

Траекториядан жоғары жылдамдықты  $T(a, k)$  -ге өту матрицасы үшінші бұрылыстың көмегімен  $\gamma_a$ -мен, ал байланысты координаттар жүйесіне көшу кезінде  $\gamma$  -ді  $\alpha$ -ға ауыстыру арқылы табылады:

$\alpha$  және  $\beta$  бұрыштарын пайдаланып жылдамдық координаттар жүйесін түрлендіру арқылы байланысқан координаттар жүйесі алынады (2.11- сурет ).



2.11 сурет - Байланыстырылған координаттар жүйесіне көшу

$T(a, g)$  матрицасы  $\alpha$  және  $\beta$  бұрыштарын ауыстыру арқылы табылады



## 2.9 Математикалық модель

Пилотсыз ұшу аппараттары құрылымы бойынша тұрақсыз объектілер болып табылады, сондықтан сыртқы әсерлерде олар сыни режимде жұмыс істейді

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының қозғалысы 6 дифференциалдық теңдеулерден тұратын математикалық модель [6]мен сипатталады. Бойлық диапазон, биіктік және бүйірлік диапазон әдетте жердің координаттар жүйесіндегі дронның масса центрінің координаттары түрінде ұсынылады. Өз кезегінде бойлық және бүйірлік шамадан тыс жүктемелер және орама бұрышы сияқты параметрлер бақылауға жауап береді [18].

Басқару элементтері ауыстырылған кезде:

33 формуласында келтірілген дифференциалдық теңдеуден 6 теңдеуден шығады:

$$\begin{aligned} V &= -g \sin v + g v_1, & H &= V \sin v, \\ \dot{v} &= \frac{\cos v}{V} g + \frac{g}{V} v_2, & L &= V \cos v \cos \psi, \\ \dot{\psi} &= -\frac{g}{V \cos v} v_3, & Z &= -V \cos v \sin \psi, \end{aligned} \quad (2.29)$$

Бұл дифференциалдық теңдеу - бұл 3 басқару элементі бар аффиндік жүйе.

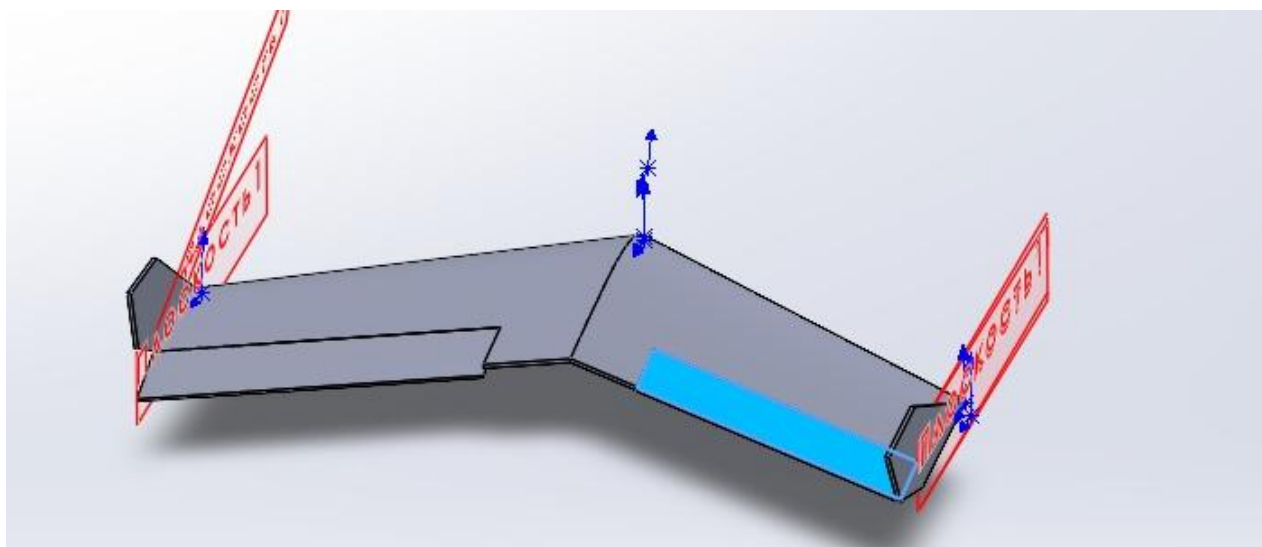
Осы жұмыс режимінде ұшу аппараттарына арналған басқару жүйелерін құру үшін құрылғының нақты жағдайдағы жұмысын сипаттауға қабілетті динамикалық модельдер қажет. «Нақты жағдайлар» дегеніміз, біз қандай-да бір түрде ауа-райының жұмысына әсер етуі мүмкін ауа-райының барлық факторларын, мысалы, ауа массаларының турбуленттілігін немесе ауадағы тұрақты жұмысының бұзылуы мүмкін жағдайларды айтамыз.

2 түрлі координаталар жүйесінде ҰШҚ қозғалысын сипаттайтын барлық физикалық шамалардың кинематикалық қозғалыстары (2.13- сурет ) теңдеулер түрінде көрсетілген:



