ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
Ғұмарбек Дәукеев атындағы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Ғарыштық инженерия және телекоммуникация институты
Электроника және Робототехника кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі
доцент Чигамбаев Т.О.
_____
«___» _____ 2020ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Автономды дронды әзірлеу»
Мамандығы: 5В071600 – Аспап жасау
Орындаған: Кусёв А.К. Тобы: ПСк-16-1
Ғылыми жетекшісі: т.ғ.д., профессор Бахтаев Ш.А.
Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша:
доцент Боканова Г.Ш.
_____ «___» _____ 2020ж.
(қолы)
өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
доцент Абикенова А.А.
_____ «___» _____ 2020ж.
(қолы)
есептеу техникасын қолдану бойынша:
т.ғ.д., профессор Бахтаев Ш.А.
_____ «___» _____ 2020ж.
(қолы)

Норма бақылаушы: ___аға оқытушы Нұрғизат Е.С.___ _____
(ғылыми дәрежесі, лауазымы, Т.А.Ж.)

Пікір беруші: PhD, қауымдастырылған профессор Рахматулина А.Б. _____
(ғылыми дәрежесі, лауазымы, Т.А.Ж.)

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
Ғұмарбек Дәукеев атындағы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»

Ғарыштық техника және телекоммуникация институты
«Электроника және робототехника» кафедрасы
Мамандығы: 5В071600 – Аспап жасау

Диплом жұмысқа орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Кусёв Алишер Кунанбаевич

Жұмыстың тақырыбы: «Автономды дронды әзірлеу»

20__ ж. «__» ____ №___ университет бұйрығымен бекітілді

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі _____ «___» _____ 2020ж.

Жұмысқа алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жұмыс) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):

1. Квадрокоптердің компоненттерін жинау.

2. Автономды ұшудың мүмкіндіктерін қарастыру.

3. Құрастыру, реттеу және жұмысқа қабілеттілігін тексеру.

Диплом жұмысындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жұмысының қысқаша мазмұны:

Квадрокоптер құрылысындағы компоненттерді барынша азайтып автономды ұшуға қажетті бағдарламаны жасау.

Әзірленуі тиіс мәселелер:

1) дронды қашықтықтан басқару;
2) автономды ұшуды қамтамасыз ететін компоненттерді әзірлеу;
3) автономды дронның артықшылықтарына баға беру.

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

1. Бағдарламаның өзектілігі мен мақсаты.

2. Бағдарламаның қосылу схемасы.

3. Жобаның бағдарламасын әзірлеу.

4. Жобаның компоненттерін жинап құрастыру.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Актуальные вопросы технических наук (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Пермь, февраль 2013 г.). – Пермь: Меркурий, 2013. – iv, 108 с.

2. Белов А. В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. - СПБ.: Наука и Техника, 2005. - 256 с.

3. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/ Freeduino. - СПб.: БХВ- Петербург, 2012. - 256 с..

Жұмыс бойынша бөлімдеріне қатысы белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономикалық бөлім	Доц. Боканова Г.Ш.	16.04-3.05.2020 ж.	
Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі бөлімі	Доц. Абикенова А.А.	12.04-21.04.2020 ж.	

Дипломдық жұмысының дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну	Ескерту
1. Жүйенің жұмыс жасау принциптері	2.03.2020 ж.	
2. STM 32 микроконтроллеріне шолу	7.03.2020 ж.	
3. Жабдықтарды таңдау	23.03.2020 ж.	
4. Жобаға қажет құрылғылар мен радиоэлементтер	4.04.2020 ж.	
5. Бағдарламамен қамтамасыз ету	29.04.2020 ж.	

Тапсырманың берілген уақыты «___» _____ 2020ж.

Кафедра меңгерушісі: _____ (Чигамбаев Т.О.)
(қолы)

Жұмыстың ғылыми жетекшісі: _____ (Бахтаев Ш.А.)
(қолы)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент: _____ (Кусёв А.К.)
(қолы)

Аңдатпа

Дипломдық жобаның тақырыбы: «Автономды дронды әзірлеу».

Қазіргі уақыттағы өндірістердің қол жетімсіз қиыншылықтары көп салаларына қарай, автономды ұшқышсыз ұшу аппаратының компоненттерін таңдау және бағдарламау қарастырылды. Адамның қолы жетімсіз немесе көп энергияны қажет ететін жұмыстарды орындауға арналған дронды жобалау көрсетілді. Сонымен қатар экономикалық тиімдлігі және қоршаған ортаны қорғауға қатысты мәселелері қарастырылды.

Аннотация

Темой дипломного проекта является: "разработка автономного дрона".

В зависимости от многих трудностей в отраслях производств, в настоящее время, предусмотрены выбор и программирование компонентов автономного беспилотного летательного аппарата. Было показано проектирование дрона для выполнения работ недоступного для человека и требующих больших энергоемкости. Также были рассмотрены вопросы экономической эффективности и охраны окружающей среды.

Annotation

The theme of the diploma project is “ development of an Autonomous drone”.

Depending on the many difficulties in the production sectors, currently, the selection and programming of components of an Autonomous unmanned aerial vehicle is provided. It was shown the design of a drone to perform work inaccessible to humans and requiring high energy intensity. The issues of economic efficiency and environmental protection were also discussed.

Мазмұны

Кіріспе 8
1 Техникалық бөлім 10
1.1 Дипломдық жұмыстың мақсаты мен тапсырмалары 10
1.2 Квадрокоптер 10
1.3 Квадрокоптердің негізгі механикасы 11
1.4 Автономды басқаруға қажетті компоненттер 14
1.4.1 Қатты дененің орын ауыстыруы 16
1.4.2 Эйлер бұрыштары 17
1.4.3 ПИД реттегіш 18
1.4.3.1 Бірөлшемді сызықты басқару 18
1.4.4 Соқтығысуды болдырмау және кедергілерді анықтауға арналған дрондар 20
1.5 Квадрокоптердің қолданылуы 21
2 Конструкторлық бөлім 24
2.1 Автономды дронды құрастыруға қажетті компонентттер 24
2.1.1 Квадрокоптердің рамасы 24
2.1.2 Квадрокоптердің ауа винттері 27
2.1.3 Квадрокоптердің қозғалтқыштары 28
2.1.4 Квадрокоптердің айналдыру реттегіштері 30
2.1.5 Квадрокоптердің ұшу контроллері 32
2.1.6 Квадрокоптердің аккумуляторы 35
2.1.7 GPS 36
2.2 Жер үсті станциясына қажетті компоненттер 37
2.2.1 HC-12 433MHz сымсыз тізбекті байланыс модулі 37
2.2.2 HC-06 блютуз модулі 38
2.3 Автономды дронды құрастыру 39
2.4 Жер үсті станциясын құрастыру 41
3 Бағдарламамен қамтамасыз ету 44
3.1 Ұшу контроллеріне бағдарламаны енгізу және конфигурация 44
3.1.1 Жер үсті станциясымен байланыс орнату 45
3.1.2 INAV хабарлау протоколдары 45
3.1.3 Нүктелер бойымен ұшу 46
4 Өміртіршілік қауіпсіздігі 48
4.1 Батареяның қоршаған ортаға әсері 48
4.2 Литий-полимерлі батареясының қолдану ұзақтығын есептеу 50
5 Экономикалық есептеу бөлімі 57
5.1 Инвестициялық капиталды есептеу 57
5.2 Бағдарламамен қамтамасыз етудегі еңбек сыйымдылығын есептеу 59
5.3 Бағдарламалық өнімге кеткен капиталдық салымдар есептеу 62
5.4 Салыстырмалы экономикалық тиімділіктің көрсеткіштерін есептеу 66
Қорытынды 69
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі: 70
А қосымшасы 71

Кіріспе

Соңғы жылдары, бақылаушы аспаптар, бейнеаппаратура түрінде пайдалы жүктеме тасуға қабілетті шағын ұшқышсыз квадрокоптерлердің жаңа класын дамыту басталды. Квадрокоптерлер, көтеруші және рульдік винттері бар дәстүрлі бойлық схемадағы тікұшақ үлгісіндегі ұшқышсыз ұшу аппараттарына (ҰҰА) және осьтік схемадағы аппараттарға қарағанда, конструкцияның қарапайымдылығы мен сенімділігі сияқты бірқатар артықшылықтарға ие. Мұндай құрылғылар шағын ұшу массасымен, жинақылығымен және жоғары маневрлігімен сипатталады. Квадрокоптердің орталық бөлігі - "фюзеляж" жабдықты, жүктемені және аккумуляторларды орналастыру үшін қызмет етеді. Квадрокоптердің ортасынан радиалды түрде барлық аппараттың жұлдыз тәріздес құрамдастарын құра отырып, көтергіш винттері бар микроэлектрлі қозғалтқыштар орнатылады. Мұндай симметриялық құрылым қозғалыс бағыты бағытталатын алдыңғы және артқы бөліктердің болуын көздейді.

Танымал терминологиядағы дрондар немесе техникалық терминологиядағы ұшқышсыз ұшу аппараттары, жердегі көлік құралдарының алдында мынадай түрде бірқатар артықшылықтарға ие.

Жердегіге қарағанда аспанда кедергілер аз. Дрондар кеңістікте тік траекториялар бойынша қозғала алады. Олар, әдетте, шапшаң навигациялық қабілетімен бірге шағын өлшемді.

Әуе тасымалы әдетте жол кептелісімен қиындатылмаған. Келгенге дейінгі уақыт негізінен ұшып өткен қашықтықтықпен көрсетіледі. Дрондар, сондай-ақ тез катапульт көмегімен іске қосылып, пайдалы жүктеме ретінде қысқа жауап беру уақыты бар парашюттерді лақтыра алады.

Дрондар, әдетте, салмағы аз болып келеді және аз энергия тұтынады. Олар қысқа сапарларға жеңіл заттарды тасымалдау үшін өте тиімді, ал жер үсті көлік құралдары ауыр заттарды ұзақ қашықтыққа тасымалдау үшін ыңғайлы.

Бортта оператор немесе жүргізуші жоқ. Дрондар пайдаланушы адамдардан қауіпсіз қашықтықты сақтай алады. Ұшқышсыз ұшу миссиялары әсіресе қауіпті орталарда қажет.

Ұшқышсыз платформалар мен жүйелер жетілген технология болу үшін дамыды. Құрал-жабдықтық және бағдарламалық жүйелер үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарының көптеген ашық кодты жобалары бар. Дрондардың техникалық сипаттамалары әртүрлі конструктивтік параметрлер мен шығындарға байланысты ыңғайлы түрлене алады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының бұл артықшылықтары оларды жеңіл жүктерді тасымалдау және басқарылатын көлік миссияларын ауыстыру үшін әртүрлі қолдануға мүмкіндік береді. Кейбір мысалдар төменде келтірілген.

Әуе көлігімен шалғайдағы өңірлерге, географиялық шашыраңқы және оффшорлық объектілерге жетуге болады. Атап айтқанда, мұнай-газ компаниялары мен коммуналдық қызметтерді жеткізушілер ұшқышсыз ұшу

аппараттарының негізгі пайдаланушылары болады, олар кең бақылауға, өлшеуге, картаға түсіруге және геодезияға, бытыраңқы орналасқан объектілерге техникалық қызмет көрсетуге сүйенеді.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары арнайы түрде осы үшін таралуы мүмкін. Зақымдалған немесе сенімсіз инфрақұрылымдарда үлкен ыңғайлылықпен және икемділікпен төтенше жағдайларда ұшқышсыз ұшу аппараттары үлкен жылдам тасымалдауды қамтамасыз ете отырып, оқшауланған өңірлерге қол жеткізу қиындықтарын еңсере алады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары қауіпті немесе тәуекелді аудандардағы ұшқышсыз миссиялар үшін, атап айтқанда, биік таулы немесе биохимиялық зиянды ортада зерттеулер жүргізу үшін тамаша шешім болып табылады. Бақылаушы адамдар қауіпті операцияларды орындау үшін дрондарды қашықтықтан басқара алады.

Сәлемдемелер, Медициналық тауарлар мен почта тез жеткізуді талап етеді. Ұшқышсыз ұшу аппараттары қоймалардан пайдаланушылардың үйлеріне дейін тарату тізбегінің соңғы міндеттерін шешуде тиімді. Жақында Amazon зерттеуі бойынша АҚШ халқының 44%-ының үйлері қойма маңынан 20 мильдік ара-қашықтықта екенін хабарлайды. Демек, ұшқышсыз жеткізу пайдалану практикада тиімді.

Жақын болашақта автономды ұшқышсыз ұшу аппараттарын толығымен кең өрістету күтілуде, бұл зияткерлік көлік жүйелерінің жаңа класының пайда болуына әкеледі. Әр түрлі секторларда кеңінен қолдануына қарамастан, дрондарды басқару бірқатар қиындықтарға ие:

Қарапайым дрондар - бұл борттық аккумуляторлардан жұмыс істейтін электромобильдер. Демек, ұшқышсыз ұшу аппараттарының өнімділігі батареяның шектеулі қызмет мерзімімен шектеледі. Көптеген дрондар қысқа қашықтыққа ұшу үшін ғана жарамды, бұл олардың қолданылуын айтарлықтай шектейді.

Адамды дранды басқару өте қиынға соғады. Қолмен басқару тиімсіз және ыңғайсыздыққа әкеліп қана қоймай, сонымен қатар адам қателіктеріне де ұшырайды. Көбінесе, дрондарды басқару көп еңбекті және қарқынды жаттығуларды талап етеді, әдетте ол қымбат және ауқымды болып келеді. Адамдардың дрондарды дұрыс емес басқаруы апат пен зақымдануға әкеледі. Минималды қолмен басқарылатын ұшқышсыз ұшу аппараттары үшін қолайлы рутиндік миссиялар бар.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары белгілі бір биіктікте қозғалады деп күтілуде, сондықтан олар жел мен ауа райының әсеріне ұшырайды. Бұл шарттар өте тез қозғалыста болады және нақты уақыт режимінде ескерілуі тиіс. Бұдан басқа, ұшқышсыз ұшу аппараттарының салмағы аз, ал желдің әсері айтарлықтай.

Бұл батареямен қоректенетін автономды ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқару проблемаларының бірегей класы болып табылады.

1 Техникалық бөлім

1.1 Дипломдық жұмыстың мақсаты мен тапсырмалары

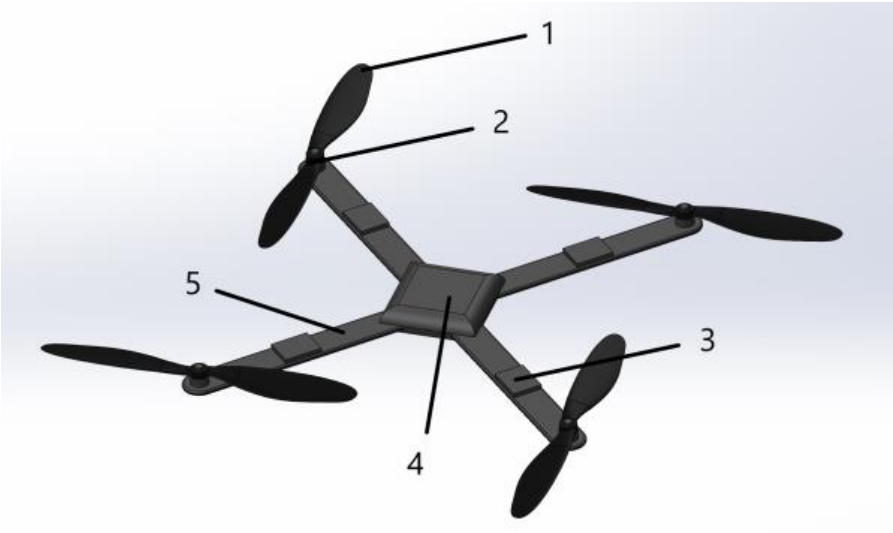
Дипломдық жұмыстың мақсаты автономды ұшқышсыз ұшу аппаратының тәжірибелік үлгісін жасау болып табылады. Жұмыс барысында автономды ұшу бойынша барлық мүмкін амалдарды қарастырып, олардың арасындағы ең қолайлысын таңдау керек. Жұмысты әзірлеу барысында негізгі тапсырмалар ретінде дронның компоненттерін таңдау, автономды басқарудың қолайлы жолын қарастыру және әрі қарай элементтерді жинақтау болады.

Осылайша, бұл жұмыста белгіленген пункттердің үстінен позицияларды ұстап тұруға, сондай-ақ траекторияның қателерін азайту кезінде жол нүктелері арасында навигацияны жүзеге асыруға қабілетті 4 қозғалтқышты тікұшақтар үшін GPS негізінде басқару жүйесін әзірлеу қарастырылады.

1.2 Квадрокоптер

Бұл дипломдық жұмыста ұшқышсыз ұшу аппараты ретінде квадрокоптер қарастырылады. Бұл көлікте қозғалмайтын рамаға бір-біріне тәуелсіз төрт тәуелсіз қозғалтқыштар орнатылған. Қозғалтқыштардың орны мен бағыты бір-біріне қарама-қарсы және маса ортасына қарағанда, одан бірдей ара-қашықтықта орнатылады (1.1 сурет).

Квадрокоптердің өлшемдері неғұрлым аз болса, оның ептілігі соғұрлым жоғарылайды.



1.1 сурет – Квадрокоптердің жалпы түрі: 1 – әр түрлі бағыттағы ауа винттері; 2 – коллекторсыз қозғалтқыштар; 3 – айналдыру регуляторлары; 4 – ұшу контроллері; 5 – корпус

Квадрокоптердің геометриясы өте қарапайым. Механикалық қарапайымдылығы онымен жасалынатын жұмысты оңайлатады. Оның ауа винттері қысқа болып келеді және квадрокоптер кенеттен бұрылса да

винттерінің гироскопиялық моменттері оның қалпын сақтап тұрады. Бұл көлік құралын басқаруды жеңілдетеді. Егер айналу бағытын қарасақ, 1 және 4 қозғалтқыштар сағат тілімен, ал 2 және 3 қозғалтқыштар сағат тіліне қарсы бағытталған. Егер осы тәуелсіз қозғалтқыштардың жылдамдығын өзгертсе, роботтың жағдайы мен бағытын бақылай аламыз.

1.3 Квадрокоптердің негізгі механикасы

Бұрын айтылғандай, квадротордың төрт қозғалтқышы бар, олар квадрокоптердің салмағын ұстап тұрады. Әрбір қозғалтқыш айналу арқылы тарту күшін тудырады. Егер бұрыштық жылдамдық пен тарту күші арасындағы байланысты тұрғызатын болсақ, олардың арасы квадраттық қатынаста екенін анықтаймыз.