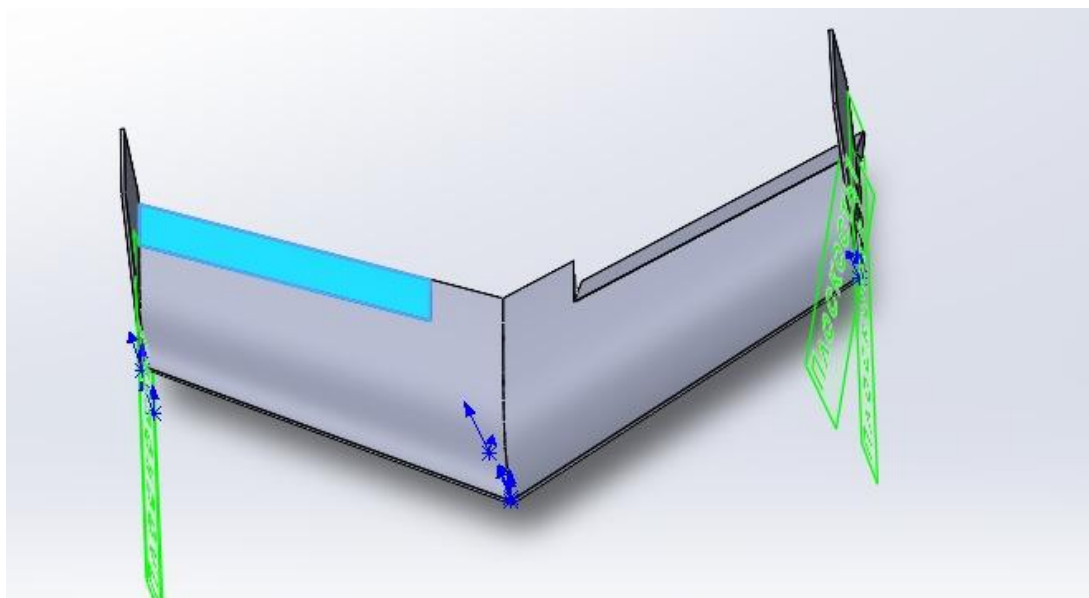
### 3 ДРОН ДИЗАЙНЫ

#### 3.1 Жобаның 3D моделі

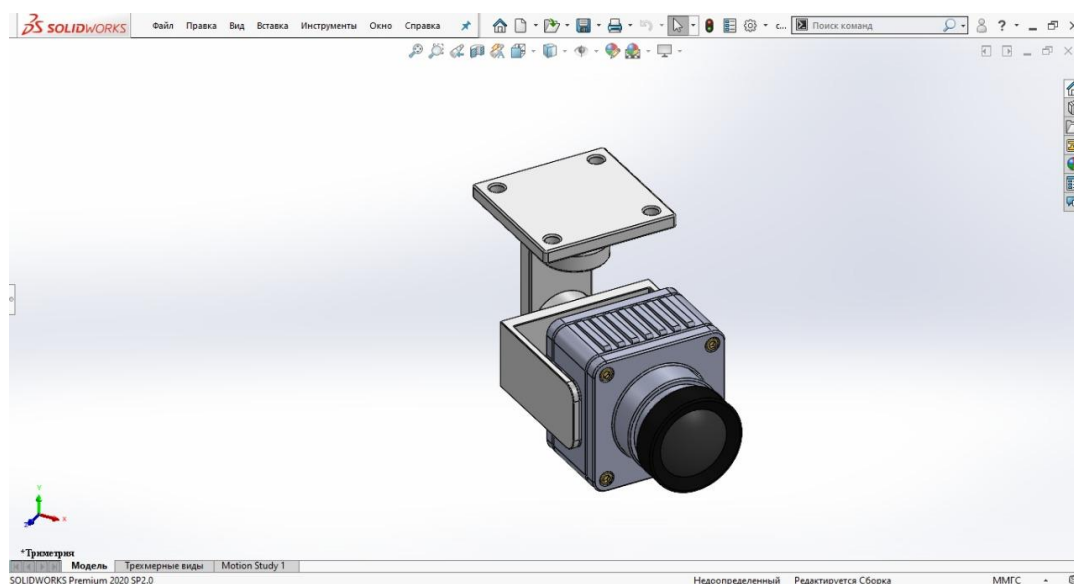


3.1 - сурет - SolidWorks бағдарламасы арқылы модельдеу



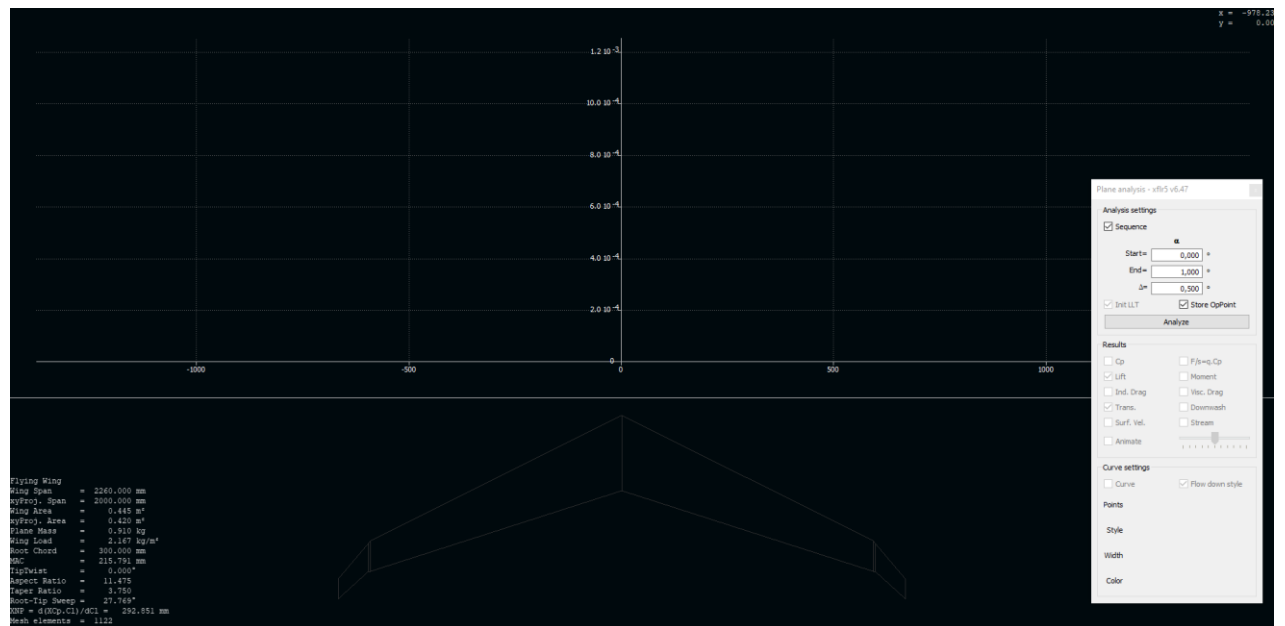


3.2 - сурет - SolidWorks бағдарламасы арқылы модельдеу +++

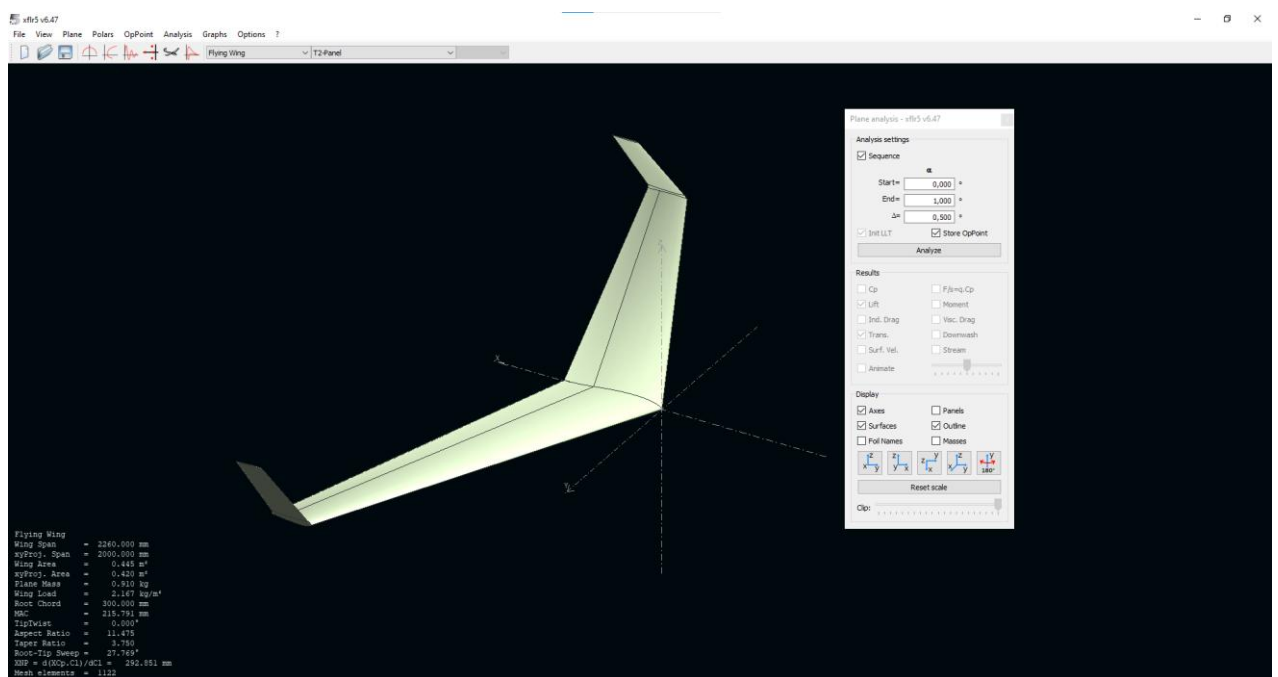


3.3 - сурет - SolidWorks бағдарламасы камера моделі



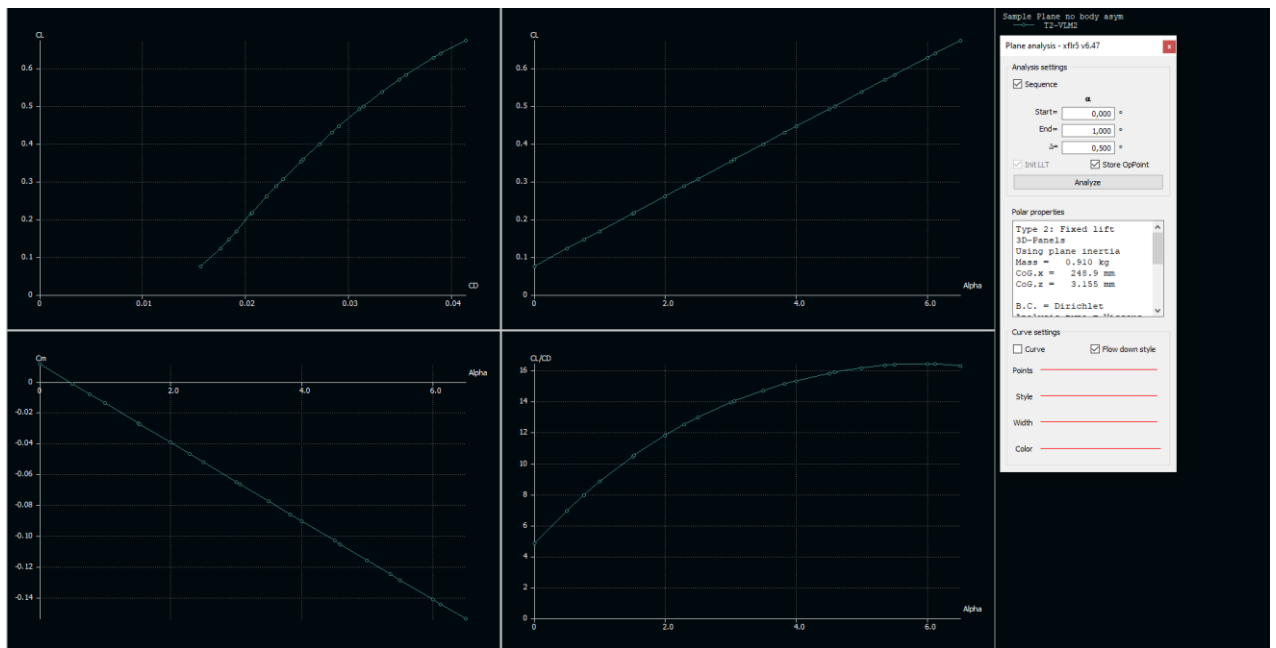


3.4 - сурет – Xflr5 планиметрия



3.5 - сурет - Xflr5 аксинометрия