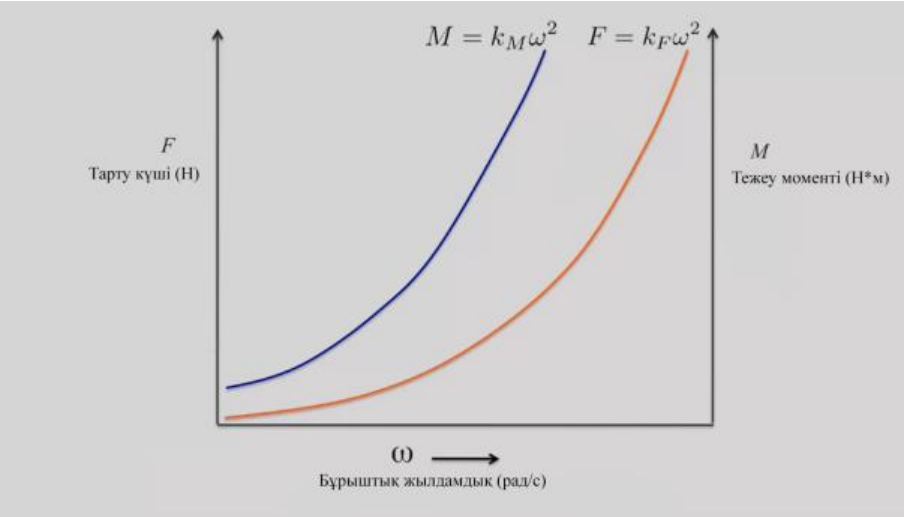
Қозғалтқыш айналған кезде оған қарсы күшті еңсеруге керек. Және бұл тежеу моменті де квадрат қатынаста болып келеды.

$$F = k_F \omega_i^2 \tag{1.1}$$

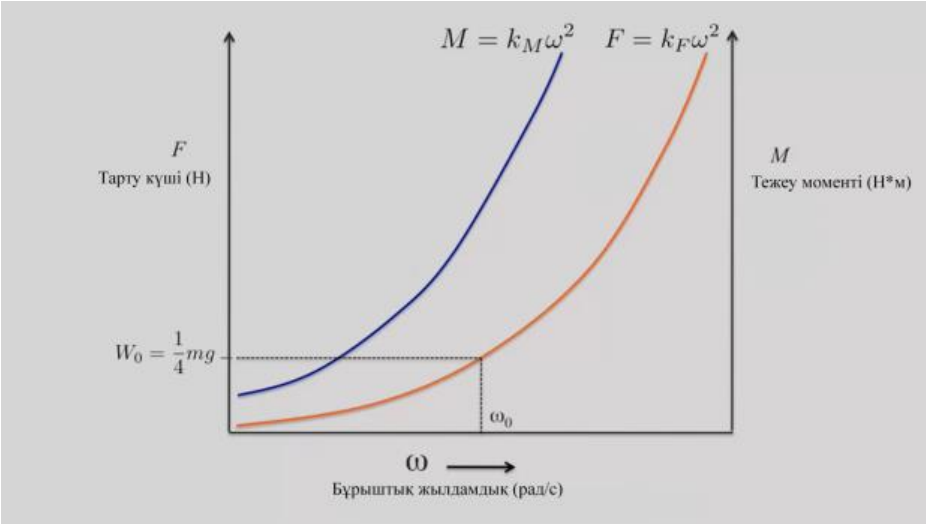
$$M = k_M \omega_i^2 \tag{1.2}$$

Әрбір қозғалтқыш тепе-теңдік салмағының шамамен төрттен бір бөлігін ұстап тұруы керек. Төрттен бір салмақты алу үшін қажет жылдамдықты анықтау керек. Бұл бізге омега-ноль жұмыс жылдамдығын береді.

$$W_0 = \frac{1}{4} mg \tag{1.3}$$



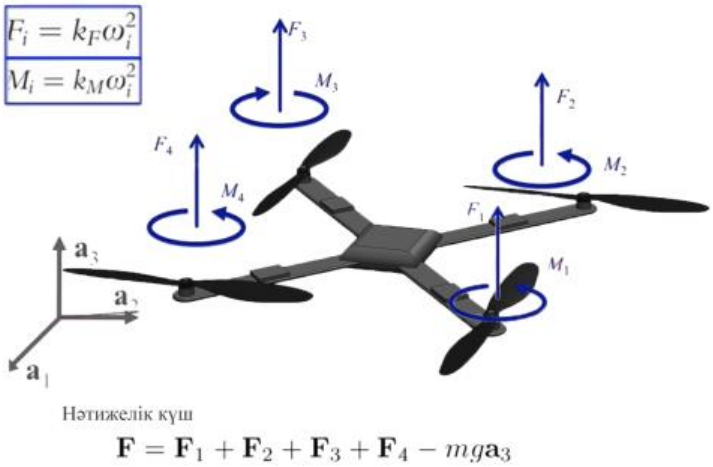
1.2 сурет – Тарту күші мен тежеу моментінің бұрыштық жылдамдыққа қатынасы



1.3 сурет – Тарту күші мен тежеу моментінің бұрыштық жылдамдыққа қатынасы

Бірақ, бұл жұмыс жылдамдығы тежеу моментін тудырады және әрбір қозғалтқыш бұл тежеу моментін жеңуі тиіс. Тежеудің осы моментін өту үшін айналмалы момент жылдамдығын шығара алатын қозғалтқыш мөлшерін анықтау керек. Осылай, квадрокоптер ұшқан кезде, қозғалтқыштың айналу жылдамдығын ұстап отырады.

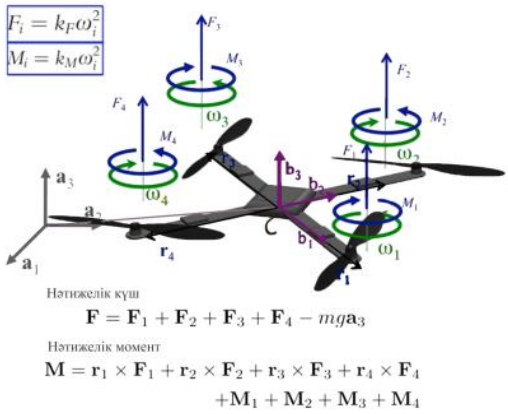
Квадрокоптердің салмағы арқылы, әрбір қозғалтқыш үшін негізгі жұмыс жылдамдығын анықтай аламыз. Ал бұл, өз кезегінде, әрбір қозғалтқышқа қандай айналу моменті қажет екенін анықтайды.



1.4 сурет – Нәтижелік тарту күші

Егер тарту күші мен бұрыштық жылдамдықтың квадраты арасындағы тұрақты пропорционалдық тепе-теңдік және тежеу моменті мен бұрыштық жылдамдықтың квадраты арасындағы тепе-теңдік тұрақтысы белгілі болса, қарапайым теңдеулер алуға болады. Төрт тарту күші мен ауырлық күші арқылы нәтижелік күшті оңай есептей аламыз.

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - mga_3 \tag{1.4}$$



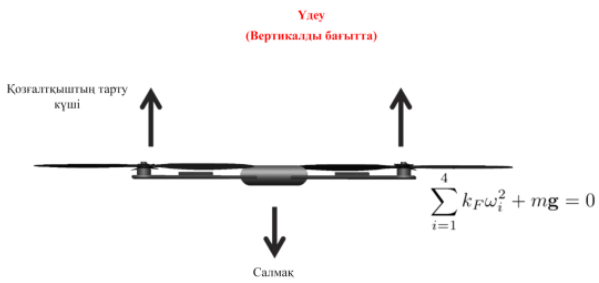
1.5 сурет – Нәтижелік тарту күші мен нәтижелік момент

Егер масса ортасы қайда екенін белгілі болса, масса ортасы жанындағы моменттерді тез есептеуге болады. Және, әрине, толық момент роторлармен қоса берілген күштермен негізделген моменттер және қозғалтқыштардың сағат тіліне қарсы немесе сағат тілімен айналуымен негізделген реакцияларды есептеу жолымен алынады. Бұл реакциялар момент болып табылады және олар таза моментке қосылады. Тепе-теңдікте нәтиже күш нөлге тең және нәтиже момент те нөлдік.

$$M = r_1 * F_1 + r_2 * F_2 + r_3 * F_3 + r_4 * F_4 + M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \tag{1.5}$$

Нәтижелік күш нольге тең емес жағдайда біз үдеуге ие боламыз. Алда айтып өткендей қозғалтқыштар дронның салмағын ұстап тұрады, үдеуті жоғарылату және бәсеңдету арқылы оны вертикалды түрде көтеріп-түсіре аламыз. Сондықтан моторлардың тарту күші мен салмағының комбинациясы дронның қай бағытта үдейтінін анықтайды.

$$\sum_{i=1}^{4} k_F\omega_i^2 + mg = 0 \tag{1.6}$$



1.6 сурет – Үдеу бағыты

1.4Автономды басқаруға қажетті компоненттер

Автономды ұшуды қамтамасыз ету үшін әрбір роботқа қажет бірнеше негізгі компоненттер бар. Біз бұл негізгі компоненттер қандай екенін қысқаша талқылаймыз.

Өз жағдайын бағалау - бұл ұшу құрылғысының өзінің қалпын, бағытын және жылдамдығын бағалау қабілетіне қатысты. Басқаша айтқанда, жағдайы мен бағытының өзгеру жылдамдығы.

Басқару командаларын есептеу - оның қайда қозғалуы тиіс және оның ағымдағы жай күйін бағалауды негізге ала отырып, көлік құралы қозғалтқышқа немесе роторларға командаларды есептеуге және оларды қажетті әрекетке қол жеткізу үшін тиісті жылдамдықта айналдыруға мәжбүр етуге қабілетті болуы тиіс.

Көлік құралының қоршаған ортаны картографиялау үшін кейбір базалық мүмкіндіктері болуы тиіс. Егер ол қоршаған ортаның қалай көрінетінін білмесе, онда ол осы ортаны қарастыруға және осы ортада қауіпсіз траекторияны жоспарлауға қабілетті емес.

Кедергілер жиынтығын және белгіленген межелі пунктіні ескере отырып, көлік құралы траекторияны, бір нүктеден екіншісіне өту үшін қауіпсіз жолды есептей алуы керек.

Автономды аэронавигация тақырыбы соңғы жылдары белсенді зерттелді. Құны мен төлем жүктемесі бойынша шектеулерге байланысты ҰҰА қатты қымбат емес датчиктермен жабдықталған, мысалы микро-электро-механикалық (MEMS) инерциалды өлшеу блоктары (IMUs), олар жағдайды ұзақ мерзімді бағалау үшін пайдаланыла алады. Осылайша, GPS, лазерлік сканерлер және камералар сияқты датчиктер, әдетте, бағалау дәлдігін арттыру үшін проприоцептивті датчиктермен біріктіріледі. GPS негізінде навигация аэроғарыштық қоғамдастықпен жақсы дамыған, ал, тыйым салынған GPS орталарында автономды навигация тек жақында ғана танымал болды.

Жалпы, борттық датчиктерді қолдану арқылы GPS-ке тыйым салынған жағдайында автономды ұшу міндеттері шектеулі зондтау және есептеу жағдайын бағалауды, сондай-ақ бастапқыда ҰҰА жылдам динамикасын басқаруды қамтиды. Борттық датчиктердің ең танымал екі түрі – лазерлік сканерлер мен камералар. Лазерлік автономды ұшу тәсілдері олардың өңдеудің төмен қажеттілігіне байланысты зерттеудің ерте сатысында танымал болды. Көру қабілетіне негізделген тәсілдер бір уақытта алты еркіндік дәрежесін (6-DOF) және 3D-қайта жаңарту жағдайын бағалауға мүмкіндік береді. Танымал әдістер монокулярлы камераны, стерео камераны, немесе RGB-D датчиктерді пайдалануды көрсетеді. Камералар лазерлік сканерлермен салыстырғанда әлдеқайда жақсы ақпарат пен салмақ арақатынасын ұсынады, бірақ сурет деректерін өңдеуге жоғары есептеу талаптарын қояды. Бірақ, ең соңғы жетістіктер, әсіресе, көп ядролы және графикалық процессорлармен жабдықталған мобильді процессорларда,

есептеуіш қуатын нақты уақытта onbaord vision күйін бағалау мүмкін бола бастады.

Алайда қабылдаудың бірыңғай экстероцептивті модалдығына сүйенетін барлық тәсілдер тек белгілі бір жағдайларда ғана жұмыс істейді. Мысалы, лазерлік тәсілдер көзге негізделген құрылымды ортаны талап етеді, көзқарастар жеткілікті жарықтандыруды және функцияларды талап етеді, ал GPS тек ашық ауада жұмыс істейді. Бұл оларды үлкен масштабты миссияларда сәтсіздікке бейім етеді, ол кезде қоршаған орта айтарлықтай өзгеруі мүмкін үй-жайлардың ішінен және сыртынан өтетін өткелдерді қамтиды. Кейбір орталарда бірнеше сенсорлардан ақпарат алу мүмкін және барлық қол жетімді өлшемдерді біріктіру – бағалаудың дәлдігі мен сенімділігінің арттыруына әкелуі мүмкін. Алайда, бұл қосымша ақпарат жиі ескерілмейді немесе датчиктер жиынтықтары арасында ауысу үшін қолданылады.

Іс жүзінде ең сенімді бағалаушы қоршаған ортада ақпараттың болмауына байланысты сәтсіздікке ұшырауға бейім. Сондай-ақ ҰҰА басқа қозғалыстағы объектіден белгісіз жылдамдықпен және бағдармен (қол, жүк көлігі, кеме немесе басқа әуе кемесі) іске қосу қажет.

Борттық жүйелердің жай-күйін бағалауды ескере отырып, біз оларды тұрақтандыру үшін әртүрлі қолданыстағы басқару стратегиясын пайдалана аламыз. Төмен жылдамдықпен жұмыс істейтін ҰҰА үшін жылдамдықтың аз өзгерістерімен, жақын ауада қалқу күйін қабылдайтын желілік контроллерді қолдануға болады. Бағыттаудың үлкен өзгерістеріне байланысты неғұрлым агрессивті қозғалыстар үшін қолайлы таңдау – қателіктің сызықсыз метрикасы бар контроллер болып табылады. Автономды навигация қоршаған ортаның инкрементті құрылған моделі арқылы соқтығысудан бос жолдардың болуын талап етеді, бұл қозғалысты жоспарлаудың қазіргі заманғы алгоритмдерінің көмегімен жасалуы мүмкін. Жоғары деңгейді жоспарлау мен жағдайды бақылау арасындағы алшақтықты жеңу - бұл ҰҰА үшін ықтимал уақыттық параметрлік траекторияларды қамтамасыз етуге бағытталған траекторияның генерациясы. Мұның бәрі автономды навигацияны қамтамасыз ету үшін қажетті компоненттер және олардың әрқайсысы әдебиеттердің кең жиынтығын қамтиды. Алайда, бұл тезисте біз жай-күйді бағалауға назар аударамыз және жүйелі интеграция үшін жоспарлау мен бақылаудың тиісті тәсілдерін бейімдейміз.

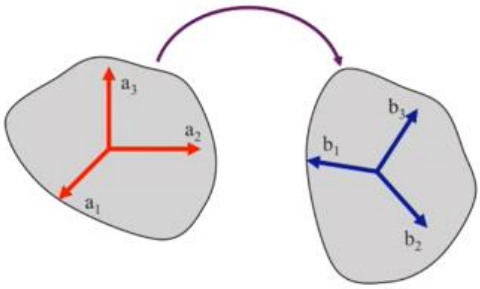
Көшеге шыққан кезде бізде GPS болмауы мүмкін, немесе GPS арқылы өз орнын бағалау үлкен қателіктерді көрсетуі мүмкін. Бұл өте жоғары ғимараттардың жанында жиі кездеседі.

Квадрокоптер қозғалысының негізгі заңдылықтарын зерттеу үшін ұшатын роботтың кеңістіктік қозғалысын сипаттайтын математикалық модельді қарастырамыз. Квадрокоптер – бұл 6 еркіндік дәрежесі бар, қатты дене деп модельдеуге болатын электромеханикалық жүйе. Сонда аппараттың масса ортасының орналасуы x, y, z координаталарымен анықталады және жерге қатысты корпусының қозғалысын Oxyz декарттық координаталар

жүйесінде қарастырамыз, ал кеңістіктегі қалпын Эйлер бұрыштары анықтайды: φ, θ, ψ.

1.4.1 Қатты дененің орын ауыстыруы

Объект бірнеше позициялар мен қалыптарда бола алады. Уақыт өте келе, бұл нысан әртүрлі позициялар мен қалыптарды алуы мүмкін. Тиісінше, қатты дененің әртүрлі орын ауыстырулары бар. Егер біз қатты денеге бекітілген өзара ортогоналды бірлік векторларды алсақ, олар орын ауыстырғаннан кейін өзара ортогоналды және бірлік векторлар болып қалады(1.12 сурет).



1.7 сурет – Қатты дененің орын ауыстыруы

Осылайша, қатты дененің түрленуі немесе қатты дененің орын ауыстыруы екі маңызды қасиеттерді қанағаттандырады. Олар ұзындығын және векторлық көбейтінділерін сақтайды өнімдерін сақтайды.

Енді қатты дененің жылжуын сипаттау үшін есептеулер жасауды, содан кейін осы қозғалыстарды өзгертуді қарастырайық. Біз әрбір қатты денеге бекітілген өзара ортогоналды бірлік векторлар бар деп болжаймыз. Егер бұл орын ауыстыру болса, онда бұл бір қатты денеге байланысты екі түрлі жағдай болып табылады.

Біз бір аймақтағы өзара ортогоналды бірлік векторларды басқа аймақтағы өзара ортогоналды бірлік векторлардың сызықтық комбинациясы ретінде жаза аламыз. Сондықтан, бұл жердегі b_1, b_2, b_3 векторларын a_1, a_2, a_3 векторларының сызықтық комбинациялары ретінде жазамыз. Ал коэффициенттер R_{11}, R_{12} және т.б. арқылы беріледі:

$$b_1 = R_{11}a_1 + R_{12}a_2 + R_{13}a_3$$

$$b_2 = R_{21}a_1 + R_{22}a_2 + R_{23}a_3$$

$$b_3 = R_{31}a_1 + R_{32}a_2 + R_{33}a_3 \qquad (1.14)$$

Тоғыз коэффициенттердің бұл жинағы матрицаға жиналуы мүмкін және біз осы матрицаны айналу матрицасы деп атаймыз. Бұл айналу матрицасының бірнеше қызықты қасиеттері бар.

Бұл матрица ортогоналды, яғни, егер осы матрицаны алып, оны транспониріне көбейтсек, онда бірлік матрицаны аламыз. Транспонирленген матрицаны өзіне көбейтсек те бірлік матрицаны аламыз.

Матрица – арнайы ортогоналды, басқаша айтқанда, егер оның анықтауышын есептесек, онда оның плюс бірге тең екенін көреміз.

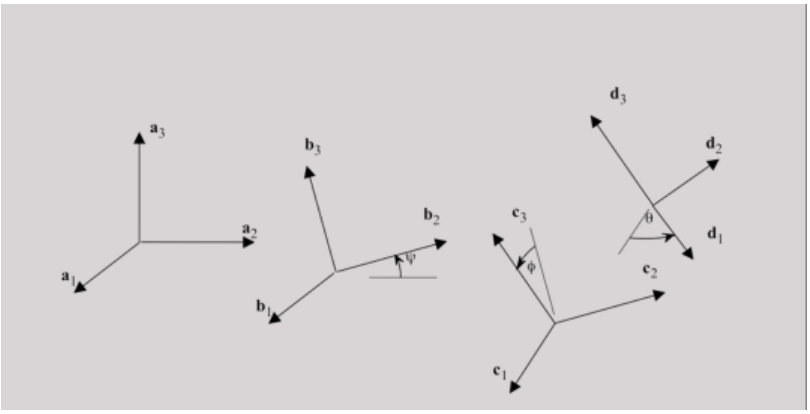
Кез-келген екі айналу матрицасының көбейтіндісі бізге айналу матрицасын береді. Кері айналу матрицасы да айналу матрицасы болып табылады.

Мұндай матрицалар ерекше ортогоналды топты құрайды. Біз осы топты белгілеу үшін SO3-ті пайдаланамыз. Бұл үш өлшемдегі ерекше ортогоналдық топ. Айналу матрицалары – айналуларды сипаттаудың тамаша тәсілі, бірақ олар интуитивті түрде айқын емес. Сондықтан кейде біз SO3 сипаттау үшін координаттарды пайдалануды қалайсыз. Сондықтан айналу матрицаларына қосымша, біз жиі айналуларды сипаттау үшін пайдаланылатын Эйлер бұрыштары деп аталатын бұрыштар жиынтығын талқылаймыз.

1.4.2 Эйлер бұрыштары

Эйлер жалпы айналуды сипаттау үшін үш координаталар қажет екенін көрсетті және бұл координаттар Эйлер бұрыштары деп аталады. Эйлер бұрыштарының негізгі идеясы a-дан d-ге дейін айналуды сипаттау керек болса, оны үш рет тізбекті бұрылысқа бөлуге болады, a-дан b-ге дейін, b-дан c-ге дейін, содан кейін c-ден d-ге дейін(1.12 сурет).

Осылайша, пси арқылы x осінің, фи арқылы y осінің және тета арқылы z осінің айналуын көбейту арқылы, ақыр соңында a аймағынан d аймағына шыққан таза айналуды аламыз.



1.8 сурет – Үш айналудың тізбегі

Мұнда көрген үш бұрыш – крен, тангаж және рыскание бұрышы.

Эйлер кез келген айналуды сызықтық тәуелсіз осьтердің айналасында үш тізбекті айналумен сипаттауға болады деп айтқан. Осылайша, жоғарыда айтып кеткендей, егер Эйлердің үш бұрышы бар болса, олардан үшке-үш айналу матрицасын шығаруға болады.

Эйлер бұрыштарының бұл жинағын жиі Эйлердің X-Y-Z бұрыштары деп атайды. Өйткені, бұл айналу матрицалары x осі, одан кейін y осі, содан

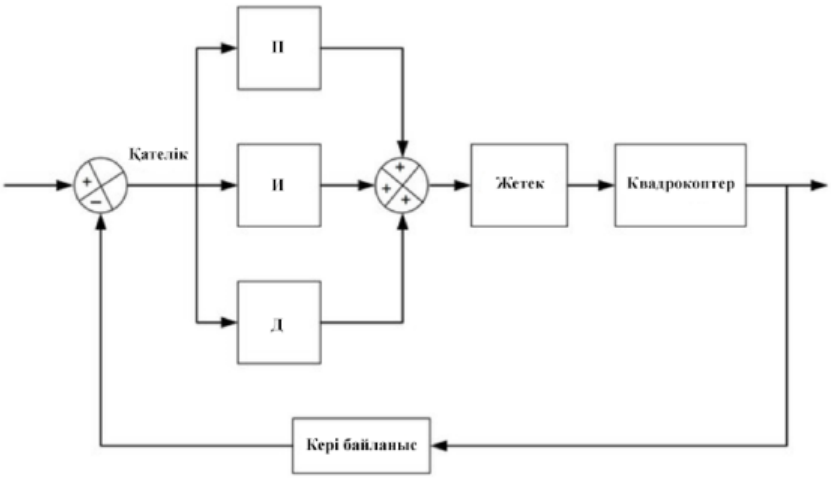
кейін z осі бойымен айлану тізбегінің көбейтісіне тең. Әрбір айналу дененің қозғалмайтын осінің айналасында орын алатынын ескеру керек. Бірінші айналуды аяқтағаннан кейін, у осінің айналасындағы екінші айналу енді жаңа у осіне тиеді, себебі бірінші айналу бастапқы у осін жаңа жағдайға айналдырды.

1.4.3 ПИД реттегіш

ПИД – ұшу контроллеріндегі функция. Бұл функция датчиктерден деректерді оқиды және қозғалтқыштарға айналу жылдамдығын беріп отырады. Ақырында, квадрокоптердің тұрақтылығы мен ұшу дәлдігіне солай қол жеткіземіз.

ПИД пропорционалды интегралдың туындысын білдіреді. ПИД реттеуіш қозғалтқышқа жіберілетін шығыс деректеріне түзетулер енгізе отырып, нақты нәтижені қалаған нәтижеге жақын алуға тырысатын тұйықталған басқару жүйе болып табылады. Егер қателік орын алса, ол басына қайтарылады және цикл қайталанады.

ПИД-реттегіш "қате" мәнін өлшенетін шама мен қалаған шама арасындағы айырмашылық ретінде есептейді. Контроллер келіп түсетін басқару мәндерін реттеп, қатені азайтуға тырысады.



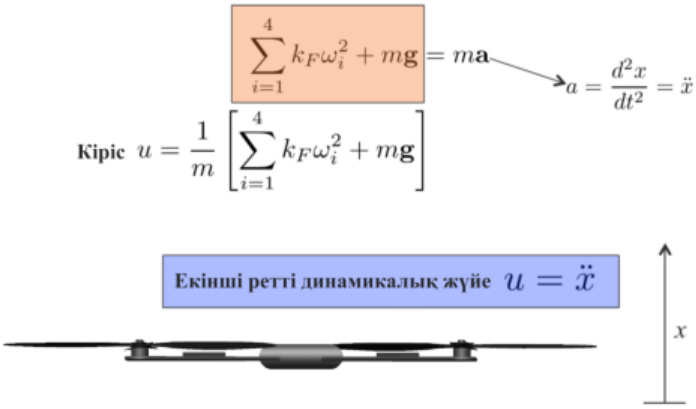
1.9 сурет – Квадрокоптердегі ПИД-реттеуіш

ПИД-реттегіште үш функция бар: П, И және Д. Бұл мәндер уақыт тұрғысынан түсіндіріле алады:

- П – қазіргі сәтте орын алған қатені өңдейді. Ол берілген мәннен неғұрлым қашықта болса, соғұрлым ол қаттырақ түзетеді;
- Д – берілген нүктеге қалай тез жақындайтынына және берілген нүктеге жақындағанда П-ның қарсы әрекеті қаншалықты орын алатынына байланысты болашақ қателерді түзетеді;
- И – белгілі бір уақыт ішінде орын алған өткен қателерді талдайды (мысалы, егер ось желден берілген мәннен тұрақты ығысса) және қажетті қозғалтқыштардың жылдамдығын арттыра отырып, осы күшке қарсы әрекет етеді.

1.4.3.1 Бірөлшемді сызықты басқару

ПИД-реттеуішпен биіктікті басқару үшін бірөлшемді жүйеде квадрокоптердің вертикалды бағытта қозғалу траекториясын қарастырамыз. Уақыт бойынша орын ауыстыру x(t).



1.10 сурет – Биіктікті басқару

Квадрокоптер үдеуінің теңдеуі:

$$\sum_{i=1}^{4} k_F\omega_i^2 + mg = ma \tag{1.7}$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} \tag{1.8}$$

Бұл жерден кіріс мәнді анықтайтын теңдеуді аламыз:

$$u = \frac{1}{m}\left[\sum_{i=1}^{4} k_F\omega_i^2 + mg\right] \tag{1.9}$$

$$u = \ddot{x} \tag{1.10}$$

Квадрокоптердің x(t) ұшу нүктелері $x_к(t)$ керкеті траектория бойымен өтуі үшін басқратын u(t) кіріс функциясын анықтау қажет.

Ол үшін, біріншіден қателікті тауып, содан кейін оны экспоненциалды түрде 0-ге ұмтылдыру керек. Қателік керекті траектория мен ұшып өткен траектория арасындағы айырмашылықпен анықталады.

$$e(t) = x_к\,(t) - x(t) \tag{1.11}$$

Қателікті 0-ге ұмтылдыру үшін келесі теңдеуді қолданамыз:

$$\ddot{e} + K_d\dot{e} + K_p e = 0, \tag{1.12}$$

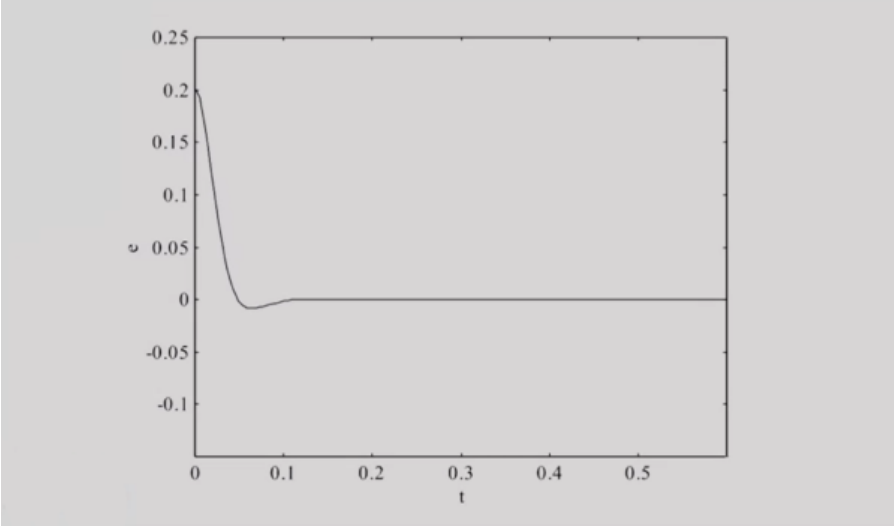
мұнда K_d – дифференциалдау коэффициенті;

K_p – пропорционалдау коэффициенті.

Бұл жерде, егер K_d және K_p мәндерін дұрыс алып, оларды оң мән ретінде қарастырсақ, қателікті экспоненциалды түрде төмендете аламыз. Сонымен келесі түрдегі теңдеуді қолдануға болады:

$$u(t) = \ddot{x}_k(t) + K_d \dot{e(t)} + K_p e(t) \tag{1.13}$$

Бұл теңдеу арқылы келесі сұлбаны аламыз:



1.11 сурет – Қателіктің сұлбасы

1.4.4 Соқтығысуды болдырмау және кедергілерді анықтауға арналған дрондар

Кедергілерді анықтау және соқтығысуды болдырмау датчиктерімен жабдықталған дрондар тұтынушылық, сондай-ақ кәсіби секторларда кеңінен тарайды. Биылғы жылы соқтығысудың алдын алу технологиясы бар ұшқышсыз ұшу аппараттарының үлкен саны пайда болды.

Бұл кедергілерді анықтау және болдырмау технологиясы дронның алдындағы объектілерді анықтайтын датчиктерден басталды.

Қазіргі кезде, DJI, Walkera, Yuneec және басқалардың соңғы дрондарының алдыңғы, артқы, төменгі және бүйірлік кедергілерді айналып өту датчиктері бар.

Таңқаларлық, бірақ дрон өндірушілер кедергілерді анықтау датчигінің тек бір түрін ғана пайдаланбайды. Өндірушілер кедергілерді анықтау және соқтығысуды болдырмау жүйесін құру үшін түрлі датчиктерді бірлесіп қолданады.

Әртүрлі дрондар келесі кедергілерді болдырмау датчиктерін бөлек немесе үйлесімде қолданады:

Стерео бақылау;
Ультрадыбыс (Гидролокатор);
Ұшу уақыты;
Лидар;
Инфрақызыл;

Монокулярлық бақылау.

1.4.4.1 Кедергілерді анықтау және болдырмау үшін SLAM технологиясы

SLAM – бұл робот немесе құрылғы өз ортасының картасын жасап, нақты уақытта осы картада дұрыс бағдарлануы мүмкін болатын процесс. Бұл күрделі міндет және қазіргі уақытта SLAM технологиялық зерттеулер мен жобалаудың алдыңғы жағында.

SLAM технологиясы алдымен қолданыстағы қоршаған ортаның картасын жасау арқылы жұмыс істейді. Ұшқышсыз немесе робот сияқты құрылғы бұрыннан бар карталарға бағдарламаланған. Бұл карта содан кейін робот немесе ұшқышсыздың қоршаған ортаға қарай жылжуына қарай нақтыланады.

Бұл технологияның шынайы проблемасы дәлдік болып табылады. Өлшеулер роботпен немесе дронмен өзінің кеңістігіне қарай қозғалғанда үнемі жүргізілуі тиіс және технология құрылғы қозғалысымен де, өлшеу әдісінің дәлсіздігімен де жасалатын "шу" ескерілуі тиіс.

Автономды көлік құралдары SLAM технологиясын негізгі қолдану болып табылады. Алайда, аз айқын қолдану бар технологиялар мен қосымша шындық әлемде болуы мүмкін. Google Glass пайдаланушының жақын орналасқан жерін алу үшін GPS деректерін пайдалана алады, ал, ұқсас болашақ құрылғысы әлдеқайда күрделі пайдаланушы қоршаған ортасының картасын құру үшін SLAM технологиясын пайдалана алады. Бұл пайдаланушы құрылғыға қарап түсіну қамтуы мүмкін. Ол пайдаланушы бағдарға, дүкен сөресіне немесе жарнамаға қараған кезде тануы мүмкін, және бұл ақпаратты қосымша шындықты қолдану үшін пайдалана алады. Бұл мүмкіндіктер алыс көрінуі мүмкін болса да, MIT жобасы SLAM technology құрылғысының алғашқы мысалдарының бірін әзірледі.

1.5 Квадрокоптердің қолданылуы

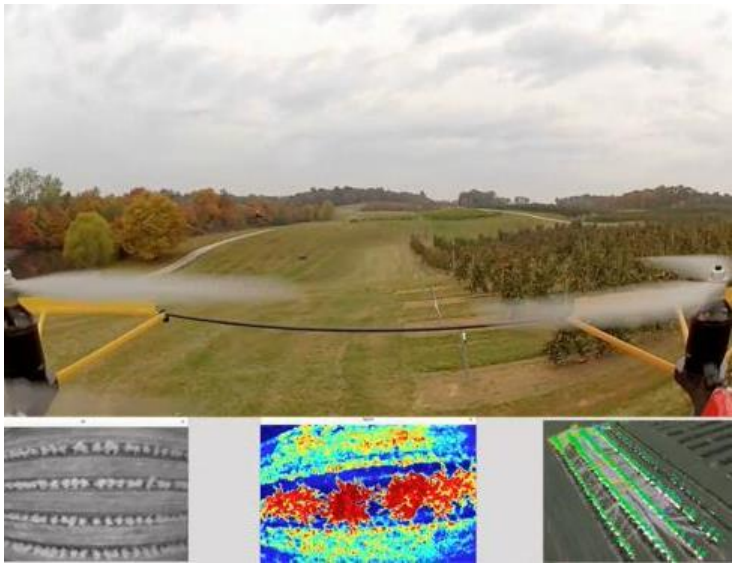
Алдымен ауыл шаруашылығын қарастырсақ, автономды дрондарды алма бақтарын арнайы дақылдардың көмегімен өндірістің тиімділігін қалай арттыруға болатынын көру үшін пайдаланамыз. Осылайша, осыған ұқсас роботтар дақылдардың арасында және егін сызығының үстінен өтіп, өсімдікте өсіп келе жатқан әрбір өсімдіктер мен жемістер туралы үш өлшемді ақпарат ала отырып, бақтарды патрульдей алады.

Егер төмендегі үш картаға қарасақ, квадрокоптердің өсімдіктерді бақылауын көреміз, онда төменгі сол жақтағы сурет инфрақызыл камера арқылы алынады. Оң жақ төменгі бұрышында орналасқан сурет роботтың жоғарғы бөлігіндегі камералардың лазерлік датчигінің көмегімен алынады. Ол үш өлшемді ақпаратты ұсынады және әрбір өсімдік туралы көлемді метрикалық ақпарат береді. Төменгі ортасында орналасқан карта - бұл NDVI картасы, ол шын мәнінде әр өсімдіктің тіршілігі туралы хабарлайды.

Сонымен бірге, егер қысқа уақыт ішінде үлкен аумақты қамтуды керке болса, нақты уақыт режимінде осы ақпаратты жинай отырып, бір-бірімен

ынтымақтасатын бірнеше көлік құралдарын пайдалануға болады. Осылайша, мұндай машиналар фермерлерге жекелеген өсімдіктердің үлгілерін алуға мүмкіндік бере отырып, қандай өсімдіктер ерекше назар аударуды қажет ететінін тани отырып, дәл егіншілік туралы біздің түсінігімізді өзгерте алатын ақпаратты ала алады. Түсімділікке баға беру және қандай өсімдіктерді және жылдың қай уақытында суару керектігін анықтайды.

Осыған ұқсас дрондар құрылыс индустриясында да орын табады. Олар ғимараттардың құрылысы уақытында олардың үш өлшемді картасын ала алады. Бұл ғимарат иесіне жұмыс барысын спецификациямен салыстыра отырып, жұмыс барысын бақылауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ осы ғимараттарды салу кезінде ресурстарды бөлу жоспарын жасауға мүмкіндік береді.



1.13 сурет – Үш айналудың тізбегі

Құрылыста дрондардың болуы саладағы елеулі өзгерістерді алып келді. Бұл өзгерістер ұзақ әрі көпуақытты салдарға әкелетін болады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары жердегі бақылаудың дәстүрлі әдістерін тез ығыстырады. Ұшқышсыз ұшу аппараттары еңбек шығындарын және дәл түсірілімдерді өндіруге кететін уақытты айтарлықтай қысқартады. Ұшқышсыз ұшу аппараттары осы процеске байланысты адам қателіктерінің көп бөлігін жояды және дәстүрлі әдістерге қарағанда әлдеқайда аз уақыт ішінде қажетті деректерді басып алуға қабілетті.

Жұмыс орындарын инспекциялау кезінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану, сондай-ақ көптеген қауіп-қатерлерді жою есебінен жұмыс орындарының қауіпсіздігін күрт арттыруды білдіреді. Жүктерді әуемен тасымалдау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану компанияларға күрделі инспекция жүргізуге және жұмыс орнынан кіретін және шығатын нәрсенің барлығын бақылауға мүмкіндік береді. Бұл ақша мен уақытты үнемдейді, сондай-ақ жұмыс алаңының қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Дрондар жұмыс орындарында тамаша төзімділік пен интелектті қамтамасыз етеді. Олардың деректерді жинау және хабарлау қабілеті оларға жұмысты тезірек аяқтауға мүмкіндік береді. Болашақта ұшқышсыздар ірі жобалармен байланысты одан да интегралды міндеттерді өзіне ала алады. Олар көпөқабатты ғимараттар салу үшін қажетті уақыт пен шығындарды қысқартуға дайын.

Ұшқышсыздар жиі жұмыс орындарында тұрақты байланыс ұстап тұру құралы ретінде қолданылады. Орнатылған камералармен жабдықталған ұшқышсыз ұшу аппараттары байланыс пен бақылауды жеңілдету үшін бейнематериалдар ұсына алады. Олар компанияларға өз қызметкерлері мен жұмысшыларын бақылауға мүмкіндік береді және басшылар мен инвесторлар үшін аса құнды құрал болып саналады. Қазір байланыс және басқару саласында нақты уақыт режимінде ұшқышсыз ұшу аппараттарынан деректерді жинау мүмкіндігіне байланысты тиімділіктің күрт артуы байқалуда. Деректерді жинаудағы кідірістерді қысқарту күн сайын өсуде. 24/7 жұмыс процесін басқару мүмкіндігі теңдессіз болып табылады және құрылыс процестерінің барлық түрлеріне айтарлықтай әсер етеді.

Мұндай роботтар тарихи көрікті жерлер туралы үш өлшемді ақпарат алу үшін археологияда қолданылады. Ұшқышсыз Ұшу апараттары түсірген пейзаждар жиынтығы бірнеше мың жыл бұрын салынған ғимараттар туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Олар адам қолындағы камералар түсіре алмайтын, көркем суреттер түсіру үшін де қолданылады.

2 Конструкторлық бөлім

2.1 Автономды дронды құрастыруға қажетті компонентттер

Дрондардың қазіргі заманғы модельдері негізінен ойын-сауыққа арналған қарапайым конструкцияға да, осы ұшу аппараттарын шын мәнінде кәсіби құрылғыларға айналдыруға мүмкіндік беретін күрделі құрамдас элементтерден де тұруы мүмкін.

2.1 сурет – Квадрокоптердің рамасы

Дронның ішкі құрылым модельдері өзгеше болуына қарамастан, оның негізгі құраушылары әрдайым өзгеріссіз болып қала береді. Әрбір дронды жалпы түрде келесі бөліктерге бөлуге болады:

- қозғалтқыштар;
- айналдыру реттегіштері;
- ауа винттері;
- ұшу контроллері;
- рама.

2.1.1 Квадрокоптердің рамасы

Шағын квадрокоптерге арналған рама – бұл жарыс дроны үшін қатты қаңқа ретінде қызмет етеді, әртүрлі компоненттер мен қозғалтқыштарды өзіне орналастырады. Квадрокоптер үшін мінсіз рама жеңіл және берік болуы керек, бірақ әдетте бұл квадрокоптерде үшін қандай да бір құрбандықты талап етеді, мысалы, баланс. Раманың конструкциясы мен материалы оның апатқа қаншалықты төзімді екенін анықтайды. Қатты рамалар әдетте ауыр, бірақ ауада тұрақты, ал жеңілі керісінше, жеңіл және тез.

Жеңіл рама ауыр салмақты ұстап тұру үшін энергия шығындарын қысқарту есебінен ұзақ ұшуға мүмкіндік береді, командаларға жылдам жауап береді және жылдам үдетеді. Бірақ бір кемшілігі – жеңіл рамалар жоғары діріл мен икемділіке бейім, бұл ұшу контроллеріне және ПИД-қа әсер етуі

мүмкін, ПИД мәндерін келтіру күрделі болады. Рама аэродинамика, салмақты бөлу, қаттылық және т. б. сияқты ұшу сипаттамаларына үлкен әсер етеді.