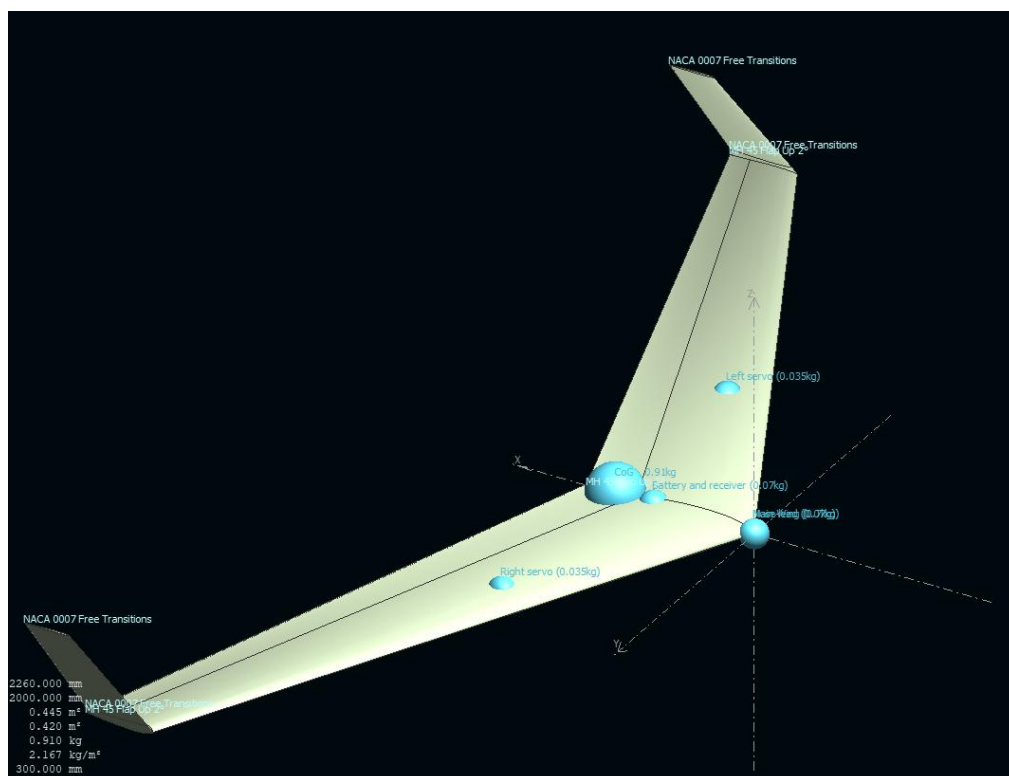




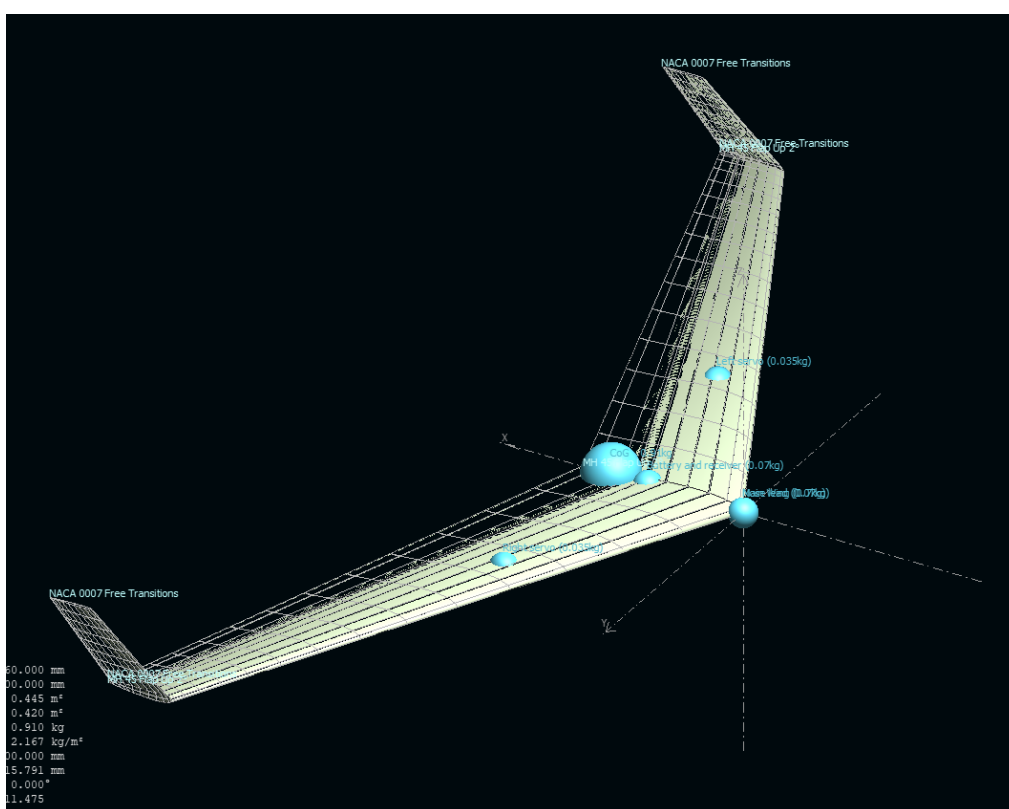
3.6 - сурет - Xflr5 параметры и анализ крыла

Type 2: Fixed lift  
 3D-Panels  
 Using plane inertia  
 Mass = 0.910 kg  
 CoG.x = 248.9 mm  
 CoG.z = 3.155 mm  
 B.C. = Dirichlet  
 Analysis type = Viscous  
 Ref. dimensions = Planform  
 Ref. area = 0.445m<sup>2</sup>  
 Ref. span = 2260.000mm  
 Ref. chord = 215.791mm  
 Density = 1.225 kg/m<sup>3</sup>  
 Viscosity = 1.5e-05m<sup>2</sup>/s  
 Data points = 10



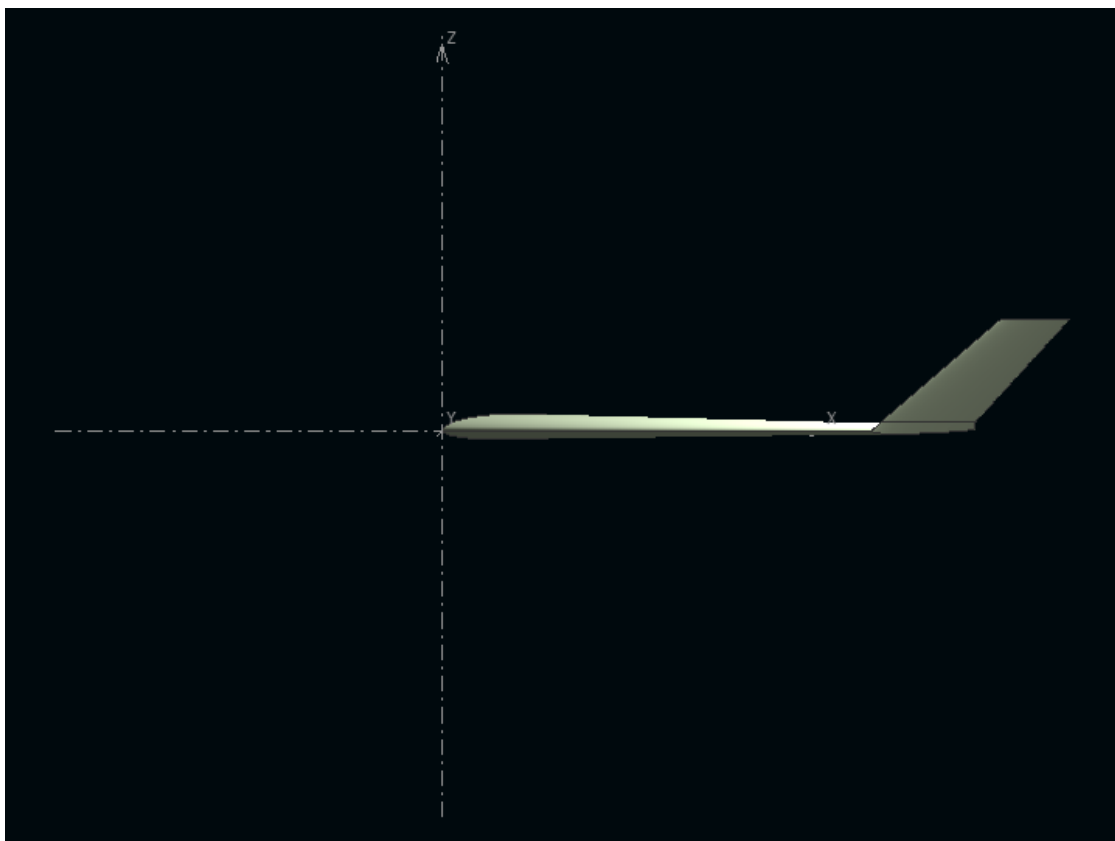


3.7 - сурет - Xflr5 салмақ параметрлер

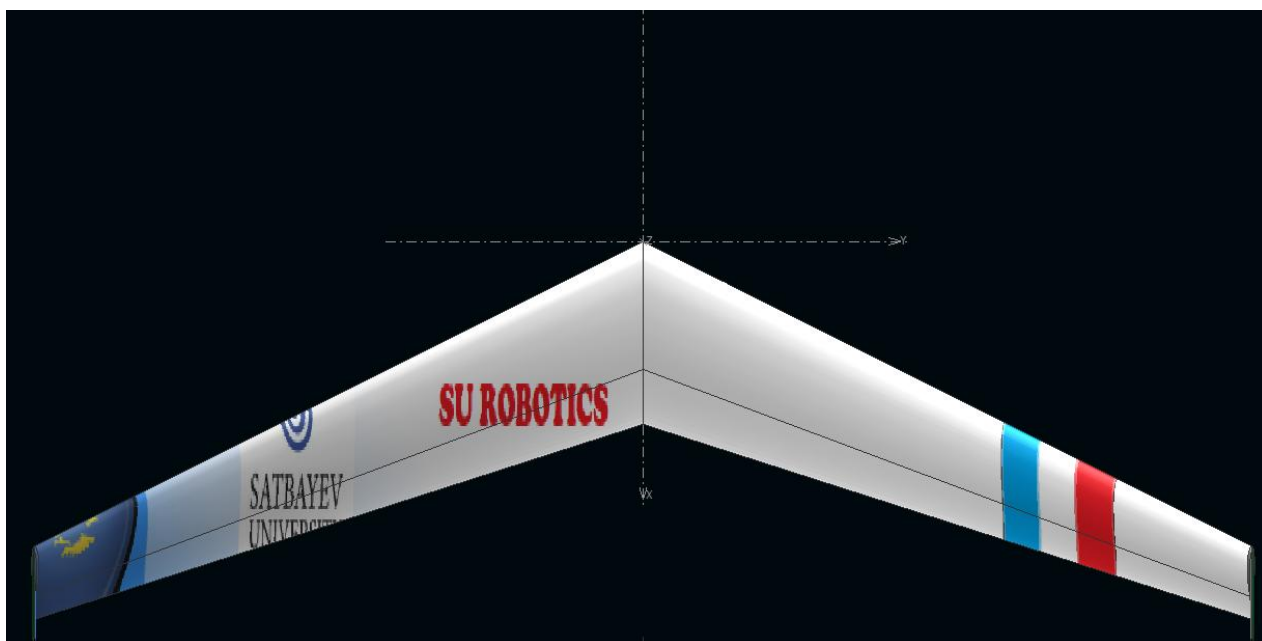


3.8 - сурет - Xflr5 қабаттары





3.9 - сурет - Xflr5 профиль

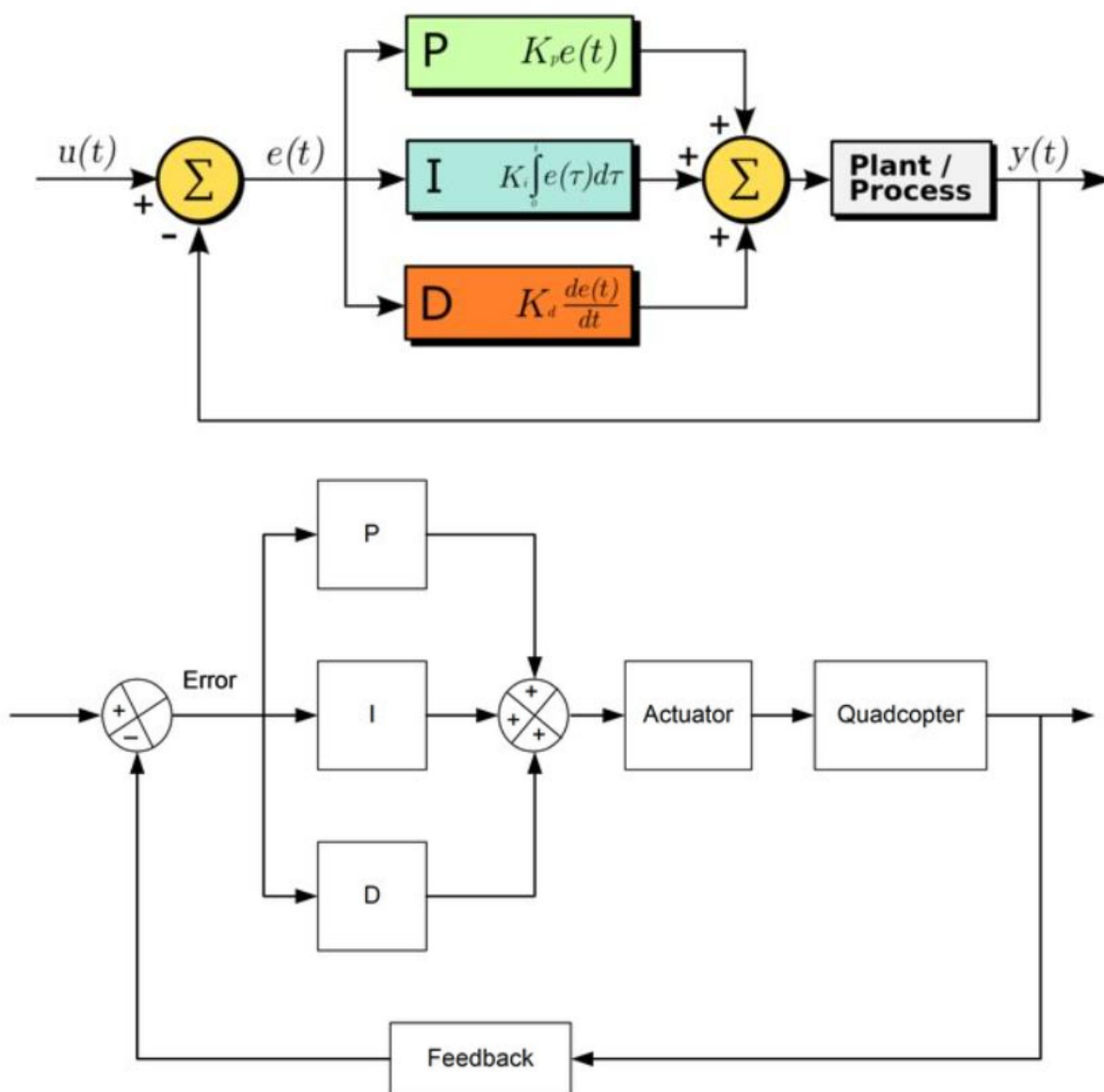


3.10- сурет - Xflr5 брендование



### 3.2 PID реттегіш квадрокоптердің басқару жүйесі

PID қалай жұмыс істейтінін түсіну квадрокоптердің шынайы әлеуетін ашудың маңызды аспектісі болып табылады. Бұл егжей-тегжейлі нұсқаулықта біз оның ұшу өнімділігіне, тұрақтылыққа және өндеуге қалай әсер ететінін зерттей отырып, PID орнату әлеміне енеміз. P, I және D күшейтудің қыр-сырын және олардың FPV дронының ұшу өнімділігіне қалай әсер ететінін біліңіз. Біз сондай-ақ PID параметрлерін қашан қайта конфигурациялау керектігін қарастырамыз және параметрге әсер ететін әртүрлі факторлар туралы түсінік береміз.



3.11 - сурет – PID реттегіш арқылы квадрокоптердің басқару жүйесінің сұлбасы



PID алгоритмі басқару жүйесінің маңызды бөлігі болып табылады. PID реттегіші [7]нде үш элемент бар: пропорционалды (P), интегралды (I) және туынды (D).

P (пропорционалды) ағымдағы қатені білдіреді. Қате неғұрлым үлкен болса, соғұрлым ол басады — математика тұрғысынан ол қатеге пропорционалды.

D (туынды) болашақ қатені болжайды. Ол берілген мәнге қаншалықты тез қол жеткізілетінін ескереді және мақсатқа жақындаған кезде қайта реттеуді азайту үшін P — ге қарсы тұрады-математика тұрғысынан бұл қатенің туындысы.

I (интеграл) өткен қателіктерді жинақтайды. Ол уақыт өте келе пайда болатын сыртқы күштерді жояды, мысалы, дронның белгілі бір нүктеден дрейфі, желдің әсерінен немесе салмақтыңмещысуы, бұған қарсы тұру үшін қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу арқылы-математикалық тұрғыдан бұл қате интегралы.

Пайдаланушылар әр терминге күшейтуді тағайындай алады, жоғары кірістер терминнің ұшу сипаттамаларына әсерін арттырады.

Бұл принциптер Betaflight, Ardupilot, KISS, iNAV, Cleanflight, EmuFlight, Baseflight және т. б. сияқты PID контроллерін пайдаланатын кез келген ұшу контроллерінің микробағдарламасына қолданылады.



## 4 КОНСТРУКТОРЛЫҚ БӨЛІМ

### 4.1 Ұшу контроллері

Дрон аппаратура арқылы басқарылады. Автопилот қуатты процессор мен көптеген датчиктерді (акселерометр, гироскоп, барометр және т.б.) қамтиды. Дрон берілген нүктелермен ұшу үшін қосымша GPS-модуль қажет.

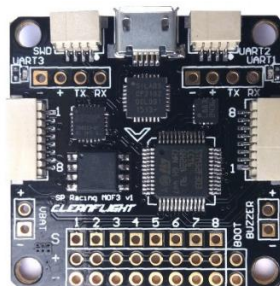
Ұшу контроллері – бұл квадрокоптер миы. Ол орналасу датчиктерінің жағдайын (гироскоп, акселерометр, компас), GPS-координаталарын, басқару пультіндегі тұтқалардың орналасуын қадағалайды және осы деректерге сүйене отырып, бір нүктеде немесе бір жерге ұшып кету үшін моторларды басқарады. Ұшу контроллері ұшу тапсырмасын жүктеуге немесе қай жерге ұшып кететін және камераны қашан қосу үшін борт компьютерімен байланыстыру қажет болады.