2.2 сурет – Квадрокоптердің рамасы

Жарыс квадрокоптері үшін рамалар - бұл тек жай ғана қабатты карбон емес (көміртекті, көміртекті талшықтар). Раманың конструкциясы дрон компоненттерін орнату және оларды бір бүтін етіп қосу қаншалықты оңай екенін анықтайды. Рама дизайнерлері жиі рамаларды бір мезгілде өзіне қажеттінің барлығын сыйғызатын және компоненттерді қорғайтын пішіндерін қолданады.

2.1.1.1 Квадрокоптер рамасының материалы

Жарыс квадрокоптерлері үшін рама кез келген материалдардан жасалуы мүмкін: ағаш, 3D принтер пластик, құю пластик, шыны, алюминий. Бірақ ең танымал және ұсынылған материал – карбон, ол жеңіл және өте берік, сондай-ақ арзан:

- Жеңіл салмақ – бұл үлкен жылдамдық, тамаша маневрлік және апат кезінде төмен жойғыш инерция;
- Беріктігі – карбон өте күшті және берік материал;
- Қаттылық – ұшу тұрақтылығы мен ұшу тиімділігі үшін өте маңызды.

Бірақ карбонда да белгілі бір кемшіліктер бар:

- Карбон – электр өткізгіш материал. Егер модельде жалаңаш сымдар бар болса, бұл рама арқылы қысқа тұйықталуға әкелуі мүмкін;
- Карбон радио жиіліктерді өткізбейді, мысалы, 2,4 ГГц және 5,8 ГГц, сондықтан, антенналарды корпуста жасырмай, оларды сыртқа шығару қажет.

2.1.1.2 Квадрокоптер рамасының құрылымы мен өлшемі

Мини-дронға арналған раманы 2 бөлікке бөлуге болады: дене және сәулелер. Рама денелеріне ұшу контроллерін, PDB (қоректендіруді ажырату платасы), камераны және т.б. қоса алғанда, электрондық компоненттер орналастырылады. Әдетте дене төменгі және жоғарғы пластинадан және

кейбір аралық кішкентай пластиналардан тұрады, әдетте дене бұранда тік тіреулермен бекітіледі.

Сәулелер – қозғалтқыштар мен айналым реттегіштері бекітілетін орын. Сәулелер әдетте 3-тен 4 мм-ге дейін қалың қабатты карбоннан жасалады, бұл беріктігі мен төзімділігі үшін қажет. Қазір 5 және тіпті 6 мм қалыңдықты сәулелерді жиі жасайды, өйткені дрон жылдамдығы мен қуаты да өсуде.

Раманың өлшемі (кейде доңғалақ базасы деп аталады) бір қозғалтқыштан екіншісіне диагональ ұзындығы, миллиметрмен есептеледі(2.2 сурет).

Раманың өлшемі осындай компоненттердің өлшеміне әсер етеді:

- пропеллерлерінің өлшемі;
- қозғалтқыштарының өлшемі;
- айналдыру реттегіштерінің қалай қолданылатыны;
- камералармен сәйкестіктері;
- ауаның қарсы күші;
- инерция;
- салмақ.

Раманың өлшемі құрастыру кезінде қолданылатын барлық компоненттерді таңдауды анықтайды. Қуатты квадрокоптер үшін үлкен рама қажет, үлкен пропеллерлер мен үлкен қозғалтқыштар іліп қоюға болады, ал кішкентай рамаларда мұндай жабдықты қоя алмаймыз.

Рамаға қозғалтқыштар сәуленің ең шетіне қойылады, онда бекіту тесігі болады. Қозғалтқыштар орталықтан әрірек болса, инерция моменті соғұрлым көп болады. Қалғандары неғұрлым аз болса, квадрокоптер раманы соғұрлым оңай және жылдам еңкейтеді/бұрады және т.б..

2.3 сурет – Квадрокоптер рамасының өлшемі

Раманың пішіні сәулелердің денемен жалғанғанымен анықталады. Бұл сыртқы түрге әсер етіп қана қоймай, ұшу сипаттамаларына әсер етеді. Бір қарағанда, барлық рамалар бірдей, бірақ іс жүзінде олар әртүрлі. Рама

формасы мен ұшуға әсер ету туралы даулы мәселе – ұшқыштар қауымдастығы сәулелердің түрі ұшу сипаттамаларына қалай әсер ететінін әлі анықтамады.

2.1.1.3 Таңдалған квадрокоптердің рамасы

Біз қолданған раманың түрі – X типті гибрид. Гибридті рамаларда х сияқты сәулелердің қосылыс түрі бар, бірақ дененің Н-рама тәрізді ұзын пішіні кездеседі. Ұшу тұрғысынан қарағанда, осы рамаларда пилоттар айтқандай, ұшу сипаттамалары бойынша олар Н-рама типінен еш айырмашылығы жоқ, себебі массасы бірдей бөлінген. Бірақ, тербеліс берілгендей, денеге сәуледен жүктеменің қалай берілетінін ескеру керек.

Жалпы алғанда, раманы таңдау дронды жинау алдындағы маңызды қадам болып табылады, ол оның қалай ұшатынына, қалай жиі сынатынына, аккумулятор мен экшен-камераны қалай орнатуына және қойылуына әсер етеді.

2.1.2 Квадрокоптердің ауа винттері

Пропеллер не үшін қажет? Қозғалтқыш арқылы тарту күшін тудыру үшін. Әдетте, пропеллерлер 3 критерий бойынша іріктеледі:

- қандай ұшу стилі үшін;
- қандай рама үшін;
- қандай қозғалтқыштар үшін.

Мұнда ұшудың тек 2 түрі бар – жарыс пен түсіру. Түсіру дроны үшін әдетте үлкен және кең пропеллер қажет, оларға үлкен айналу жылдамдығы мен шұғыл екпін қажет емес. Жарыс ипіне тез үдеу болу үшін жылдам айналу және айналудың өзі болу үшін шағын және жұқа пропеллерлер қажет.

Әдетте, пропеллер атауында қандай рама сынамасы үшін екені жазылады, мысалы, 250 рама үшін, 250 миллиметр өлшемдегі рама жарамды, бірақ олар 220 рама үшін де қолайлы.

Әлсіз қозғалтқыш үшін үлкен және кең пропеллерлер сәйкес келмейді, ол оларды тез айналуға және айналуды ұстап тұруға жарамайды, нәтижесінде үлкен жүктемемен қызып, күйіп кетеді. Мысалы, егер 2205 2300KV қозғалтқыштары болса, онда 5045 пропеллерлері болады. Бірақ мұндай қозғалтқыштар 210-250 мм рамалары бар миникоптерларға қойылады, ал бұл сандарды пропеллер атауынан табуға болады. Жалпы, барлығы өзара байланысты.

Пропеллерлер келесі түрде болады:

- екі қалақты;
- үш қалақты;
- төрт қалақты;
- бес қалақты.

Ауыр және жарыс үшін 2 және 3 қалақты пропеллерлер қолданылады.

2.4 сурет – 2 және 3 қалақты пропеллерлер

2.1.2.1 Ауа винттерінің эксплуатациясы

Бұл жерде екі маңызды фактор бар:

- аккумулятордың токты беру жылдамдығы;
- қозғалтқышты үздіксіз қанша ток тұтынуы мүмкін.

Аккумулятор бойынша: дұрыс таңдалмаған пропеллерлер, мысалы, тым үлкен немесе қуатты қозғалтқыштар үшін, ал әлсіз болса, токтың тым үлкен тұтынуына әкеледі, ал бұл батареяға теріс әсер етеді. Бұл келесідей болады: токтың көп тұтынылуына байланысты, батарея қызады, одан кейін (қатты қыздырғаннан кейін) батарея банкалары кеңейтіледі — бұл құрылымның зақымдануы және істен шығуы.

Қозғалтқыштар бойынша: егер олар қызып кетсе, магниттер желімделген желім балқи бастайды, қысқа тұйықталу болады және қозғалтқыш жанады. Сондай-ақ, моторларда жоғары температураны көтермейтін неодимды магниттер қолданылады. Мәселен, егер қозғалтқыш 80 градус және одан жоғары қыздырылса, магниттер өзінің магниттік өрісінің бір бөлігін жоғалтады, содан кейін қозғалтқыш жұмыс істеуді тоқтатады. Қызып кету ұзақ үлкен жүктеме, үлкен ток беру, діріл, дұрыс таңдалмаған пропеллер салдарынан болады.

2.1.3 Квадрокоптердің қозғалтқыштары

Квадрокоптердің қозғалтқышын таңдау үшін, біріншіден, квадрокоптердің салмағын есептеу қажет. Әрине, тек жоспарласақ, соңғы салмақты жасау қиын және тауарларды сатушылардың деректеріне сүйене таңдау керек.

2.1.3.1 Квадрокоптердің қозғалтқыштарының құрылымы мен жұмысы

Статор – бұл өзекшенің айналасында оралатын ұзын жұқа сымдардың 3 фазасынан тұратын қозғалтқыш орамасы. Сымдар орау және жұмыс кезінде қысқа тұйықталудың алдын алу үшін эмальмен жабылған. Сым арқылы өтетін ток магнит өрісін жасайды. Сым бір нәрсе айналасында оралған кезде, магнит өрісі артады. Ток неғұрлым көп болса, магнит өрісінің күші соғұрлым көп және қозғалтқыштың айналдыру сәті соғұрлым көп. Алайда, үлкен токтар ораманы қатты қыздырады,әсіресе мұндай жұқа сымдар мен қорғаныс

эмалі қатты қызған кезде балқуы мүмкін, сонда қысқа тұйықталу болады және қозғалтқыш жұмыс істемейді.

Неодимді магниттер – бұл сирек кездесетін металдардан жасалған магниттер,олар кішкентай, бірақ өте күшті магниттік өрісті жасайды. Олар эпоксидті шайырмен немесе мотор корпусына цианокрилатпен желімделген.

Қозғалтқыш корпусы магниттер мен орамды қорғайды. Әдетте ол алюминий сияқты жеңіл металдан жасалған. Ең озық қозғалтқыштардың желдеткіш ретінде жасалған корпустары бар, яғни айналдыру кезінде оны салқындату үшін өзекшенің орамына ауаны айдайды.

Мотордың білігі жоғарғы бөлігіне қатты бекітілген. Бұл мотордың жұмыс компоненті, ол пропеллерге айналу моментін жібереді.

Магниттер мен орама өзара әрекеттесудің және олардың арасындағы магнит өрісін жасаудың арқасында қозғалмалы күш жасайды. Бұл тұрақты токтың белгілі бір орамаға берілуінің арқасында жүреді (бізде 3 фаза бар, яғни ораудағы 3 жеке сымдар), ток қысқа уақыт аралығында белгілі бір орамдарға, секундтың мыңдық бөлігіне беріледі және тоқтайды. Бұл үдерісті ESC-реттегіштер толығымен басқарады, бұл моторлардың миы, олар тоқ бергенде, қашан және қандай жиілікпен жұмыс істеуді шешеді. Коллекторсыз қозғалтқыштар 3 фазалы болады.

2.5 сурет – Қозғалтқыштың құрылымы

Коллекторсыз қозғалтқыштар жарыс және кәсіби дрондарда қолданылады. Үлкен қуаттармен, маңызды айналу моментімен және тарту күшімен ерекшеленеді. Мұндай қозғалтқыштар неғұрлым ықшам, салмағы бойынша бірдей, қозғалатын бөліктердің минимумы есебінен, сондай-ақ мойынтіректерде де берік болуы тиіс.

Қозғалтқыштардың маркировкасы:

- KV – минутына вольтқа айналдыру, саны көп болса, қозғалтқыш күшті. Мысалы, 2300KV 100км/сағ;
- A2313 / 16T – A әрпі – қозғалтқыш класы. 23-магнит өткізгіш диаметрі мм, жинақтың қалыңдығы 13мм, 16-орам. Қозғалтқыштың орамдары аз болса, соғұрлым KV көп.

2.1.3.2 Квадрокоптердің қозғалтқыштарының салмағы мен тарту күші

Мультироторлы квадрокоптерде қозғалтқыштар әдетте дронның салмағының 50% - ын көтере алады, яғни дронның салмағы 400 грамм, яғни ол тағы да 200 грамм пайдалы жүкті көтере алады, сонымен бірге газ стик ортасында болады. Ал мұндай квадрокоптер үшін қозғалтқыштардың жалпы тартымы 800 граммнан кем болмауы тиіс.

Қуат қоры – квадрокоптерді жүктемеге, әсіресе желге немесе күрт маневрлер кезінде толық басқару мүмкіндігі болу үшін маңызды ереже. Түсіру дрондары үшін салмағы 2:1 кем емес, жарыс үшін 2 есе көп тартқыш қоры болуы тиіс.

Жарыс квадрокоптерлері үшін тартымы 1 кг кем емес, өте маневрлі және қуатты қозғалтқыштар қажет, өйткені жарыс квадрокоптеріндегі ұшулар өте агрессивті және жылдам, ұшу траекториясы үнемі өзгеріп отырады.

Егер түсірілім квадрокоптері үшін үлкен тартымдылығы бар қозғалтқышты таңдасақ, онда оған, мысалы, 2 аккумуляторды іліп қоюға болады, біреудің орнына 20 минуттан ұзақ ұшуға болады, бірақ бұл уақыт тікелей қосылған салмаққа пропорционалды түрде ұлғаяды және тиісінше моторлардың тарту шегі азаяды.

2.1.3.3 Таңдалған квадрокоптердің қозғалтқыштары

Emax-тан жаңа RS2205 KV2300 Racing Edition қозғалтқыштары – біз көрген ең жақсы жарыс қозғалтқыштарының бірі.

Олар N52 неодимді магниттерді пайдаланады және қозғалтқыш температурасын айтарлықтай төмендететін белсенді салқындату қабырғалары бар. Олар өте жеңіл конструкциялары бар және жақсы өнімділік үшін жапон подшипниктерін пайдаланады.

Техникалық сипаттамалары:

- негізі: 12N14P;
- ұяшықтар саны: 3-4S;
- ұзындығы: 31,7 мм;
- білік: M5;
- KV: 2300;
- максималды тарту: 1024 г;
- диаметрі: 27,9 мм;
- ұсынылған пропеллер: HQ5045BN;
- салмағы: 30 г.

2.1.4 Квадрокоптердің айналдыру реттегіштері

ESC айналдыру реттегіштері атауына қарай – ұшу контроллерінің командаларына бағдарланып, қозғалтқыштардың айналым жылдамдығын реттейді. Қозғалтқышты жылдам айналдырған сайын, соғұрлым ол тартым жасайды, соғұрлым квадрокоптер тез ұшады.

ESC айналым реттегіштері қозғалтқыштармен өзара іс-қимыл жасайды, дронның жылдамдығы мен тартымына, сондай-ақ ауада оның мінез-құлқына әсер етеді.

Ұшу контроллері арнайы протокол арқылы қозғалтқышқа газды қосу немесе азайту қажет екені туралы айналымды реттегішке деректерді жібереді. Бірақ квадрокоптердің қозғалтқышына кернеу беруге болмайды, себебі ол үш фазалы және орамның белгілі бір бөліктеріне кернеу беру қажет. Бұл айналым реттеушісі айналысады. Онда Мосфеттер (MOSFET) деп аталатын микросхемалар бар және бұл платалар кілттердің рөлін атқарады — ораудың белгілі бір учаскелеріне ток беруді ашады және жабады.

Жоғарыда айтылғандай, қарым – қатынас үшін ұшу контроллері-айналым реттегіші хаттамалар қолданылады. Төменде тізімдегі ESC айналым реттегіштері Dshot1200, Dshot600, One shot 125, Multishot сияқты әртүрлі хаттамаларды қолдайды. Олар деректермен алмасу жылдамдығымен ерекшеленеді, жылдамдық жоғары болса, сіздің командаға қозғалтқыштарды кері қайтару тез болады.

2.6 сурет – Айналдыру реттегіштері

2.1.4.1 Квадрокоптердің айналдыру реттегіштерінің құрылымы

Айналым реттегіштерінің құрылымы тым күрделі емес, олар келесілерден тұрады:

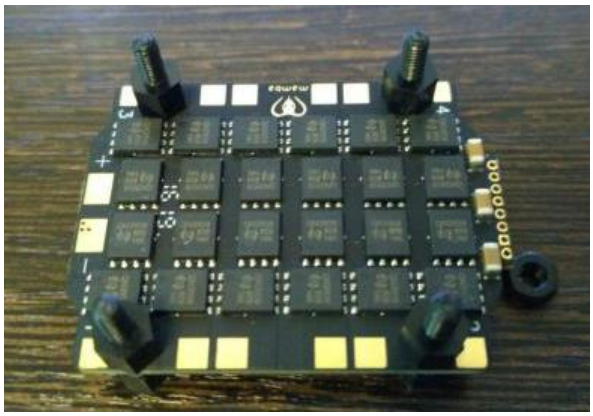
- MOSFET;
- қақпа драйвері;
- микроконтроллер;
- кернеу реттегіші.

MOSFET (metal-oxide-semiconductor field Effect transistor) — оқшауланған қақпағы бар далалық транзистор. Ол сақтандырғыштың кілті ретінде жұмыс істейді — MOSFET сигналын береді-статордың белгілі бір аймағына ашылады және ток береді, онда магниттерді орау (статор) белгілі бір бөліктердегі кернеуді біртіндеп өзгертетіндіктен, магниттер статордың белгілі бір бөлігіне белгілі бір уақыт мезетінде тартыла бастайтындай етіп, қозғалтқыш қоңырау айнала бастайды-осылайша, қозғалтқыш қоңырау айнала бастайды. Мұның бәрі секундта бірнеше рет жүреді.

Қақпақтың драйвері жоғарыда айтылған мосфеттардың бірнешеуін басқарады. Ол дала транзисторы ашылғанда, жабылғанда анықтайды. Айналымдағы реттеуіштерде өндіруші қозғалтқыштар белсенді тежеу функциясын пайдаланған кезде басқаруда тиімді болатын арнайы

драйверлерді пайдалана алады. Ең дұрысы, қозғалтқыштың әрбір фазасы үшін өзінің қақпа драйвері пайдаланылуы тиіс, сондықтан Fortio компаниясы 3 тәуелсіз қақпа драйверін біріктіретін BLHeli_32 үшін fd6288 микросхемаларын өндіруді бастады.

Айналым реттегіштері 4-1 және жеке болады. 4-1 қазір танымал болуда, өйткені бұл ықшамдылық және оларды ұшу контроллерімен бірге орнатуға болады және мұндай айналым реттегіштері әдетте қоректі бөлу төлемімен (PCB) біріктірілген, бұл тағы да орын мен салмақты үнемдейді. Олар осылай көрінеді:



2.7 сурет – 4-1айналдыру реттегіштері

Айналымның жекелеген реттеуіштері жеке қоректендіруі және қосылған компоненттері бар оқшауланған платаларды білдіреді:

2.8 сурет – Жекеленген айналдыру реттегіштері

2.1.4.2 Таңдалған айналдыру реттегіші

Бұл дипломдық жұмысқа FVT LittleBee 30A ESC айналдыру реттегіші қолданылды(2.6 сурет). Оның сипаттамалары келесідей:

- кіріс кернеуі: 2-6S Lipo
- BEC шығу: жоқ
- ұзақ ток: 30 A, үзілу тогы: 35A-10C дейін
- өлшемі: 35 * 17
- салмағы: 11 г (сымды қоса алғанда)
- қаптама: BLHELI

2.1.5 Квадрокоптердің ұшу контроллері

Ұшу контроллері – квадрокоптердің миы, шын мәнінде миникомпьютер. Олар үш топқа бөлінеді:

- жарысқа арналған ұшу контроллерлері;
- видео-түсірілімге арналған ұшу контроллерлері;
- автономды ұшуға арналған ұшу контроллерлері.

Әрбір контроллер барлық жабдықты басқаратын бағдарламалық қамтамасыз етуге ие. Ең танымал контроллерлерді CleanFlight, Betaflight және Raceflight сияқты арнайы бағдарламалар арқылы программа жазуға және икемді реттеуге болады.

Жарысқа арналған ұшу контроллері – әдетте, ең аз кеңейтілген функциялары бар, өйткені барлық компастар мен барометрлер жарыс кезінде ғана пайдаланылмайды. Гироскоп және акселерометр кеңістіктегі дронның ағымдағы орналасуын анықтайды. Барометр қысым бойынша биіктікті (биіктікті ұстап тұру үшін, мысалы), ұшу бағытын ұстап тұру үшін компас анықтайды;

Видео-түсірілімге арналған ұшу контроллерлері барлық датчиктер жиынтығын қолдайды (GPS, телеметрия, OSD және т. б.).);

Автономды ұшуға арналған ұшу контроллерлері. 3DR Pixhawk — автономды ұшу үшін ең танымал контроллер. Оның бортында резервтік жүйе бар, сондай-ақ ол дрон үшін барлық танымал датчиктерді қолдайды.

2.1.5.1 Ұшу контроллерінің процессоры

Процессор келіп түсетін деректердің қаншалықты тез өңделуіне байланысты бөлінеді. Процессорлар ұрпақ бойынша бөлінеді: F1, F3, F4, F6. Мұнда, 2-ші және 6-ші ұрпақтар түсірілген. Олар жұмыс жиілігі және архитектурасымен ерекшеленеді:

- F1 – 72 MHz;
- F3 – 72 MHz;
- F4 – 168 MHz;
- F7 – 216 MHz.

Қазір барлық жаңа ұшу контроллерлері 7-ші буын процессорымен жеткізіледі, өйткені сүзгілер мен PID өңдеу қиынға түседі, прогресс осы саладағы километрлік қадамдармен қадам басады. Бірақ көптеген ПК ұшқыштарында 3-ші буын процессорларында, өйткені F3 тұрақты жұмысы бар жаппай ұрпақ болды.

2.1.5.2 Ұшу контроллерінің инерциалды өлшеу блоктары

Гироскоп және акселерометр – өте маңызды датчиктер, олар кеңістіктегі квадрокоптердің жағдайын анықтайды, сондай-ақ ол қозғалады ма, Бұл деректерді процессорға жібереді, ал ол қандай қозғалтқышқа газды табуды, ал керісінше, айналымдарды азайтуды шешеді.

Акселерометр кеңістіктегі тұрақтандырғыштың рөлін атқарады, тіпті осындай ұшу режимі – "тұрақтандыру режимі" бар, онда квадрокоптерді ауаға аудару мүмкін емес және ол әрдайым жерге параллель ұстап тұрады (егер тек пульттегі стиктерді босатса). Тәжірибелі ұшқыштар АКРО режимінде ұшады, сондықтан олар акселерометрді ажыратады немесе оны өте сирек қолданады.

Гироскоп кеңістіктегі квадрокоптердің орналасуын анықтау рөлін атқарады.

Нақты гироскоппен ұшу контроллерін таңдау кезінде ескеру қажет екі критерий бар, бұл жұмыс жиілігі және шуылға сезімталдық (электр және механикалық). Бүгінгі таңда ең танымал және сенімді MPU6000 гироскоптары болып саналады, олардың жұмыс істеу жиілігі 8KHz, сондай-ақ олар шуылға сезімтал емес.

ICM гироскоптар сериясы 32KHZ арналған MPU6000 қарағанда жақсы және тегіс жұмыс істейді, бірақ шулы Қозғалтқыштар мен айналым реттегіштер ICM өнімділігі MPU6000 қарағанда төмен болады. Мысалы, ICM20602 Raceflight Revolt V2 немесе ICM20689 kakute F4, осы гироскоптың екеуі де 32khz жиілігінде жұмыс істей алады, бірақ көп шу шығаратын айналым реттегіштерімен олар MPU6000 қарағанда нашар жұмыс істейді. Осы себепті ұшу бақылаушыларына шуды ішінара жою үшін желілік сүзгілер орнатылады.

BMP280 – бұл ұялы қосымшалар үшін әсіресе қолайлы абсолютті барометрлік қысым сенсоры. Оның шағын өлшемдері мен төмен қуат тұтынуы оны ұялы телефондар, GPS модульдері немесе сағаттар сияқты батареяны қоректендіретін құрылғыларда пайдалануға мүмкіндік береді. BMP280 моделі жоғары дәлдікпен және сызықтық, сондай-ақ ұзақ мерзімді тұрақтылықпен және ЭМЖ-ға жоғары төзімділігімен ерекшеленетін Bosch қысымның пьезорезистивті датчиктерінің тексерілген технологиясына негізделген. Құрылғының көптеген опциялары жоғары икемділікке кепілдік береді. Құрылғы қуат тұтынуы, ажыратымдылығы және сүзгінің өнімділігі тұрғысынан оңтайландырылған.

2.1.5.3 Ұшу контроллерінің UART порттары

UART аббревиатурасы ағылшын тілінен (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) — әмбебап асинхронды қабылдағыш/таратқыш. UART портына қабылдағыш, түрлі телеметрия және т.б. сияқты әртүрлі перифериялық құрылғылар қосылады. Порт деректерді алмасу үшін екі контакт бар — қабылдау және беру.

UART порттар көп болмайды —квадрокоптер неғұрлым икемді болса, сондай-ақ олар сынған жағдайда порттар бір-бірін толықтырады. Бірақ порттардың саны ұшу контроллерінің төлем мөлшеріне және оның компоненттерінің қалай орналасқанына, сондай-ақ ДК қолданатын процессор түріне байланысты. 3-ші және 4-ші буын ұшу контроллерлері (F3-F4) 3 — тен 5-ке дейін UART, ал 7-ші буын-7 және одан да көп.

2.1.5.4 Ұшу контроллеріндегі OSD

OSD – өте маңызды және қажетті функция. OSD бейне ағындарға әр түрлі квадрокөтергіш сенсорларынан қосымша ақпарат береді, мысалы, батарея кернеуі, биіктігі, жылдамдығы және т.б. MinimOSD — мен кездескен кез келген адам қандай қиындықтарды біледі — бұл төлемді қосу және теңшеу, сондай-ақ аз қосу, оны программатормен бағдарламалау керек, және

тек осы OSD төлемінен кейін Betaflight-қа теңшеуге болады. Сондықтан енгізілген OSD бар ұшу контроллерлерінің пайдасына таңдау жасау керек.

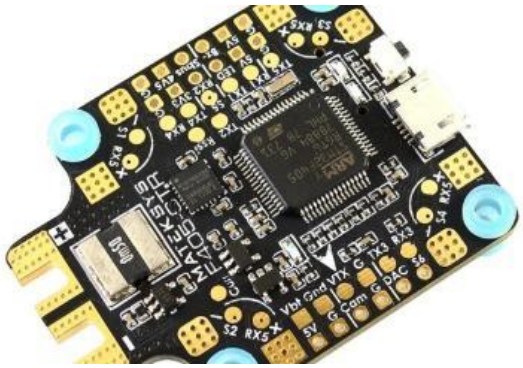
Мұнда OSD-да пайдаланылатын ең көп таралған OSD деректер түрлері келтірілген:

- Таймер: бұл ұшу уақыты немесе қуат қосу уақыты болуы мүмкін;
- Батарея кернеуі: жерге келгенде білу үшін кернеуді оқу және көрсету;
- Ток: мАс ток пайдалану, мүмкін 80% дейін;
- RSSI: радио сигнал деңгейі, әдетте, пайызбен көрсетіледі;
- Ескерту: батареяның кернеу деңгейі немесе сыйымдылық сияқты орнатылған дабыл сигналдары белгілі бір мәндерге жеткенде ескертеді;
- Ұшу режимі: квадрокоптердің ағымдағы ұшу режимін көрсетеді;
- GPS: квадрокоптердің жер бетіндегі жылдамдығын, оны іске қосу нүктесінен қашықтықты және үйдің орналасуын тексереді.

2.1.5.5 Таңдалған ұшу контроллері

Бұл дипломдық жұмысқа matek f405-ctr ұшу контроллері қолданылды. Оның сипаттамалары келесідей:

- MCU: 168 МГц STM32F405;
- IMU: MPU 6000 акселерометр / гироскоп (SPI);
- Baro: BMP280 (I2C);
- Экран мәзірі: BetaFlight OSD w / at7456e чип;
- Blackbox: MicroSD (SD /SDHC);
- VCP, UART1, UART2, UART3, UART4, UART5;
- SBUS (UART2-RX) енгізу үшін кірістірілген инвертор);
- PPM / UART Shared: UART2-RX;
- SOFTSERIAL tx2, S5 немесе S6 қосымша;
- S6 немесе DAC камерасын басқару қосымша;
- Smartaudio & Tramp VTX протоколын қолдайды;
- Ws2812 LED таспасы : иә;
- Пейджер : иә;
- RSSI: иә.



2.9 сурет – F405-CTR ұшу контроллері

2.1.6 Квадрокоптердің аккумуляторы

LiPo – литий-полимерлі аккумулятор (Lithium-ion polymer battery). Оның маркировкасын 2.10 суреттен көруге болады.

2.10 сурет – Infiniti 1500mah аккумуляторы

Мұнда,

- 1500 mAh – сағатына миллиамперде өлшенетін батарея сыйымдылығы, сыйымдылығы жоғары болса, квадрокоптер соғұрлым ұзағырақ болады, бірақ батарея салмағы да артады;
- 4S – батареядағы элементтер саны, біздің жағдайда 4 элемент. Ұшқыштар мен радиоәуесқойлар оларды "банка" деп атайды. Әрбір банка шамамен 3.7 V кернеуі бар, ал барлық 4 14.8 В кернеу береді;
- 1P – құрастырудағы блоктар саны, біздің жағдайда 1 блок. Егер 2P жазылса, онда бұл құрастырудағы 2 блокты білдіреді, ал қарапайым тілде-осындай 2 аккумуляторды аламыз, сымдарды плюсті плюске, минусті минуске параллель жалғаймыз және бізде сыйымдылық 1500mah емес 3000 болады, бірақ сол кернеумен 14.8 В.
- 70 C – аккумулятор бере алатын максималды разряд тогы.

2.1.6.1 Таңдалған аккумулятор

Бұл дипломдық жұмысқа MOSEWORTH 1300 mAh аккумуляторы қолданылды. Разрядтау жылдамдығы 30C. Кернеуі 11,1В.

Сыйымдылығы 220 мм-ден 250 мм-ге дейін рамалы дрондар үшін 1500mAh артық болмауы тиіс, өйткені жоғарыда бәрі ауыр болады, дрон маневрлікті жоғалтады, әрі айтарлықтай.

2.1.7 GPS

Нарықта квадрокоптерде пайдалануға болатын түрлі GPS модульдері бар. Бүгінгі таңда ең танымал GPS модульдерінің бірі: Beitian BN-180 және BN-220.

Әдетте GPS модулі ұшу контроллеріне UART интерфейсімен қосылады.

2.1.7.1 Таңдалған GPS

Бұл дипломдық жұмысқа Radiolink TS100 Mini M8N GPS модулі қолданылды. Оның техникалық сипаттамалары:

- өлшемі: 32 * 30 * 12 мм;
- салмағы: 20 г;
- позициялық дәлдігі: параллельді GNSS -пен жұмыс істеу кезінде дәлдігі 50 сантиметр;;

- жылдамдық дәлдігі: 0.1 м/с;
- максималды биіктігі: 50000м;
- максималды жылдамдығы: 515 м/с;
- максималды жеделдету: 4G;
- максималды жаңарту жиілігі: 10 Гц дейін.

2.11 сурет – Radiolink TS100 Mini M8N GPS модулі

2.2 Жер үсті станциясына қажетті компоненттер

ҰҰА (дрон, аэроплан, қайық) мен ноутбук/ұялы құрылғы/жер үсті станция арасындағы телеметриялық байланыс өте пайдалы болуы мүмкін. Дронның ағымдағы күйін, батареяның биіктігін немесе деңгейін алу ғана емес, сондай-ақ сымсыз байланыс осындай мүмкіндік берген кезде де ұшу кезінде дрон параметрлерін жаңарту қажет. OpenLRS сияқты кейбір радио желілер қораптан осындай мүмкіндік береді. Олар мөлдір дәйекті көпірді қамтиды және кез келген дерлік құрылғы оны ұшу диспетчерімен байланыс үшін пайдалана алады. Өкінішке орай, радиобасқарушы жүйелердің көпшілігі мұндай функционалдылыққа ие емес және қосымша телеметрия арналарын пайдалануға тура келеді. Мысалы, 3DR 433 МГц радиобайланыс.

Біз бірдеңені сатып алу немесе өз бетімізше сала аламыз. Жер үсті станциясын дронмен бағдарламалық қамтамасыз ету арасындағы 2-жолақты байланыс үшін сымсыз тізбекті байланыс салуға болады. Менің құрылғыларым осындай болуы керек:

- 433 МГц-тегі жиілікпен байланыс;
- телефон арқылы байланыс;
- мүмкіндігінше арзан.

Компоненттер келесідей жиналуы керек:

- HC-12 433 МГц сымсыз тізбекті модуль;
- Bluetooth HC-06 модулі;

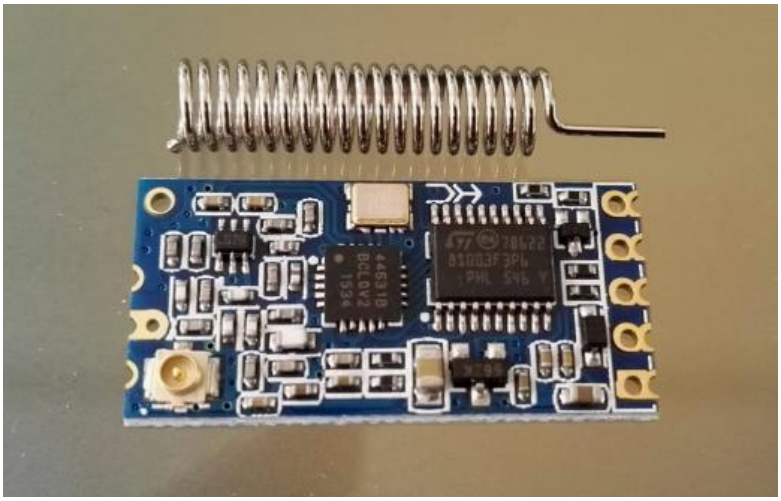
Жер үсті станция - Bluetooth тізбекті қосылыммен сымсыз көпір ретінде әрекет етеді.

2.2.1 HC-12 433MHz сымсыз тізбекті байланыс модулі

HC-12 – бұл ашық кеңістікте 1800 м дейін әрекет ету қашықтығымен 433 МГц тізбекті портымен арзан сымсыз байланыс модулі. Олар SI4463

негізделген. Олардың әрқайсысы Қытайда сатып алу кезінде шамамен $5 тұрады, және олардың 2-і сымсыз UART байланысын құра алады, оны, мысалы, ҰҰА-мен телеметриялық деректерді беру үшін пайдалануға болады.

Ол SI4463 радио жиілік чипіне негізделген, кіріктірілген микроконтроллері бар, AT командаларының көмегімен теңшеуге болады және сыртқы антеннаны пайдалануға мүмкіндік береді. Жұмыс жиілігі 433,4 МГц бастап 473,0 МГц дейін 400 кГц арналарын бөле отырып, 100 арнаға бөлінеді. Ең жоғары шығыс қуаты 100 МВт (20 дБм) құрайды, ал қабылдағыштың сезімталдығы тарату жылдамдығына байланысты -117 дБм-ден -100 дБм-ге дейін ерекшеленеді. Ол 3,2 в-5,5 В қуат көзін қабылдайды және UART (5V safe) 3,3 В және 5 В кернеу құрылғыларымен қолданылуы мүмкін.



2.12 сурет – HC-12

HC-12 сериялық порты келесі деректерді жіберу жылдамдығын қолдайды:

- 1200 бс;
- 2400 бс;
- 4800 бс;
- 9600 бс (әдепкі);
- 19200 бс;
- 38400 бс;
- 57600 бс;
- 115200 бс.

2.2.2 HC-06 блютуз модулі

HC-06 модулі өзіне келесі жетекші интерфейс пиндарын қосады: VCC, GND, TXD, RXD. HC-06 арқылы роботты тікелей смартфоннан басқаруға болады. Телефонға немесе планшетке bluetooth арқылы басқаруға арналған көптеген бағдарламалардың бірін қойып, оны нағыз озық джойстикке айналдыра аламыз. Сондай-ақ, құрылғымен ноутбукпен немесе bluetooth құрылғыларына қосыла алатын кез келген басқа құралмен байланысуға болады.

2.13 сурет – HC-06

Бұл модульді қолдану аясы басқарумен шектелмейді. Оны әртүрлі сенсорлардың көрсеткіштерін жіберу үшін де қолдануға болады.

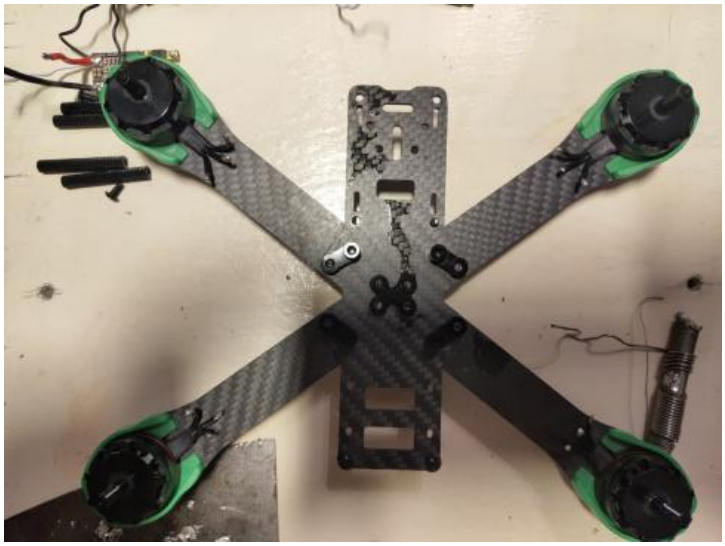
Бұл bluetooth модулінің жұмыс кернеуі – 3,3 В, оның кіруіне 5 В төзімді, сондықтан ол барлық Arduino платаларымен үйлесімді.

2.3 Автономды дронды құрастыру

Сонымен, квадрокоптерге қажетті компоненттер:

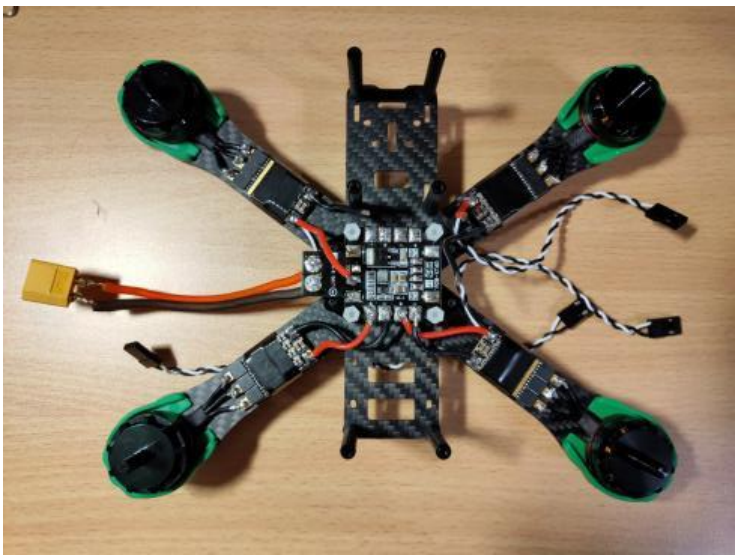
MATEK F405-CTR ұшу контроллері;
X типті гибрид карбонды рама;
Emax RS2205 KV2300 Racing Edition қозғалтқыштары;
HQ5045BN проепеллерлері;
FVT LittleBee 30A ESC айналдыру реттегіші;
MOSEWORTH 1300 mAh аккумуляторы;
Radiolink TS100 Mini M8N GPS модулі.

Ең бірінші кезекте, квдрокоптердің рамасын жинау қажет. Сонымен бірге, рама сәулелеріне қозғалтқыштарды бекітеміз (2.14 сурет).