*Sp racing F3 ұшу контроллері:*

Seriously Pro Racing F3-STM32F303 процессорындағы ұшу контроллері, негізінен, FPV-миникоптарға орнатуға арналған. Әзірленді құрушылардың бірі CleanFlight, Clifton, ауыстыру ескі ұшу контроллер процессоры негізіндегі STM32F1.

Deluxe 10DOF биіктікті (MS5611 барометр) және бағытты (компас HMC5883) ұстап тұруға арналған қосымша датчиктер.

Seriously Pro Racing F3 техникалық сипаттамалары: енгізу/шығару сигналдарын қосу; OSD + SmartPort + SBus + GPS + жарықдиодты таспалар; батарея мониторингі + сонар + 8 мотор; бағдарламаланатын жарықдиодтар үшін жеке шығу; OLED-дисплей қосуға арналған жеке I2C порты; Sbus; SumH; SumD; Spektrum1024/Spektrum2048; XBUS; PPM; PWM қабылдағыштарынан басқару сигналдарын қабылдау мүмкіндігі. Шағын биіктіктерде дәл тік позициялау үшін сонарды қолдау, дыбыстық хабарламалар үшін зуммерді ("пищалки") қосу мүмкіндігі, батарея мониторингі мүмкіндігі, Oneshot125, SPRacingF3 толық қолдауы ARM Cortex-M4 72МГц CPU процессорында ұшуда тиімді есептеу үшін математикалық сопроцессоры (FPU) салынған. Бұл процессор алдыңғы буын STM32F1 қарағанда шамамен 2 есе жылдам жұмыс істейді, Spracingf3 Cleanflight ашық бастапқы кодымен жұмыс істейді.



4.1 - сурет – SP racing F3 ұшу контроллері



PDB-XT60 тарату платалары 36 \*50 мм және 4 қабатты баспа платасының максималды өнімділігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге арналған. Ол LiPo блогынан 6 ESC дейін энергияны бөледі, сондай – ақ 5 В тұрақты токтың синхрондалған және реттелетін шығуларын және камераларды, сервоприводтарды, RC қабылдағышын, ұшу контроллерлерін, бейне таратқыштарды, жарықдиодтарды және т. б. қоректендіру үшін 12 В сызықтық реттелетін тұрақты токты қамтамасыз етеді.

## 4.2 Электр сымдарын бөлу тақтасы

PDB-XT60 ажыратқыштың техникалық сипаттамалары: ол LiPo пакетіне ыңғайлы қосылу үшін XT60 қосқышын ұсынады, кіріс кернеуінің диапазоны (3S-4S LiPo): 9 - 18 В тұрақты ток, реттелетін Шығыс 5 В және 12 В, жарықдиодты қуат индикаторлары (5 В және 12 В шығу), 6 Шығыс ESC және 1 жұп VCC / GND, ESC шығу: үздіксіз ток: 25A \* 4 немесе 15A \* 6, жоғары ток (10 секунд / минут): 30A \* 4 немесе 20A \* 6; BEC 5V шығу: RC қабылдағыштар, ұшу контроллерлері, OSD және сервоприво-дов, синхронды кернеу тұрақтандырғышы, кернеу: 5.0 +/- 0.1 VDC, үздіксіз ток: 2 А (макс. (VIn = 16 В, VOut = 5 В 2 А жүктеме кезінде), қысқа тұйықталу тұрақтылығы (5 секунд / минут); BEC 12V шығысы: TX немесе FPV камерасына арналған желілік реттеуіші бар, батарея 4S LiPo (13 ~ 18 В тұрақты ток) болуы тиіс, кернеу: 12,0 +/- 0,3 тұрақты ток, үздіксіз ток: 500 мА (макс. 0,8 А 5 с / мин), қысқа тұйықталу тұрақтылығы (2 секунд / минут); физикалық жағдайы: габариттері: 36 x 50 x 4 мм, орнату: 30,5 x 30,5 мм, 3 мм, салмағы: 11 г.



4.2 - сурет – PDB-XT60 электр сымдарын бөлу тақтасы

## 4.3 Реттуіш

LittleBee 20A [10] Pro-жаңартылған SiLabs чипімен және жаңа f396 MCU процессорымен деректерді 48Mhz жиілігінде екі есе жылдам өңдеуге қабілетті ең өнімді реттеуіштердің бірі жаңа нұсқасы. 180-250 өлшемді FPV квадрокоптер үшін тамаша және жеңіл шешім.

Белсенді тежеуді қолдау және One shot 125, сондай-ақ енді MultiShot.



Техникалық сипаттамалар реттеуіштер Littlebee 20A PRO: процессор Silabs F396 48Mhz; ток: 20 Ампер (10 сек кезінде 30а дейін жоғары жүктеме); тігу: BLHeli; бутлоадер: BLHeli (сигналдық кабельде екі сымдар арқылы жаңарту); негізгі чип: SILABS; коректендіруді қолдау: 2-4S Lipo; өлшемдері: 24.5 x 12.5 мм; салмағы: 6г (сымсыз).



#### 4.3 Сурет - Littlebee 20A PRO реттеуіші

#### 4.4 Қозғалтқыш

Multistar Elite қозғалтқыштары-ерекше жоғары сапалы компоненттерді пайдалана отырып жасалған: Жапон подшипниктері, n45sh неодимді магниттер (150 градусқа дейінгі температурада қолданылады), оқшаулау 0.2 мм, 180 градус температуралық индексі бар оттегісіз мыс сым, 0.005 г теңгеру, тамаша үрлеу және 100% сапасы. Сондай-ақ, әрбір қозғалтқыштың конструкциясын олардың монтажынан пропеллер адаптерлерін бекітуге дейінгі барлығын ескере отырып, олардың қолданылу түрі бойынша бағалады.

Техникалық сипаттамалары:

- Айналымдар (RPM/V): 2300KV;
- Батарея, В: Lipo 2-3S (7.4-11.1 V);
- Макс. Мошность, Вт: 126,5 W;
- Макс. Ток, А: 11,5 A;
- Жүктеме жоқ Ток: 0,6 A / 10V;
- Ішкі қарсылық, Ом: 0.125 Ohm;
- Полюстер саны: 12/14;
- Өлшемдері, мм: Ø22×4 мм;
- Қозғалтқыш білігі, мм: Ø3мм;
- Пропелер білігі, ММ: Ø5мм;
- Салмағы, г: 24 г;
- Бұрандамаға арналған тесік қашықтығы: 16 \* 19 М3;
- Оқшаулау қалыңдығы, мм: 0.2 мм;
- Магниттер: N45SH;
- Теңгеру сипаттамалары, г: 0.005 г;
- Сым: 180 градус температуралық индексі бар оттегісіз;

- Қосқыштар, мм: 2mm Bullet/Штык;