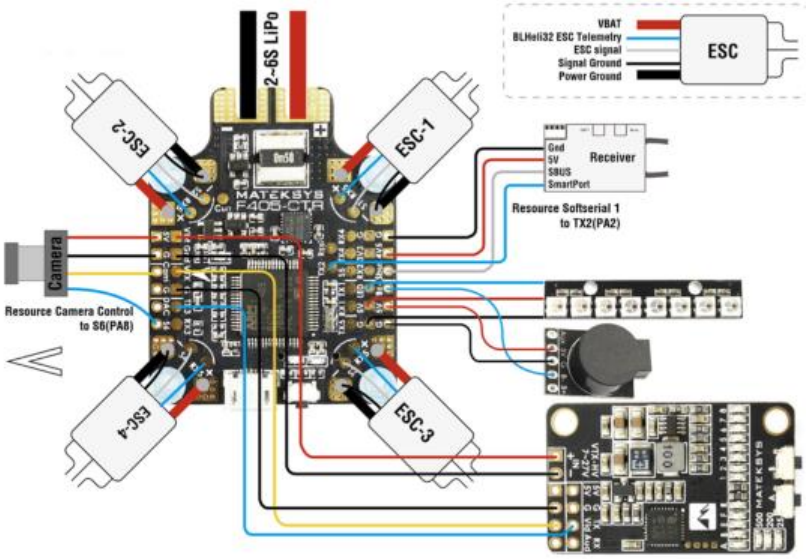
2.14 сурет – Квадрокоптердің рамасы мен қозғалтқыштары

Содан кейін, айналдыру реттегіштерін бекітіп, өткізгіштерін жалғаймыз.

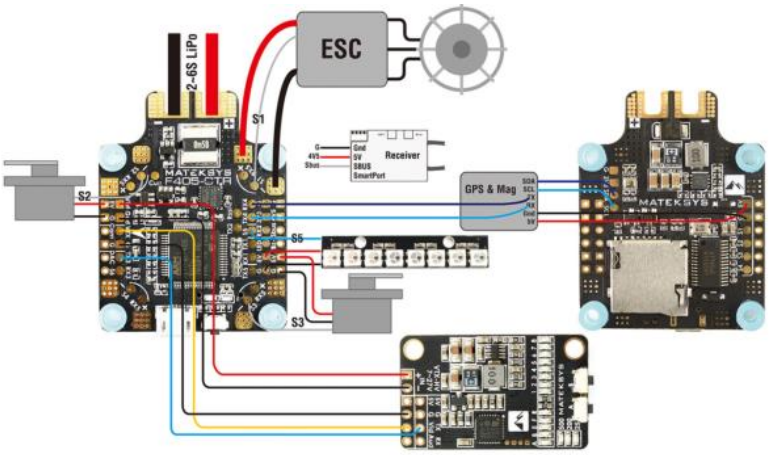


2.15 сурет – Айналдыру реттегіштерін жалғау

Артық өткізгіштерді кесіп ұшу контроллеріне жалғау керек. Ол келесі сұлба бойынша орындалады:



2.16 сурет – Ұшу контроллерін жалғаудың жалпы сұлбасы



2.17 сурет – GPS-ті жалғау сұлбасы

2.18 сурет – Квадрокоптердің толық жиналған түрі

2.4 Жер үсті станциясын құрастыру

Жер үсті станциясының жұмыс істеу диапазонын ұзарту үшін антеннаны қолдану керек.

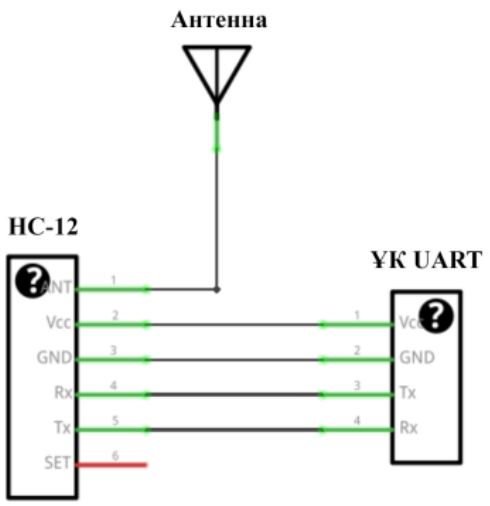
2.19 сурет – 10 см PCI u. FL / IPX RP-SMA антеннасы

Жерү үсті станциясына қолданылатын құрылғылар әр түрлі кернеуде жұмыс істейді. Сондықтан, схема арасына кернеуді төмендету модулін жалғау керек.

Мобильдік бөлім өте қарапайым. Бұл жай ғана HC-12 модулінің ұшу контроллерінің UART портына қосылуынан тұрады. Қосымша аппараттық құралдар жоқ, сондықтан схема өте қарапайым.

Мұнда қарастырылуы тиіс бір нәрсе - бұл байланыс үшін пайдаланылатын деректерді беру жылдамдығы. HC-12 жағдайында жылдамдық төмен болса, соғұрлым әрекет қашықтығы көп. Ол екі жақты байланыс үшін жеткілікті жылдам және 500 метр қашықтықты қамтамасыз ету үшін жеткілікті баяу.

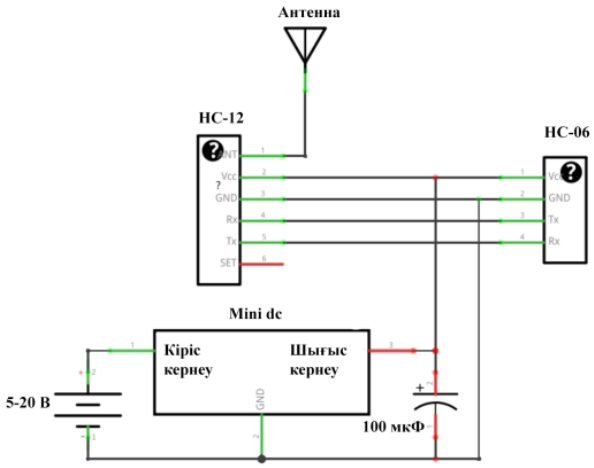
9600 бс үшін HC-12 баптаудың қажеті жоқ. Әдеп бойынша ол 9600 бс және fu3 режимінде бапталған, ол өте жақсы жұмыс істейді. Егер түрлі дәйекті жылдамдықты пайдалану керек болса, HC-12 оны қолдау үшін қайта жасалуы тиіс.



2.20 сурет – Мобильдік бөлім сұлбасы

Басқа нәрсе – антенна. HC-12 шағын дәнекерленген серіппелі антенна катушкасымен сатылады. Бірақ контроллердегі шуға байланысты, біз антеннаны ұзартуымыз қажет. Оған 25 сантиметрлік FrSky антеннасын қолдануға болады:

2.21 сурет – FrSky антеннасы



2.22 сурет – Жер үсті станция сұлбасы

Жер үсті станция немесе сымсыз тізбекті Bluetooth көпір сәл күрделірек. Ол бір-бірімен қиылысқан TX-RX желілерімен қосылған HC12 433 МГц радиожиілік модулінен және Bluetooth HC-06 модулінен тұрады. Қоректену LiPo батареяынан mini dc кернеу реттегіші арқылы жүзеге асырылады.

Тұрақты түрде 9600 бс дәйекті жылдамдығы қолданылса, HC-12 шын мәнінде қандай да бір конфигурацияны қажет етеді. Bluetooth HC-06 модуліне де қатысты, себебі ол әдеп бойынша 9600 бс қолданады.

3 Бағдарламамен қамтамасыз ету

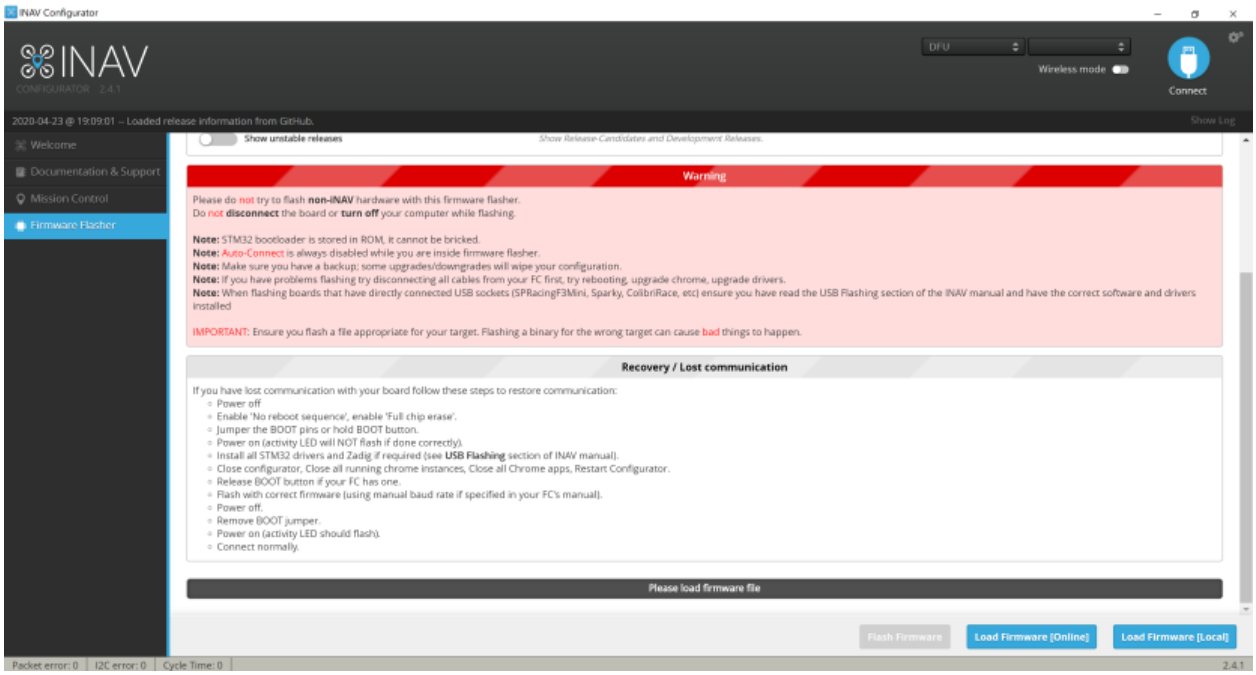
3.1 Ұшу контроллеріне бағдарламаны енгізу және конфигурация

Inav конфигураторы – бұл inav ұшуды басқару жүйесіне арналған кроссплатформлы конфигурациялық құрал болып табылады.

Ол Google Chrome бағдарламасы ретінде жұмыс істейді және INAV кез келген қолдаулы мақсатта жұмыс істейтін NAV бағдарламалық жасақтамасын конфигурациялауға мүмкіндік береді.

Әуе кемелерінің әртүрлі түрлері inav құралымен, мысалы, квадрокоптер, гексакоптер, октокоптер және жылжымайтын қанаты бар ұшақтармен қамтамасыз етіледі.

Таза INAV графикалық интерфейсінде пайдаланушылар барлық басқару элементтеріне және қол астындағы құралдарға қол жеткізе алады. Терезенің сол жағы пайдаланушыларға бағдарламалық жасақтаманың барлық компоненттерінің толық тізімін ұсынады және олардың біреуін таңдау датчиктер, GPS, қабылдағыш, пид-тюнинг, қозғалтқыштар және т.б. сияқты параметрлерді дәл реттеу үшін одан да көп бөлшектерді көрсету үшін оны кеңейтеді. Rонфигурация жетілдірілгенге дейін жеткізілгеннен кейін, болашақта қалпына келтіру қажет болған жағдайда оңай көшіруге болады.



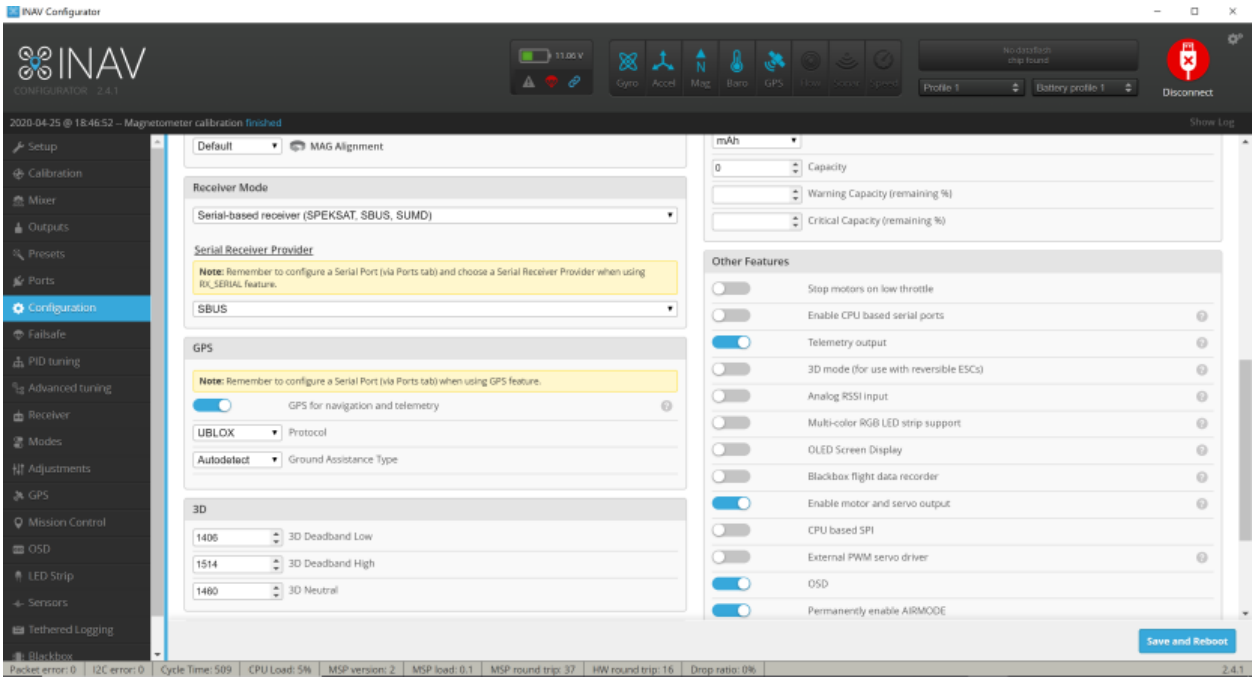
3.1 сурет – Inav конфигураторының бастапқы терезесі

Ең алдымен, бізге bootloader режимінде қосылу керек. Ол үшін ұшу контроллеріндегі boot батырмасын басып конфигураторға қосыламыз.

Тізімнен қажетті ұшу контроллерін тауып, арнайы бағдарламаны орнатамыз.

Бағдарламаны орнатып болғаннан кейін инерциалды өлшеу блоктарын орнату керек. Ол үшін конфигураторда гироскоп, акселлерометр, компас, барометр және GPS баптауларын қосып калибрациясын орнату керек.

GPS орнатылғаннан кейін өз орнын анықтауға болады.



3.2 сурет – Инерциалды өлшеу блоктарын қосу

3.1.1 Жер үсті станциясымен байланыс орнату

EZ-GUI-бұл Multiwii және Cleanflight негізіндегі ұшқышсыз ұшу аппараттары үшін Android (GCS) негізіндегі жерүсті басқару станциясы.

Ол ұшу диспетчерінің барлық қол жетімді деректерін ыңғайлы түрде көрсетеді. Ол Android құрылғысынан оңай конфигурациялауға және өзгертуге мүмкіндік береді, сондықтан ноутбукты ұшу алаңына апарудың қажеті жоқ. Ол тікелей USB байланысын (Android >3.1), сондай-ақ Bluetooth, WiFi және 3DR радиосын қолдайды.

Мультикоптерге сымсыз қосылу өте ыңғайлы, әсіресе дала жағдайында. Bluetooth-бұл ең қарапайым шешім, бірақ ол қысқа қашықтықты шектеуден зардап шегеді.

3.1.2 INAV хабарлау протоколдары

Іс жүзінде және классикалық телеметрия - бұл өлшеулер мен басқа да деректер қашықтағы немесе қол жетімсіз нүктелерде жиналатын және мониторинг үшін қабылдау жабдығына берілетін байланыстың автоматтандырылған процесі. Бұл сөз грек тамыры шыққан: tele - қашықтан, ал metron - өлшеу.

INav терминдерінде ол өлшеу деректері көлік құралынан басқа құрылғыға автоматты түрде ауысатын, әдетте CGS (компьютерлік жердегі станция) немесе OSD (экрандық дисплей) құралын сипаттайтын өте нақты мәнге ие.

Inav бірнеше хабар алмасу хаттамаларын (және телеметрияны) қолдайды.

INav үшін бірнеше ережелер қолданылады. Егер UART үшін MSP жоқ телеметрия хаттамасы анықталса, онда сөзсіз "push" телеметрия хаттамасы

жіберіледі. Егер UART MSP мен телеметрия хаттамасын бірдей анықтаса, ұшу контроллеріне басқарылған кезде MSP, ал басқарылмағанда push-телеметрия хаттамасы беріледі. USART-қа тек MSP қосылған болса, ол әрқашан қосулы болып тұрады.

Соңғы режим mwp немесе EZ-GUI сияқты жер үсті станциясын пайдалану үшін қолайлы; жер үсті станциясы басқаруға қойылғанға дейін MSP-да қол жетімді метадеректердің артықшылықтарын пайдалана алады, содан кейін басқаруға қою кезінде push тиімді телеметриясын пайдалана алады.

Multiwii (MSP) тізбекті хаттамасы. Бұл зерттеу хаттамасы, сондықтан iNav терминдерінде ол қашықтан өлшеу үшін пайдаланылатын болса да, "телеметрия" деп саналмайды.

Жеңіл телеметрия (LTM). LTM, оның атауында көрсетілгендей, inav әзірлеушілері iNav нақты атрибуттары үшін жақсартылған жеңіл хаттама болып табылады. Оның тартымдылығы деректерді берудің баяу арналары бойынша жоғары жылдамдықпен пайдалы ұшу деректерін беру қабілеттілігінен тұрады, мысалы, 10 Гц бағдарды жаңарту 4800 бод кезінде, ал 5 Гц – 2400 бод кезінде мүмкін.

Mavlink. Mavlink – бұл APM және басқа да ұшу контроллерлерінің телеметрия протоколы (және конфигурация хаттамасы). Ол iNav шектеулі қолдау бар және сымбатты LTM-ге қарағанда көп өткізу қабілетін талап етеді. Дегенмен, ол басқа CGS және OSD пайдалануға мүмкіндік береді.

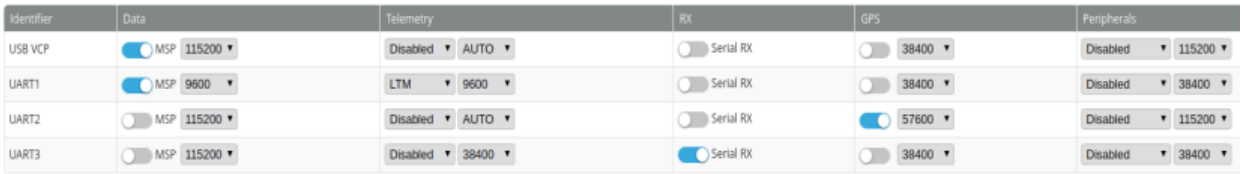
TX протоколдары. TX (FrSky, Hott, IBUS, Smartport) құрылғыларының қатары да телеметрияны қабылдаций алады.

3.1.3 Нүктелер бойымен ұшу

Осы баптауды пайдалану үшін кез келген ұшу контроллеріне орната аламыз. Жалғыз талап – UART бос порты. Сонымен қатар, ол протоколға байланысты емес, сондықтан, MSP, MAVLink, LTM немесе кез келген басқа да дәйекті телеметриялық протоколды жібере алады. Cleanflight / INAV және EZGUI жағдайында конфигуратордағы порттар тек қана MSP протоколын қоса алады.

Біздің жағдайда, бірінші портқа жер үсті станциясы, ал төртінші портқа GPS қосылады.

EZ-GUI тұрғысынан бұл қалыпты Bluetooth байланысы болғандықтан, ешқандай арнайы конфигурация қажет емес. Тек бір қапшық бар: жаңарту жиілігі 100 мс 9600 бс үшін тым аз және үлкейтілуі тиіс.