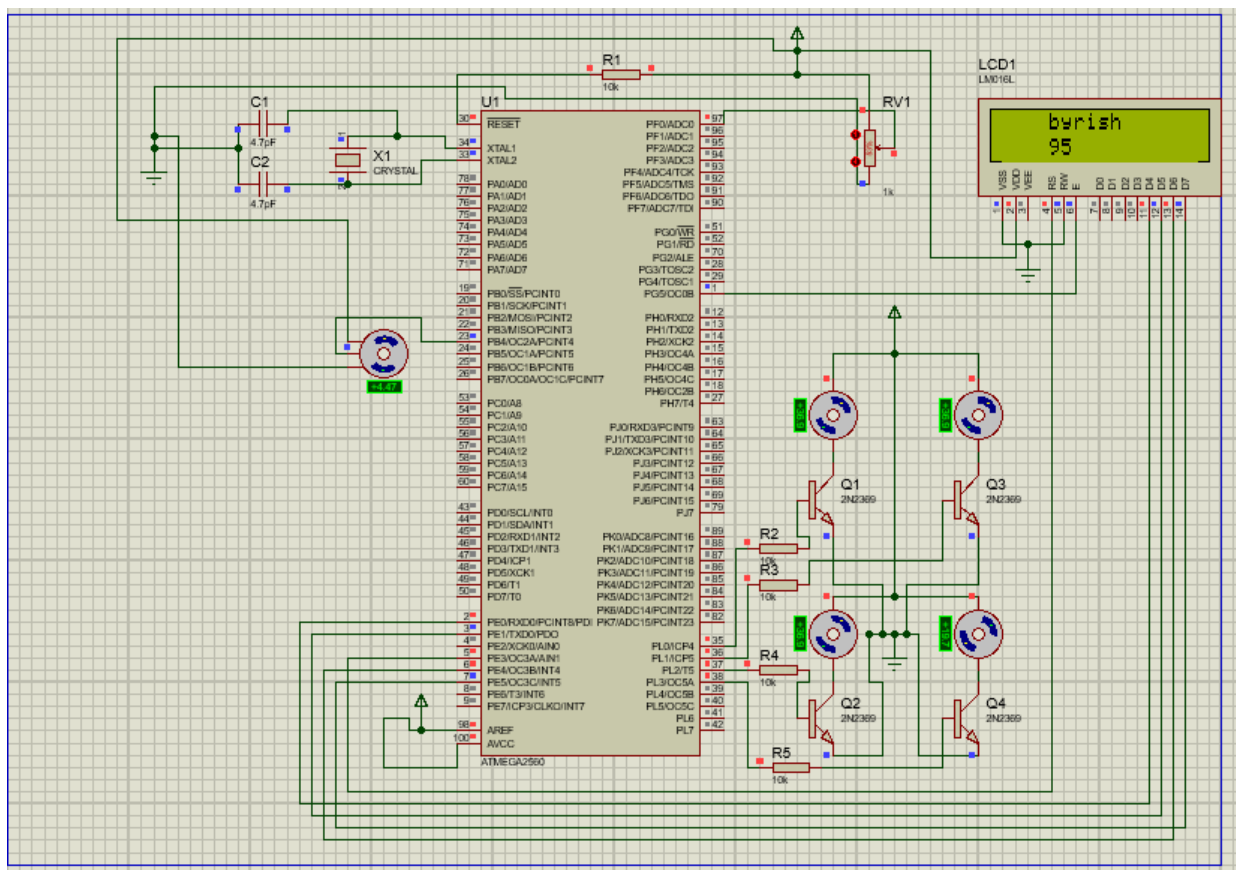


4.4 - сурет – MultiStar 2204-2300KV қозғалтқышы

#### 4.5 Құрылымдық сұлба

Жобаның құрылымдық сұлбасын Proteus бағдарламасында жасалды. Сұлбаның негізгі мақсаты, ұшу контроллеріне жалғау және пульттегі айналмалы дөңгелек арқылы серво қозғалтқышты басқару болып табылады. Proteus бағдарламасында қолданылатын ұшу контроллері болмағандықтан, оның орнына ATMEGA2560 контроллерін пайдаландым. Бағдарламалық жасақтамасын Arduino бағдарламасында жасалды. Сонымен қатар модельде LCD экран жалғанды. Ол серво қозғалтқыштың бұрылу бұрышын бақылауға арналады. Ұшу қозғалтқыштарының имитациясын көрсету мақсатында DC моторлар қолданылды. ATMEGA2560 контроллері негізінде принципиялді схемасын жасау барысында, басқарушы пульттегі айналмалы дөңгелекті потенциометрмен ауысылды.





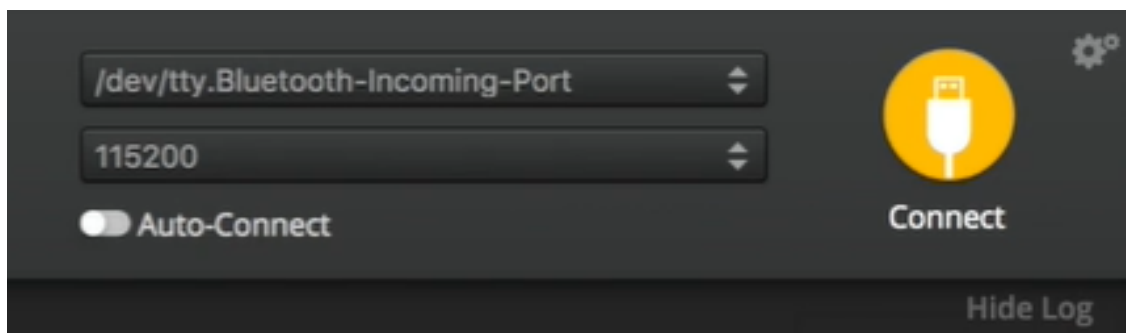
4.6 - сурет – Proteus бағдарламасындағы құрлымдық электрондық принципіалдық сұлба

4.6 - сурет те көрсететілгендей Proteus бағдарламасында айналмалы теттік RV1 потенциометрімен алмастырылды. Оны физикалық түрде қозғату арқылы серво приводтың бұрылу бұрышын LCD1 экрнынан көре аламыз. Arduino бағдарламасындағы код А қосымшасында көрсетілген.

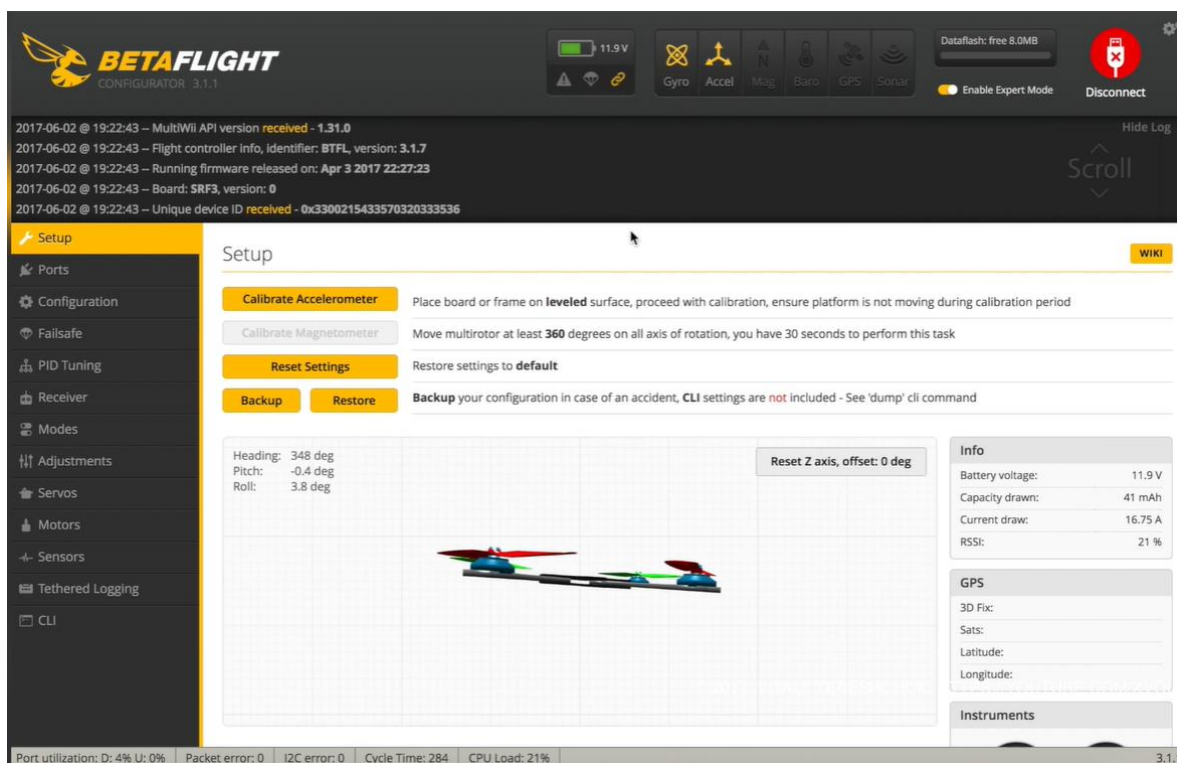
Приципиальді схеманың мақсаты потенциометр арқылы серво приводтың айналу бұрышын басқару болып табылады. Яғни, серво қоғалтқыш ұшу контроллеріне тікелей жалғау болып табылады.

#### 4.6 Betaflight конфигураторы арқылы жасақтау

Сервоқозғалтқышын тікелей таратқыш пультке контроллер арқылы жалғап, гибриді дронды оптималды басқару жеңілдігі үшін сервоқозғалтқышты Betaflight программасы арқылы контроллердің бағдарламалық жасақтамасына енгіземіз.



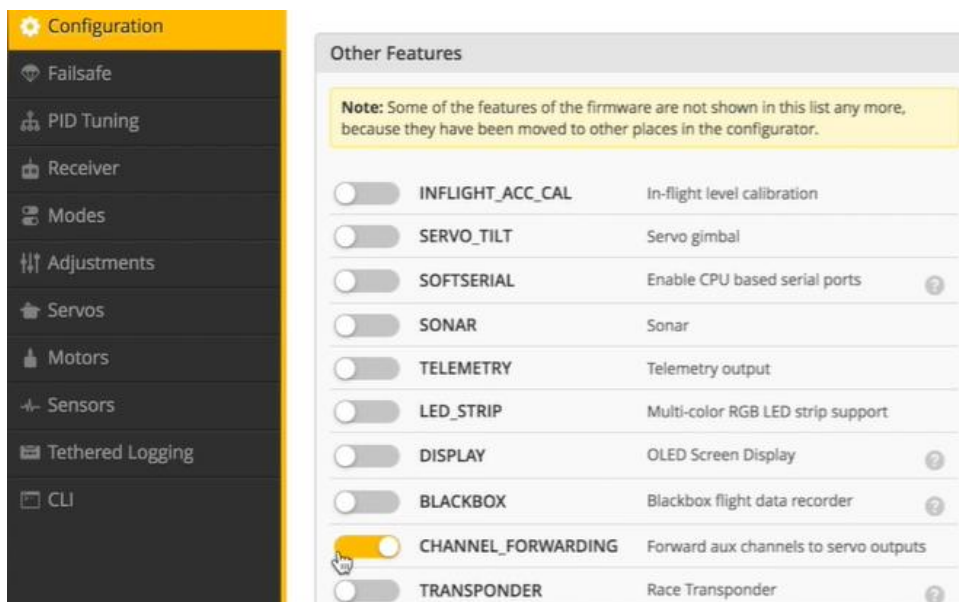
4.8 - сурет – Connect батырмасы арқылы қосылу