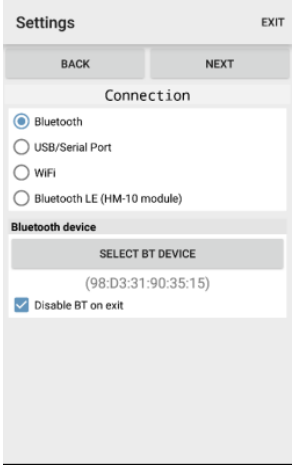


Identifier	Data	Telemetry	RX	GPS	Peripherals
USB VCP	MSP 115200	Disabled AUTO	Serial RX	38400	Disabled 115200
UART1	MSP 9600	LTM 9600	Serial RX	38400	Disabled 38400
UART2	MSP 115200	Disabled AUTO	Serial RX	57600	Disabled 115200
UART3	MSP 115200	Disabled 38400	Serial RX	38400	Disabled 38400

3.3 сурет – Кофигуратордағы UART порттар

Байланысты келесі қадамдар бойынша орнатамыз:

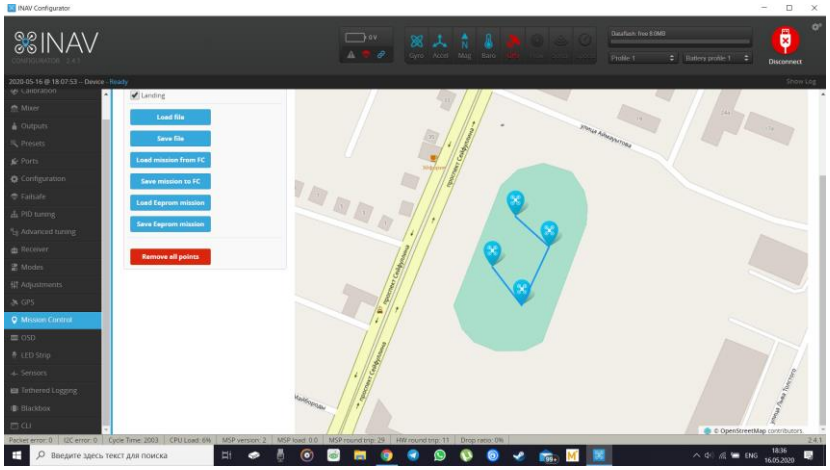
1. Параметрлерді ашып, Bluetooth байланысын таңдап, HC-06 құрылғысын телефонмен жұптастырамыз:



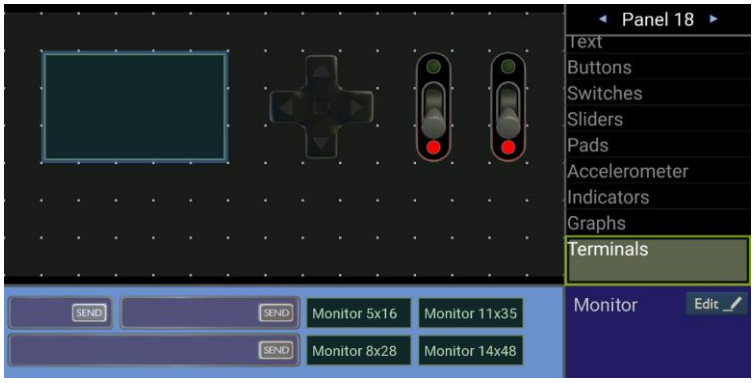
3.4 сурет – EZ-GUI бағдарламасы

2. Бағдарламалаудың дұрыс нұсқасын таңдау қажет;
3. Жаңарту жиілігін реттеу, 500 мс-тан бастау қажет.

Әрі қарай нүктелер бойымен ұшу командаларын орындай аламыз. 9600 бс жылдамбықпен 500 метр диапазонда радио байланыстарды қабылдай аламыз.



3.5 сурет – Нүктелер бойымен ұшу



3.6 сурет – Bluetooth Electronics бағдарламасы

4 Өміртіршілік қауіпсіздігі

Қазіргі кезде портативті электрондық құрылғылардың көбеюі орталықсыздандырылған энергия көздерінің өсуіне алып келді. Қоршаған орта үшін батареяның зияны айтарлықтай. Қызметі аяқталғаннан кейін олар уақыт өте келе зиянды заттарды бөліп, ыдырай бастайды. Сондықтан, аккумуляторлық батареяларды қолдану адамға және қоршаған ортаға тиімді болып келеді.

Бұл жұмыстың мақсаты автономды ұшқышсыз ұшу аппаратын әзірлеу болып табылады. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде негізгі тапсырма ретінде литий-полимерлі батареясының қолдану ұзақтығы есептелінеді. Литий-полимерлі элементтер үшін әдістеме бес эксплуатациялық факторларды қарастырады: зарядтау және разрядтау токтары, бір заряд цикліндегі заряд шектері және жұмыс температурасы.

4.1 Батареяның қоршаған ортаға әсері

Қазіргі кезде батарея тұрмыстағы ең қажетті заттардың бірі. Осыдан ондаған жыл бұрын олардың өндіріс күрделілігіне және тұтынушылық сұраныстарына байланысты батареялар күнделікті өмірде әлдеқайда сирек қолданыста болды. Соңғы жылдары автономды қорек көздерінің өнеркәсіптік дайындау үдерісі айтарлықтай арзандап қана қоймай, олардың қажеттілігі де артты.

Бұрын пайдаланылған батареялар класы қалдықтарының көлемі аз болғандықтан ұзақ ойланбастан тұрмыстық қоқыспен бірге тасталатын және бұл айтарлықтай проблема болған жоқ.

Орташа есеппен, батареялар мегаполистерде жиналатын қоқыстың 0,25% - ын құрайды.

Батареялардың түрлері:

- көмір-мырышты;
- сілтілі немесе алкалинді, сілтілі-марганецті;
- литийлі;

Батареялар бір реттік және көп реттік болуы мүмкін (аккумуляторлық батареялар). Қазіргі батареялар салмағы жеңіл, жоғары және төмен температураларда жақсы жұмыс істейді және тұрақты электр тогының автономды көзі болып табылады.

Аккумуляторлар мобильді құрылғыларда, ноутбуктарда, компьютерлерде, сандық бейнекамераларда, фотоаппараттарда жиі қолданылады.

Бір реттік батареялар көптеген балаларға арналған ойыншықтарда, калькуляторларда, пульттерде, фонариктерде пайдаланылады, оларда сынап пен кадмийдің ауыр металдары жоқ, оларда ағзаға және қоршаған ортаға айтарлықтай апатты әсер етпейтін мырыш пен марганец бар.

Бір реттік батареялар ластау тұрғысынан зияны азырақ деп айтуға болады, алайда пайдалану жиілігі және пайда болатын қалдықтардың көлемі әлдеқайда жоғары.

Батарея өзінің мерзімін өтеген болса да, оның корпусы зақымдалмаған жағдайда қауіп төндірмейді және ол бөлме температурасында ең аз ылғалдылық деңгейінде де сақталады. Тұрмыстық қалдықтармен бірге қоқыс тастайтын жерге түсіп, әртүрлі атмосфералық факторлардың әсеріне ұшырай отырып, батарея тотығу және коррозия әсерінен бұзылады. Оның корпусы герметикалылығын жоғалтып, ішіндегі құрылымы сыртқы ортаны улайды.

Бұзылған батареялардан жасалған сілтілер мен ауыр металдар қоршаған ортаға қауіп төндіреді. Алдымен топыраққа келіп түскен улы заттар жер асты суларына жетеді, ол жерден су қоймаларына түседі. Химиялық ластануға жерлер және оларда өсетін өсімдіктер, оның ішінде көптеген тағамдық дақылдар түседі; зақымданған жайылымдарда өсірілген ауыл шаруашылығы жануарларының еті мен сүті де қауіпті болады. Тек пассивті коррозия ғана емес, нәтижесінде батареялар топырақ пен суды ластайды; көбінесе қоқыс тастайтын жерлер өздігінен жанады, және қоқыстағы батареялар қызып, ауаға диоксиндер шығарады. Диоксиндер ондаған мың рет цианид уларында және обыр аурулары мен репродуктивті жүйе ауруларының себебі болып табылады.

Батареялардағы ауыр металдар, ең алдымен сынап ең үлкен қауіп төндіреді.

Сынап – қауіптіліктің бірінші классына жататын күшті у. Барлық ағзалардың беттерінде жинала отырып, жүйке бұзылуларын, тыныс алу жүйесінің ауруларын тудырады, көру және есту нашарлайды, ми мен жүйке жүйесінің зақымдануына әкеп соғады, бүйрек пен бауырға қиратушы әсер етеді.

Басқа да ауыр металдар: кадмий, қорғасын.

Қорғасын – бүйректе жинақталады және жүйке жүйесінің және мидың ауыр бұзылуларын тудырады.

Кадмий – бүйректе, бауырда, сүйекте және қалқанша безде жиналады. Обыр ауруларының пайда болуына әкеледі. Қазіргі уақытта бүкіл әлемде айтарлықтай кең тараған және никель-кадмий аккумуляторларын экологиялық тұрғыдан неғұрлым озық және қауіпсіз никель-металл-гидридті және литий-ионды аккумуляторларға ауыстыру біртіндеп жүріп жатыр.

Ауыр металдардың ағзаға улы әсері бір мезетте байқалмайды, сумен және тамақпен алынған уландырғыш заттардың микродозасы ағзада көп жылдар бойы жиналып, жойғыш әсер етеді.

Батареяның оршаған ортаға қауіпін азайту үшін:

- батареяларды пайдалану жиілігін азайту;
- бір реттік батареялардың орнына аккумуляторларды пайдалану.;
- «сынапсыз» деген таңбасы бар батареяларды сатып алу;
- пайдаланылған батареяларды басқа қоқыспен бірге тастамау.

Ұзақ мерзімде экономикалық және экологиялық пайдалары көп: аккумуляторлар мың еседен астам қайта зарядталуы мүмкін және көптеген жылдар қызмет етеді.

Соңғы 5-10 жылда ірі қалаларда өз мерзімі өткен қорек көздерін қабылдау пунктін табу қиындық келтірмейді. Батареяларды жинауға арналған контейнерлер көптеген сауда орталықтарында, электроника және тұрмыстық техника дүкендерінде орнатылған. Көптеген еріктілер ұйымдары жылжымалы жинау пункттерін ұйымдастырады. Жиналған батареяларды арнайы кәсіпорындарға жібереді.

Қазақстанда ондай контейнерлерді «Технодом» ұлттық желілерінен табуға болады. Электртұрмыстық қалдықтарды қауіпсіз қайта өңдеуге маманданған" Промтехноресурс " компаниясы барлық жиналған қоқыстарды зауытқа утилизацияға жібереді.

4.2 Литий-полимерлі батареясының қолдану ұзақтығын есептеу

Литий-полимерлі аккумуляторлардың сенімділігін болжау аккумуляторлардың қолдану ортасына қарай электрохимиялық, жылулық және механикалық тозудың көптеген режимдерімен сыналатыны ескеруі тиіс. Жұмыс істеу сипаттамасы, сыйымдылығы және циклдік зарядталуы литий-полимерлі аккумуляторлар үшін әртүрлі тозу уақыттарын тудыруы мүмкін. Тозу жылдамдығы температура, электрохимиялық жұмыс терезелері және заряд/разряд жылдамдығы сияқты факторлармен бақыланады.

Бүгінгі күні әзірленген аккумуляторлық батареялардың қызмет ету мерзімін болжау әдістемесін электрохимиялық және эмпирикалық тәсілдерге бөлуге болады. Электрохимиялық циклдың ұзақтығын болжау кезінде химиялық реакциялар теңдеулерімен қатар физикалық негізделген модельдер қолданылады. Бұл модельдеудің ең дәл және мұқият тәсілі, өйткені ол физикалық және химиялық сипаттамаларды есепке алады. Бірақ физикалық және химиялық параметрлердің көптігі бұл әдістемені батареяның әр ұяшығына қолдану үшін өте көп еңбекті қажет етеді және бұл әдістемені кеңінен пайдалануға кедергі келтіреді.

Эмпирикалық тәсілдер, екінші жағынан, дискретті циклдық өлшеу нүктелерінен жалпы теңдеулерді табу үшін қисықтардың қиыстырылуын пайдаланады. Бұл үлгіні реттеу күрделілігін айтарлықтай төмендетеді. Алайда, эмпирикалық тәсілдердің көпшілігі белгілі бір торларға белгілі бір жағдайлар диапазонында шоғырланады, ол тек нақты қарастырылған әсер ету факторларына әкеп соғады. Бұл деректердің қажетті көлемін шектеу және олармен байланысты тестілеу үшін рұқсат етілген көлемге дейін жасалады.

Терминологиялар:

1) CL – батареяның қызмет ету мерзімі; берілген жағдайларда батареяның қызмет ету мерзімінің соңына дейін, әдетте бастапқы сыйымдылықтың 70-80%-ын құрайтын циклдердің саны.

2) DOD – разряд тереңдігі; цикл зарядының ең аз және ең жоғары жағдайы арасындағы айырмашылық.

3) nCL – циклдің қалыпты қызмет ету мерзімі; номиналды жағдайларда циклдің қызмет ету мерзіміне бөлінген белгілі бір жағдайларда батарея циклінің қызмет ету мерзімі.

4) SOC – зарядтың жай-күйі; номиналды сыйымдылыққа бөлінген берілген уақыттағы батареяда сақталған зарядтың саны. Осы жұмыстың мақсаты үшін біз батарея кернеуі тіркелген, ал жинақталған заряд жинақталған энергияға тікелей пропорционал деп болжаймыз.

5) SOCav – зарядтың орташа күйі; цикл зарядының ең жоғары және ең аз күйінің орташа мәні.

6) SOCmin – батареяны зарядтау және разрядтау барысында қол жеткізілген минималды заряд күйі.

7) SOCmax – батареяны зарядтау және разрядтау барысында қол жеткізілген максималды заряд күйі.

Таңдалған әдіс негізінде, белгілі бір экологиялық және эксплуатациялық факторлардың литий-полимерлі аккумуляторлардың қызмет ету мерзіміне әсерлері бір-біріне тәуелсіз деп қарастыруға болады. Бұл болжамнан келесіні аламыз:

$$\frac{CL(x_1,\ldots x_k)}{CL(x_{1,nom},\ldots,x_{k,nom})} = \frac{CL(x_1)}{CL(x_{1,nom})} \times \frac{CL(x_k)}{CL(x_{k,nom})} \tag{4.1}$$

мұндағы, CL – берілген параметрлермен белгіленген тозу шегіне дейінгі болжанатын қызмет ету мерзімі;

x_k – k-сыншы ескерілетін тозу әсерінің факторы.

Өзара тәуелді тозу факторларын тиісінше теңдеудің оң жағына өткізу керек. nom индексі батарея қызметінің номиналды мерзіміне және циклдық параметрге жатады, мысалы, осы батареяның паспортында көрсетілгендей немесе бір циклы үшін эксперимент нәтижесінде алынған мән.

$$CL(x_1,\ldots x_k) = CL(x_{1,nom},\ldots,x_{k,nom}) \times \\ \times \frac{CL(x_1)}{CL(x_{1,nom})} \times \frac{CL(x_k)}{CL(x_{k,nom})} \tag{4.2}$$

Литий-полимерлі аккумуляторлардың тозуына келер болсақ, ең басты әсер ету факторлары ретінде жұмыс істеу температурасы T, зарядтау тогы $I_з$, разрядталу тогы $I_р$, сондай-ақ заряд күйінің ең аз және ең жоғары шектері алынады. Заряд күйінің шектері DOD разрядтың тереңдігіне және SOCav зарядының орташа күйіне түрлендіріледі.

$$CL(T, I_р, I_з, SOCav, DOD) = CL_{nom} \times \\ \times nCL(T) \times nCL(I_р) \times nCL(I_з) \times nCL(SOCav, DOD) \tag{4.3}$$

мұндағы, nCL – теңдеудің оң жағындағы терминдерге сәйкес келетін әрбір байланысқан нормаланған өмірлік циклінің үлесі.

Бұл деректер батареяның қызмет ету мерзімін болжау үшін базалық негізді қамтамасыз етеді. Бұл деректер өндірушінің техникалық

сипаттамаларынан немесе қызмет шарттарының жиынтығына байланысты ұяшықты тесттен өткізу нәтижесінен алынуы мүмкін.

Батарея токтары және температура

Зарядтау тогы, разрядтық ток және ұяшықтың жұмыс температурасы үшін модельдің модификацияланған нұсқалары қолданылады. Бұл модельде қызмет мерзімі үшінші ретті полиномиальды температура функциясы ретінде беріледі:

$$CL(T) = a \times T^3 - b \times T^2 + c \times T + d \tag{4.4}$$

a, b, c және d 4.1-кестеде келтірілген мәндермен литий-темірфосфат негізіндегі элементтер бойынша эксперименттік деректерді келтіру коэффициенттері.

Келтірілген модель қызмет мерзімін разрядтау және зарядтау тогының екінші ретті экспоненциалды функциясы ретінде сипаттайды:

$$CL(I_{\text{р}}) = e \times \exp(f I_{\text{р}}) + g \times \exp(h I_{\text{р}}) \tag{4.5}$$

$$CL(I_{\text{з}}) = m \times \exp(n I_{\text{з}}) + o \times \exp(p I_{\text{з}}) \tag{4.6}$$

мұндағы, $I_{\text{р}}$ – разрядтық ток;

$I_{\text{з}}$ – зарядтық ток.

e, f, g, h, m, n, o және p мәндері 4.1-кестеде келтірілген келтіру коэффициенттері.

(4.3) теңдеу әрбір жарияланған модельдер нормаланған болуын талап етеді. Бұл нормалау келесідей жүзеге асырылады:

$$nCL(T) = \frac{a \times T^3 - b \times T^2 + c \times T + d}{a \times T_{nom}^3 - b \times T_{nom}^2 + c \times T_{nom} + d} \tag{4.7}$$

$$nCL(I_{\text{р}}) = \frac{e \times \exp(f I_{\text{р}}) + g \times \exp(h I_{\text{р}})}{e \times \exp(f I_{\text{р},nom}) + g \times \exp(h I_{\text{р},nom})} \tag{4.8}$$

$$nCL(I_{\text{з}}) = \frac{m \times \exp(n I_{\text{з}}) + o \times \exp(p I_{\text{з}})}{m \times \exp(n I_{\text{з},nom}) + g \times \exp(p I_{\text{з},nom})} \tag{4.9}$$

мұндағы, nCL – разрядтық ток;

T_{nom}, $I_{\text{р},nom}$, және $I_{\text{з},nom}$ – бұл, сәйкесінше, берілген қызмет мерзімі үшін өндіруші көрсеткен, номиналды жұмыс температурасы,

номиналды разряд тогы және номиналды зарядтау тогы.

Разряд тереңдігі (DOD) - толық зарядталған батареядан алынған сыйымдылық үлесі немесе пайызы. Керісінше, заряд күйі (SOC) - бұл батареяда әлі қол жетімді сыйымдылықтың үлесі немесе пайызы.

Жоғарғы және төменгі заряд күйінің циклі кезінде аккумулятордың қызмет ету мерзімі төмендесе, орта деңгейде тозу ақырын жүреді. Бұл потенциалды қолайлы тәсіл ретінде орта заряд күйін екінші ретті көпмүшелі функция деп болжайды. Бұл деректер разряд тереңдігі ұлғайса батареяның қызмет ету мерзімі сызықсыз түрде азаятынын көрсетеді. Орта заряд күйін екінші реттегі көпмүше түрінде қосу, логикалық тәсіл ретінде, разряд тереңдігін де екінші ретті көпмүше түрінде қосу үшін қолданыалды.

4.1- кесте - Литий-полимер тозуының факторларының модельдерін баптау коэффициенттерінің мәні.

Айнымалы	a	b	c	d	e	f	g	h
Шама	0.0039	1.95	67.51	2070	4464	-0.138	-1519	-0.43
Айнымалы	m	n	o	p	q_0	r_0	s_0	t_0
Шама	5963	-0.653	321.4	0.03168	1806	-160.8	-207.7	0.79
Айнымалы	u_0	v_0	q	s	t	u	v	
Шама	0.4425	-2.25	1471	214.3	0.6111	0.3369	-2.295	

DOD және SOCav үшін екінші ретті әдісті қолдана отырып алынған функция:

$$CL^*(DOD, SOC_{av}) = q_0 + r_0 * DOD + s_0 \times SOC_{av} + t_0 \times DOD^2 + \\ + u_0 \times DOD \times SOC_{av} + v_0 \times SOC_{av}^2 \quad (4.10)$$

мұндағы, CL^* – батареяның эквивалентті қызмет мерзімі;

DOD және SOC_{av} – әр цикл үшін алынған, сәкесінше, разряд тереңдігі және заряд зарядтың орташа күйі.

q_0, r_0, s_0, t_0, u_0, және v_0 тұрақтылары сәйкестендіру коэффициенттері болып табылады. Бұл коэффициенттерді Matlab Curve Fitting Tool құралының көмегімен ең кіші квадраттар әдісі арқылы қисықтарды қиыстырып таба аламыз. Олардың шамалары 1-кестеде көрсетілген.