4.9 - сурет – Қосылғаннан кейінгі программа бейнесі

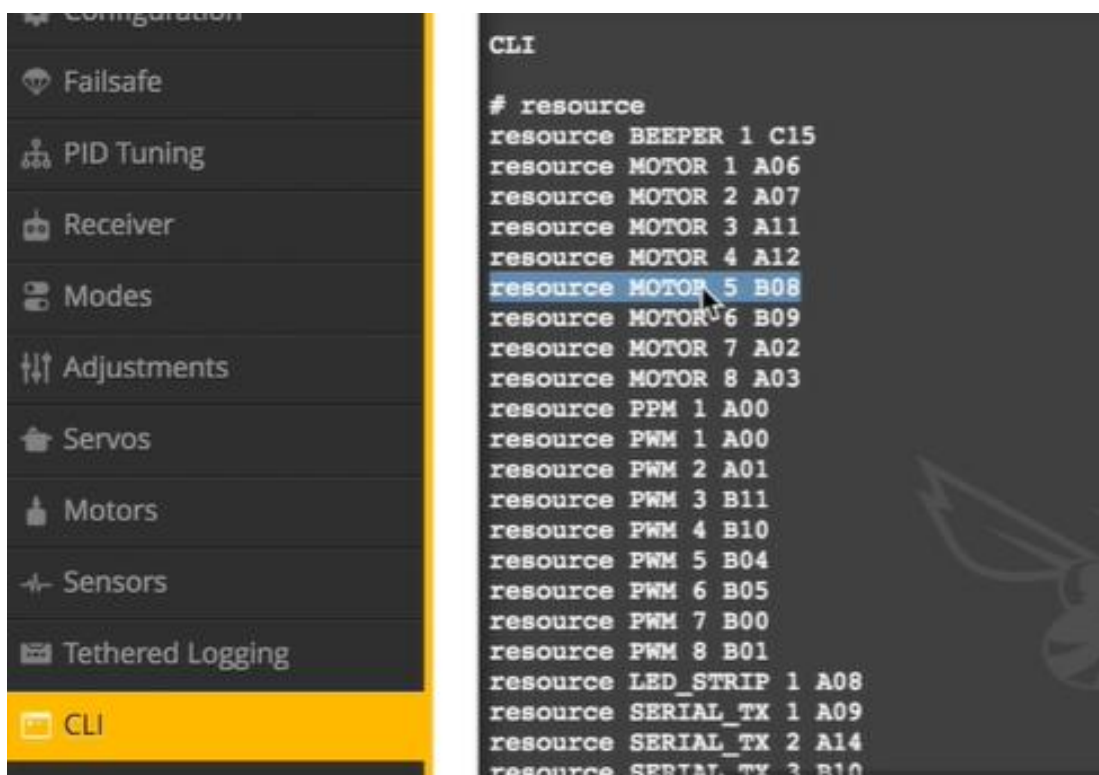
Келесі қадам Configuration функциясына кіріп CHANNEL\_FORWARDING қосамыз. Ол бізге таратушы пульттегі айналмалы тетік каналына қосылу үшін қажетті.





4.10 - сурет – CHANNEL\_FORWARDING функциясын қосу

CLI функциясына кіріп командалар жолағына resource командасын жазып келесі ақпаратты аламыз.



4.11 - сурет – resource командасы

Resource командасы арқылы мен серво жалғаған 5-ші pin, 5-ші мотормен байланысқанын және ол таратқыш пульт B08 каналына қосылғаны анықталды. Командалар жолағына resource MOTOR 5 NONE командасын енгізілді. Яғни

моторды өшіріледі. Келесі resource SERVO 1 B08 командасы арқылы MOTOR 5 орнына B08 адресі бойынша SERVO 1 қосылады. Set channel\_forwarding\_start = 8 командасы арқылы айналмалы тетіктің бағытын 8 каналға ауыстырамыз. save командасы арқылы енгізілген ақпараттарды сақталады.



4.12 - сурет – CLI командалар жолағы

Нәтижесінде сервоқозғалтқышты контроллерге тікелей жалғау арқылы, басқару пультіндегі айналмалы тетікке сервоқозғалтқыш байланыстырылды. Енді басқарушы пульттегі айналмалы тетікті айналдырғанда сервоқозғалтқыш бірге айналады.



## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста квадрокоптердің моделі мен оның басқару жүйесі қарастырылды. Сенімді әрі тиімді басқару жүйесін әзірлеу — Дронның тұрақтылығы мен маневрлік қабілетін қамтамасыз етудің негізгі шарты болып табылады. Бұл өз кезегінде аппараттың динамикасын терең түсінуді, сондай-ақ берілген траекторияларды дәл орындай алатын басқару алгоритмдерін іске асыруды талап етеді.

Зерттеліп отырған квадрокоптер қозғалтқышты қолдану арқылы әрі ұшуға, әрі қозғалысқа мүмкіндік беретін арнайы созылмалы механизммен жабдықталған. Мұндай конструкция жер бетінде кону және әуеде ұшу мүмкіндіктерін біріктіре отырып, аппаратқа әртүрлі кедергілердің үстінен ұшуға немесе олардың астымен жүгіруге, тіпті құбыр секілді тар кеңістіктерде қозғалуға мүмкіндік береді. Дрон шектеулі кеңістіктерде өзінің ені мен көлемін азайтып, кедергілердің астынан еркін өте алады.

Мұндай күрделі басқару стратегияларын іске асыру үшін аппараттың динамикасын сипаттайтын сенімді математикалық модель қажет. Осы диссертациялық жұмыста квадрокоптерді модельдеудің түрлі тәсілдері, соның ішінде математикалық үлгілер мен жүйені сәйкестендіру әдістері ұсынылған.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу жұмысы дронның басқарудың нақты модельдері мен тиімді басқару стратегияларын құрастырудың маңыздылығын көрсетті. Зерттеу нәтижелері аэрофототүсірілім, іздестіру-құтқару операциялары және қоршаған ортаны мониторингтеу секілді салаларда қолданылатын дрондардың сенімділігі мен өнімділігін арттыруға бағытталған.

Сонымен қатар, ұсынылған гибриді дрон моделі басқа баламалармен салыстырғанда қозғалыс үшін тек бір ғана қозғалтқышты пайдаланатындықтан, энергияны тұтыну тұрғысынан тиімдірек. Модель SolidWorks 3D, Xflr5 модельдеу бағдарламасы арқылы жасалып, қозғалыс сипаттамалары зерттелді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Kim S., Clark J.E., Cutkosky M.R. *iSprawl: Design and Tuning for High-speed Autonomous Open-loop Running* // International Journal of Robotics Research. – 2006. – Vol. 25(9). – DOI: 10.1177/0278364906069150.
- [2] Mini Whegs жобасы // Wevolver. – Режим доступа: <https://www.wevolver.com/wevolver.staff/mini.whegs/master/blob> (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [3] RCDesign форумы – блог. – Режим доступа: <http://forum.rcdesign.ru/blogs/121011/blog14663.html> (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [4] Betaflight баптауы – ProfPV. – Режим доступа: <https://profpv.ru/betaflight-nastroyka> (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [5] Дрон туралы мақала // Habr. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/397909/> (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [6] Набиев Р.Н., Абдуллаев А.А. Обзор этапов развития, конструкций и проблем проектирования БПЛА типа мультикоптер // ResearchGate. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/328562584> (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [7] Конюхов А.Н. Современные беспилотные системы: принципы построения и применения // Труды МАИ. – Режим доступа: [https://trudymai.ru/upload/iblock/474/Konyukhov\\_rus.pdf](https://trudymai.ru/upload/iblock/474/Konyukhov_rus.pdf) (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [8] Peter M. Bowers. Non-traditional Aircraft // Wikipedia. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Peter\\_M.\\_Bowers](https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_M._Bowers) (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [9] Ryan Model 147 // Wikipedia. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan\\_Model\\_147](https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Model_147) (қол жеткізілген күні: 03.06.2025).
- [10] Anderson J.D. *Introduction to Flight*. – 7th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 960 p.
- [11] Austin R. *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*. – Chichester: Wiley, 2010. – 374 p.
- [12] Zhang C., Kovacs J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review // *Precision Agriculture*. – 2012. – Vol. 13(6). – P. 693–712.
- [13] Northrop J. *Flying Wings and Radical Things*. – Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2014.
- [14] Nguyen T., et al. Aerodynamic Performance of Flying Wing UAVs // *Journal of Aerospace Engineering*. – 2020.
- [15] Stevens B.L., Lewis F.L. *Aircraft Control and Simulation*. – 2nd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2003. – 712 p.
- [16] Beard R.W., McLain T.W. *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice*. – Princeton: Princeton University Press, 2012. – 320 p.
- [17] Arduino. PID Control Tutorial. – URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PID> (03.06.2025).



- [18] SPRacing. F3 Flight Controller User Manual. – URL: <https://seriouslypro.com/files/f3> (03.06.2025).
- [19] Ким В.В. *Теория и практика управления беспилотными летательными аппаратами*. – М.: Машиностроение, 2021. – 348 с.
- [20] Иванов А.П. *Аэродинамика и динамика полета дронов*. – СПб.: Политехника, 2020. – 287 с.
- [21] Яковлев С.А. *Основы робототехники и мехатроники*. – М.: Высшая школа, 2022. – 415 с.
- [22] Петров В.Л. Системы автоматического управления БПЛА // *Техника и технологии*. – 2023. – №2. – С. 58–66.
- [23] Johnson E.N., Turbe M. Modeling, Control, and Flight Testing of a Small UAV // *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*. – 2006.
- [24] Баринов И.Н. *Координатные системы в авиации и космонавтике*. – М.: Наука, 2018. – 212 с.
- [25] Козлов Д.В. *Навигация и ориентация летательных аппаратов*. – М.: Радиотехника, 2019. – 301 с.
- [26] Мельников Р.А. *Введение в механику полета*. – М.: Физматлит, 2017. – 384 с.
- [27] Федоров Ю.Н. *Математическое моделирование движения БПЛА*. – СПб.: БХВ-Петербург, 2023. – 265 с.
- [28] Nandan M., et al. Flight Dynamics Modeling for UAV Path Planning // *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. – 2021.
- [29] Smith R. *Autonomous Drone Systems: Integration and Control*. – Springer, 2022.



## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

### Дипломдық жұмыс тақырыбы:

«Қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды пайдалануды зерттеу»  
(орындаған: Тұрғанбай Рауан Арманұлы)

Білім алушы Тұрғанбай Рауан дипломдық жұмысты орындау барысында өзін мақсатты және жауапты студент ретінде көрсетті. Ол дрондардың жұмыс принциптері мен басқару жүйелеріне қатысты теориялық білімін терең меңгеріп қана қоймай, оны практикалық модельдеуде тиімді пайдалана білді.

Жұмыс барысында SolidWorks және XFLR5 бағдарламаларымен жұмыс істеп, 3D модельдеу дағдыларын жоғары деңгейде көрсетті. PID реттегішті қолдану арқылы басқару жүйесін зерттеу — жұмыстың басты артықшылығы болып табылады. Сонымен қатар, жобада экологиялық мониторингтің қажеттілігі мен дрондарды қолданудың тиімділігі нақты мысалдармен дәлелденген.

Білім алушының техникалық терминологияны еркін меңгергені, әдеби тілде сауатты жазуы және өз ойын ғылыми тұрғыда жеткізе білуі — оның болашақ кәсіби маман ретінде қалыптасқанын көрсетеді.

### Қорытынды:

Дипломдық жұмыс толық және сапалы орындалған. Жұмыс қорғауға жіберуге және жоғары бағаға ұсынылады.

### Ғылыми жетекші:

Т.Ғ.М. аға оқытушы

 Ж.С. Бигалиева

« 05 » 08 2025 ж.



**СЫН ШІКІР**

**Дипломдық жұмыс тақырыбы:**

**«Қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды пайдалануды зерттеу»**

**орындаған: Тұрғанбай Рауан Арманұлы**

Дипломдық жұмыс заманауи технологиялардың бірі – ұшқышсыз ұшу аппараттарын (дрондарды) экологиялық мониторинг мақсатында қолдану мәселесіне арналған. Тақырып өзекті әрі практикалық маңызы жоғары, себебі қазіргі таңда қоршаған ортаны қашықтықтан бақылау әдістеріне деген сұраныс артуда.

Жұмыстың құрылымы мен мазмұны талаптарға сай, жүйелі және бірізділікпен жазылған. Теориялық бөлімде дрондардың даму тарихы, түрлері, ұшу динамикасы және математикалық модельдері терең талданған. Математикалық аппаратты қолдану арқылы қозғалыс теңдеулері мен ұшу күштері сипатталған. Сонымен қатар, координаталар жүйесі мен PID реттегіш туралы мәліметтер нақты және дәл берілген.

Практикалық бөлімде SolidWorks және XFLR5 бағдарламалары арқылы жасалған 3D модельдер ұсынылған. PID басқару жүйесін сипаттай отырып, квадрокоптердің ұшуды тұрақтандыру және бағытты сақтау алгоритмдері зерттелген. Жобада қолданылған техникалық компоненттер (ұшу контроллері, сымдарды бөлу тақтасы, қозғалтқыш, т.б.) нақты сипатталып, сызбалармен толықтырылған.

Кемшілігі ретінде кейбір бөлімдерде стилистикалық және орфографиялық қателер кездеседі, сонымен қатар әдебиеттерге сілтемелер толық емес немесе ГОСТ талаптарына сәйкес рәсімделмеген тұстары бар. Бұл мәселелер техникалық мазмұнға әсер етпегенімен, рәсімдеу жағынан жетілдіруді талап етеді.

**Қорытынды:**

Дипломдық жұмыс өз мақсатына толық жеткен. Жұмыста ғылыми зерттеу әдістері қолданылып, практикалық дағдылар көрініс тапқан. Жобаны жоғары бағаға лайық деп санаймын.

**Рецензент:**

Абай атындағы ҚазҰТУ,  
Физика кафедрасының қауым.проф.ма  
техника ғылымдарының кандидаты.

Жаменкеев Е. К.  
«07» 08 2025 жж





## Отчет подобия

### Метаданные

Название организации

**Satbayev University**

Название

**Қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды пайдалануды зерттеу**

Автор

Научный руководитель / Эксперт

**Тұрғанбай Рауан АрманұлыЖанар Бигалиева**

Подразделение

**ИАиИТ**

### Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.

**3.83%**

3.83%

КП1

**25**

Длина фразы для коэффициента подобия 2

**3.02%**

3.02%

КП2

**7097**

Количество слов

**0.82%**

0.82%

КЦ

**55546**

Количество символов

### Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

|                        |    |    |
|------------------------|----|----|
| Замена букв            | Б  | 37 |
| Интервалы              | A→ | 2  |
| Микропробелы           | ·  | 64 |
| Белые знаки            | Б  | 0  |
| Парафразы (SmartMarks) | a  | 16 |

### Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

#### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

| ПОРЯДКОВЫЙ<br>НОМЕР | НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | КОЛИЧЕСТВО<br>ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ<br>(ФРАГМЕНТОВ) |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1                   | <a href="https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf">https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf</a> | 58 0.82 %                                     |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2  | <a href="https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf">https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf</a> | 52 0.73 % |
| 3  | <a href="https://www.technopat.net/sosyal/konu/xflr5-ucak-analiz-hata-veriyor.1846745/">https://www.technopat.net/sosyal/konu/xflr5-ucak-analiz-hata-veriyor.1846745/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 43 0.61 % |
| 4  | <a href="https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf">https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf</a> | 35 0.49 % |
| 5  | <a href="https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf">https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf</a> | 26 0.37 % |
| 6  | Didar diplom 29.05.2024<br>5/30/2024<br>Satbayev University (ИПАиЦ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 20 0.28 % |
| 7  | Linking e-learning ontology concepts with NLP algorithms<br>Dmitry Mouromtsev, Fedor Kozlov, Olga Parkhimovich, Liubov Kovriguina;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 12 0.17 % |
| 8  | <a href="https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf">https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf</a> | 12 0.17 % |
| 9  | Didar diplom 29.05.2024<br>5/30/2024<br>Satbayev University (ИПАиЦ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 8 0.11 %  |
| 10 | Didar diplom 29.05.2024<br>5/30/2024<br>Satbayev University (ИПАиЦ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6 0.08 %  |

из базы данных RefBooks (0.17 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ<br>НОМЕР                   | НАЗВАНИЕ                                                                                                                           | КОЛИЧЕСТВО<br>ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ<br>(ФРАГМЕНТОВ) |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Источник: Paperity - abstrakty</b> |                                                                                                                                    |                                               |
| 1                                     | Linking e-learning ontology concepts with NLP algorithms<br>Dmitry Mouromtsev, Fedor Kozlov, Olga Parkhimovich, Liubov Kovriguina; | 12 (1) 0.17 %                                 |

из домашней базы данных (0.48 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ<br>НОМЕР | НАЗВАНИЕ                                                            | КОЛИЧЕСТВО<br>ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ<br>(ФРАГМЕНТОВ) |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1                   | Didar diplom 29.05.2024<br>5/30/2024<br>Satbayev University (ИПАиЦ) | 34 (3) 0.48 %                                 |

из программы обмена базами данных (0.00 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ<br>НОМЕР | НАЗВАНИЕ | КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ) |
|---------------------|----------|-----------------------------------------|
|---------------------|----------|-----------------------------------------|

из интернета (3.18 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ<br>НОМЕР | ИСТОЧНИК URL | КОЛИЧЕСТВО<br>ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ<br>(ФРАГМЕНТОВ) |
|---------------------|--------------|-----------------------------------------------|
|---------------------|--------------|-----------------------------------------------|



|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1 | <a href="https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf">https://official.satbayev.university/download/document/15170/5B071600%20-%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B0%D1%88%20%D3%98%D0%BB%D1%96%D1%88%D0%B5%D1%80(%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B4%D1%8B%D2%9B%20%D0%B6%D0%BE%D0%B1%D0%B0)2020%D0%B6..pdf</a> | 183 (5) 2.58 % |
| 2 | <a href="https://www.technopat.net/sosyal/konu/xflr5-ucak-analiz-hata-veriyor.1846745/">https://www.technopat.net/sosyal/konu/xflr5-ucak-analiz-hata-veriyor.1846745/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 43 (1) 0.61 %  |

## Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

|                  |            |                                         |
|------------------|------------|-----------------------------------------|
| ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР | СОДЕРЖАНИЕ | КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ) |
|------------------|------------|-----------------------------------------|