100% DOD шекарасында жергілікті максимум батареяларды басқаруды оңтайландыруда пайдалану үшін проблемалы болып табылады, өйткені ол батареялардың максималды шектеріне дейін циклденуіне ықпал етеді, бұл іс жүзінде әсіресе қатты тозуға әкеледі.

Оның басқа жолы минимумды тек нақты бір нүктеге түсіру, бұл жерде DOD = 100%, сол арқылы барлық қалған жағдайда икемділікті қамтамасыз етеді. Нүктенің қолайлы таңдалуы 100% DOD кезінде батареяның қызмет ету

мерзімі орта заряд күйімен салыстырғанда максимумға ие. Ол нүктені қызмет мерзімінен біртіндеп туынды алу арқылы табамыз:

$$SOC_{av,100\%,max} = \frac{-s-100\times u}{2\times v} \quad (4.11)$$

Дәл осы максималды орта заряд күй нүктесінде минималды разряд тереңдігі орын алғанын қалаймыз. Сондықтан осы шаманы 10-теңдеуге қойып DOD = 100 орнатамыз:

$$r = -200 \times t - u \times \frac{-s - 100 \times u}{2 \times v} = \frac{u}{2 \times v} \times \\ \times (s + 100 \times u) - 200 \times t \quad (4.12)$$

Біздің алғашқы 10-теңдеуге қайта қосу келесіні береді:

$$CL(DOD, SOC_{av}) = q + \left(\frac{u}{2 \times v} \times (s + 100 \times u) - 200 \times t\right) \times DOD + \\ +s \times SOC_{av} + t \times DOD^2 + u \times DOD \times SOC_{av} + v \times SOC_{av}^2 \quad (4.13)$$

Келтірілген коэффициент үшін ұсынылған функция, келесі төрт өлшеммен сипатталатын, жұмыс істеу аймағы шегінде разряд тереңдігі бойынша минимум бермейтіні аналитикалық түрде көрсетілуі мүмкін:

$$0\% \leq SOC_{av} \leq 100\% \quad (4.14)$$

$$0\% \leq DOD \leq 100\% \quad (4.15)$$

$$DOD \leq 2 \times SOC_{av} \quad (4.16)$$

$$DOD \leq 2 \times (100 - SOC_{av}) \quad (4.17)$$

Нәтижесі нормаланған батареяның қызмет ету мерзімін тек разрядтың тереңдігінің функциясы ретінде ғана емес, сонымен қатар циклдегі зарядтың орташа күйін ескере отырып болжайтын нормаланған модель болып табылады.

Соңында, 13-теңдеудегі функцияны келесі түрде нормалауға болады:

$$nCL(SOC_{av}, DOD) = \frac{CL_4(DOD, SOC_{av})}{CL_4(DOD_{nom}, SOC_{av,nom})} \quad (4.18)$$

Біз бұл үлгіні дронның аккумуляторлы батареясына қолданамыз. Ұшқышсыз ұшу аппараттарына арналған аккумуляторлық батарея жеткізушілерінің бірі - MOSEWORTH. Біз таңдаған аккумуляторлық батарея

үшін келесі жағдайларды қарастырамыз: батарея 40% заряд күйіне жеткен сайын толық зарядталғанға дейін зарядталады, өйткені толық разрядталу батареяның істен шығуына әкеліп соғады. Бұл жағдайда зарядтың орта күйі 70%-ке тең. Батарея 2 жылда өзінің 20% сыйымдылығын жоғалтады, біздің жағдайда 3 жылда толық істен шығады.

4.2 кесте – Үлгіні қиыстыру үшін пайдаланылатын деректер нүктелерінің параметрлерінің шектері

Параметрлер	Ең аз шама	Ең жоғарғы шама
Температура	$-18°C$	$40°C$
Разрядтау тогы	$1C$	$15C$
Зарядтау тогы	$C/8$	$4C$
Орта заряд күйі	10%	95%
Разряд тереңдігі	5%	100%

Батареяның қызмет мерзімін, болжаудың әзірленген әдістемесін пайдалана отырып, 3-кестеде көрсетілген техникалық сипаттамаларға сәйкес анықтаймыз.

4.3 кесте – Қолданылып отырған батареяның техникалық сипаттамасы

Техникалық сипаттама	Айнымалы	Шама
Номиналды сыйымдылық (А*с)	N/A	1.3
Номиналды қызмет мерзімі	CL_{nom}	1095
Температурада есептеледі (град С)	T_{nom}	25
Разрядтау тогы (С)	$I_{d,nom}$	15C
Зарядтау тогы (С)	$I_{ch,nom}$	1C
Разряд тереңдігі (%)	DOD_{nom}	100%
Орта заряд күйі (%)	SOC_{nom}	50%

Біріншіден температураның әсерін іздейміз. Бұл жерде, батареяны әр цикл сайын қолайлы температурада (15-25°C) зарядтадық деп алсақ, $T=T_{nom}$

$$nCL(T) = \frac{0.0039 \times T^3 - 1.95 \times T^2 + 67.51 \times T + 2070}{0.0039 \times T_{nom}^3 - 1.95 \times T_{nom}^2 + 67.51 \times T_{nom} + 2070} = 1$$

Разрядтау тогы квадрокоптердің 4 моторын айналдыру үшін және қалған пайдалы жүктемені қоректендіру үшін максималды 12С ток күшіне тең:

$$nCL(I_р) = \frac{5963 \times \exp(-0.6531 \times 12) + 321.4 \times \exp(0.03168 \times 12)}{5963 \times \exp(-0.6531 \times 15) + 321.4 \times \exp(0.03168 \times 15)}$$
$$= \frac{2.354 + 470.053}{0.332 + 516.919} == 0.9133$$

Зарядтау тогы 25°С-де 1С-ға тең($I_з$=$I_{з,nom}$):

$$nCL(I_з) = \frac{5963 \times \exp(-0.6531 * 1) + 321.4 \times \exp(0.03168 \times 1)}{5963 \times \exp(-0.6531 * 1) + 321.4 \times \exp(0.03168 \times 1)} = 1$$

Зарядтың орташа күйі мен разряд тогының қызмет мерзіміне әсер ету шамасы:

$$nCL(SOC_{av}, DOD) = \frac{CL_4(DOD, SOC_{av})}{CL_4(DOD_{nom}, SOC_{av,nom})} = \frac{1535.994}{1437.934} = 1.068$$

$$CL_4(DOD, SOC_{av}) =$$
$$= 1471 + \left(\frac{0.3369}{2 \times (-2.295)} \times (214.3 + 100 \times 0.3369) - 200 \times 0.6111\right) \times$$
$$\times 0.6 + 214.3 \times 0.7 + 0.6111 \times 0.36 + 0.3369 \times 0.6 \times 0.7 - 2.295 \times 0.49 =$$
$$= 1471 - 84.253 + 149.247 = 1535.994$$

$$CL_4(DOD_{nom}, SOC_{av,nom}) =$$
$$= 1471$$
$$+ \left(\frac{0.3369}{2 \times (-2.295)} \times (214.3 + 100 \times 0.3369) - 200 \times 0.6111\right) \times$$
$$\times 1 + 214.3 \times 0.5 + 0.6111 \times 1 + 0.3369 \times 1 \times 0.5 - 2.295 \times 0.25 =$$
$$= 1471 - 140.422 + 107.356 = 1437.934$$

Соңында, батареяның қызмет ету мерзімін табу үшін алынған шамаларды номиналды қызмет мерзіміне көбейтеміз:

$$CL(T, I_р, I_з, SOCav, DOD) = 1095 \times 1 \times 0.9133 \times 1 \times 1.068 = 1068.068$$

Қорытындылай келе, егер батареяны қолайлы температурада зарядтасақ, оның жарамдылығын сақтай аламыз. Ал токтың жорғарғы жылдамдықта разрядталуы батареяға зиянын тигізеді, бірақта, жоғарыда айтып кеткендей, егер батареяның 60%-ын ғана разрядтап, содан кейін толтырып отырсақ, оның жарамдылығын ұзарта аламыз. Қарастырылған факторлар батареяның қызмет мерзімін 1 айға төмендетеді.

5 Экономикалық есептеу бөлімі

Менің дипломдық жобам автономды ұшқышсыз ұшу аппаратын әзірлеуге арналған. Қазірігі уақытта ұшу дрондарының сатылымы экспоненциалды түрде өсуде. Сондықтан, біз оларды болашақта тұрмысқа қажетті негізгі заттардың бірі ретінде қарастыра аламыз.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының мүмкіндіктері шексіз, біз олардың көмегімен жұмыс күшін автономды етіп қана қоймай, адамның қолы жетімсіз немесе қиындық тудыратын жұмыстарды жүргізе аламыз.

Бұл ұшқышсыз ұшу аппаратын өндірістің кез-келген саласында қолдануға болады, бірақ әрбір өндіріске тек өзіне қажетті мәліметтерді жинайтын аспаптарды қолдану керек. Бойындағы жүктемелерінің барынша азайтылуына байланысты, оның бағасы қол жетімді, әрі өзімізге қажетті өлшеу аспаптарын орнатуға мүмкіндік береді.

Жобаның бұл бөлімінде уақыт, еңбек және қаржы шығындарын көрсететін іске асыру құрылымдары қарастырылады. Жобаны әзірлеудің алғашқы құнын анықтау үшін, ғылыми-зерттеу жұмысына бағытталған шығындарды тауып, бір-біріне қосу керек.

1. Материалдар;
2. Жұмысшылардың еңбекақысы;
3. Еңбекақыға арналған қосымша шығындар;
4. Әлеуметтік аударымдар;
5. Электр энергиясын төлеу;
6. Үсетме шығындар.

5.1 Инвестициялық капиталды есептеу

Инвестициялық капитал (IC – Invest Capital) немесе күрделі салымдар құрал-жабдықтардың, монтаждық жұмыстар мен көлік қызметтерінің құнын қамтиды, яғни күрделі шығындардың шамасы анықталады.

Жалпы капиталдық салымдар көлемін келесі формуламен анықтауға болады:

$$К_ж = К_к + С, \tag{5.1}$$

мұндағы, $К_ж$ – жобаға кеткен капиталдық салымдар;

$К_к$ – құрылғыларға кеткен капиталдық салымдар;

С – бағдарламалық өнімге кеткен капиталдық салымдар.

Құрылғыларға кеткен капиталдық салымдар соммасы келесі формуламен анықталады:

$$К_к = К_к + Ш_{жт} + Ш_м, \tag{5.2}$$

мұндағы, $К_к$ – құрылғыларға кеткен капиталдық салымдар;

$К_к$ – құрылғының құны;

$Ш_{жт}$ – жүк тасымалдауға кеткен шығын;

$Ш_м$ – монтажға кеткен шығын.

Жүк тасымалдауға кететін шығын материалдардың жалпы құнынан 5-10%-ды құрайды. Ол келесі формуламен анықталады:

$$Ш_{жт} = К_к \times 0.05, \quad (5.3)$$

Монтажға кететін ұсынылған шығын мөлшерін құрылғы құнының 4-тен 6% интервалында алынуы керек, және ол келесі формуламен анықталады:

$$Ш_м = К_к \times 0.04, \quad (5.4)$$

Құрылғыларға кеткен шығын соммасының есептеулері 4.4 кестеде көрсетілген.

5.1.1 Жабдықтарды сатып алуға арналған сметаны есептеу

5.1 кесте – Құрылғыларға және құрастыруға кеткен шығын көлемі.

Материалдың атауы	Маркасы	Өлшем бірлігі	Саны	1 дана үшін бағасы, тг.	Соммасы, тг.
Ұшу контроллері	MATEK F405-CTR	Дана	1	18000	18000
Аккумулятор	MOSEWORTH 1300mah	Дана	1	5000	5000
Қозғалтқыштар	Emax	Дана	1	23000	23000
Айналу регуляторлары	FVT LittleBee 30A	Дана	1	23000	23000
GPS	Radiolink TS100 Mini M8N	Дана	1	10000	10000
Ауа винті	HQ5045BN	Дана	1	500	500
Корпус	QAV-R220	Дана	1	2000	2000
Барлығы				81500	81500

Жүк тасымалдауға кететін шығын соммасы:

$$Ш_{жт} = 81500 \times 0.05 = 4075 \text{ тг.}$$

Монтажға кететін шығын соммасы:

$$Ш_м = 81500 \times 0.04 = 3260 \text{ тг.},$$

Осыдан, (5.2) формуладағы капиталдық салымдар келесі мәнді береді:

$$К_к = 81500 + 4075 + 3260 = 88835 \text{ тг.}$$

5.2 Бағдарламамен қамтамасыз етудегі еңбек сыйымдылығын есептеу

Еңбек шығыны құрамдасын есептеудегі базалық көрсеткіш мына формуламен есептелінеді:

$$Q = q \times c \,, \qquad (5.5)$$

мұндағы Q – шартты командалар саны;

q – есеп түріне қарай шартты командалар санын ескеретін коэффициент;

c – бағдарламаның қиындығы мен жаңалығын ескеретін коэффициент.

Атап өткен q коэффициентінің мәнін 5.2-кестеден таңдап алуға болады.

5.2 кесте – q коэффициентінің мәні

Тапсырма түрлері	Коэффициенттің өзгеру аралығы
Есептеу тапсырмалары	1400 ден 1500
Оперативті басқару тапсырмалары	1500 ден 1700
Жоспарлау тапсырмалары	3000 ден 3500
Көп вариантты	4500 ден 5000
Комплекстік тапсырма	5000 ден 5500

Бағдарламалық өнім жаңалықтық дәрежесіне қарай төрт топқа бөлінуі мүмкін:

- А тобы – негізінде жаңа тапсырма дайындау;
- Б тобы – ерекше бағдарламаларды дайындау;
- В тобы – типтік шешім қолданған бағдарламаларды дайындау;
- Г тобы – бір жолғы типтік есеп.

Атап өткен «с» коэффициенті 5.3-кестеден анықталады, ол күрделік тобы бағанасы мен жаңалықтық дәрежесі бағанасының қиылысуы.

Ары қарай бағдарламалық өнімді әзірлеуге кететін уақытты есептеу керек.

Жалпы бағдарлама жасауға кеткен уақыт әртүрлі компоненттен тұрады. Уақыт адам-сағатпен есептеледі, ал $Т_Д$ нақты істелген уақытпен алынады, ал қалған кезеңнің уақыты Q командасының шартты санына байланысты есептік жолмен анықталады.

Бағдарламалық өнімін дайындауға кеткен әр кезеңнің уақытын анықтаймыз:

1) $T_{ПО}$ (мақсат сипатын дайындау уақыты), нақтылы деректер бойынша алынады және келесі мәнге тең деп алынады (3-тен 5 күнге дейін, 8 сағаттан):

$$T_{ПО} = 32 \text{ [адам / сағ]} \quad (5.6)$$

2) T_O (мақсат сипаттамасы уақыты) келесі формуламен анықталады:

$$T_O = Q \times B / (50 \times K), \quad (5.7)$$

мұндағы В – мақсат есебі өзгерісінің коэффициенті, В коэффициенті мақсат күрделігіне және өзгеріс санына тәуелді – 1,2-ден 1,5-ке дейін.

К – бағдарлама жасаушы білектілігін ескеретін коэффициент.

К коэффициенті мәнін 5.4-кестеден алуға болады.

5.3 кесте – Еңбек сыйымдылығын есептейтін коэффициент

Бағдарлама тілі	Күрделік тобы	Жаңалықтық дәрежесі				В коэффициенті
		А	Б	В	Г	
Жоғарғы деңгей	1	1,38	1,26	1,15	0,69	1,2
	2	1,30	1,19	1,08	0,65	1,35
	3	1,20	1,10	1,00	0,60	1,5
Төменгі деңгей	1	1,58	1,45	1,32	0,79	1,2
	2	1,49	1,37	1,24	0,74	1,35
	3	1,38	1,26	1,15	0,69	1,5

5.4 кесте – Бағдарлама жасаушы білектілігін ескеретін коэффициент

Жұмыс тәжірибиесі	Білектілік коэффициенті
Екі жылға дейін	0.8
2-3 жыл	1
3-5 жыл	1.1 – 1.2
5-7 жыл	1.3 – 1.4
7 жылдан көп	1.5 – 1.6

3) T_A (алгоритм құруға кеткен уақыт) мына формуламен есептейміз:

$$T_A = Q / (50 \times K) \quad (5.8)$$

4) $T_{БС}$ (блок – сұлба құруға кеткен уақыт) T_A сияқты 5.8 формуламен есептеленеді.

5) T_H (бағдарламаның тілінде жазуға кеткен уақыт) келесі формуламен анықталады:

$$T_H = Q \times 1,5 / (50 \times K) \quad (5.9)$$

6) $T_П$ (бағдарлама теру уақыты) келесі формуламен анықталады:

$$T_П = Q / 50 \quad (5.10)$$

7) $T_{ОТ}$ (бағдарламаны реттеу және тестілеу уақыты) келесі формуламен анықталады:

$$T_{ОТ} = Q \times 4{,}2/50 \times К \quad (5.11)$$

8) $T_Д$ (құжаттарды рәсімдеу уақыты), нақтылы деректер бойынша алынады және құрылады (3-тен 5 күнге дейін, күніне 8 сағат):

$$T_Д = 24 \text{ [адам / сағ]} \quad (5.12)$$

Еңбек шығындарының сомасы еңбек шығынының құрама сомасы ретінде 5.13 формуламен есептеленеді:

$$T = T_{ПО} + T_{ТО} + T_А + T_{БС} + T_Н + T_П + T_{ОТ} + T_Д \quad (5.13)$$

Операторлар командаларының шартты саны (5.5) формула бойынша есептеледі:

$$Q = 1600 * 1{,}15 = 1840 \text{ [есептік жол]}$$

Бұдан әрі жалпы бағдарламаны әзірлеудің әрбір кезеңінде талап етілетін уақытты анықтау қажет.

Мақсат сипатын дайындауға кеткен уақытты есптеу үшін (5.6) формуланы қолданамыз:

$$T_{ПО} = 32 \text{ [адам / сағ]}$$

Мақсат сипаттамасына кеткен уақыт (5.7) формуламен анықталады:

$$T_О = 1840 \times 1{,}2 / (50 \times 0{,}8) = 55 \text{ [адам / сағ]}$$

(5.8) формуланы есептеу арқылы келесі нәтижені аламыз:

$$T_А = 1840 / (50 \times 0{,}8) = 46 \text{ [адам / сағ]}$$

Блок – сұлба құруға кеткен уақыт $T_А$ мәнімен сәйкес келеді.

Бағдарламаның тілінде жазуға кеткен уақытты (5.9) формуламен есептейміз:

$$T_Н = 1840 \times 1,5 / (50 \times 0,8) = 69 \text{ [адам / сағ]}$$

Бағдарлама теру уақытын (5.10) формуламен есептейміз:

$$T_П = 1840 / 50 = 37 \text{ [адам / сағ]}$$

Бағдарламаны реттеуге және тестілеуге кеткен уақыт (5.11) формуламен анықталады:

$$T_{ОТ} = 1840 \times 4,2/(50 \times 0,8) = 193 \text{ [адам / сағ]}$$

Құжаттарды рәсімдеуге кеткен уақыт (5.12) формуламен анықталады:

$$T_Д = [24 \text{ адам / сағ}]$$

(5.13) формуланы есептеу арқылы еңбек шығындары сомасының келесі нәтижесін аламыз:

$$T = 32+ 55+ 46+ 46+ 69 + 37 + 193 + 24 = 502 \text{ [адам/сағ] немесе } 63 \text{ [адам/күн]}$$

5.3 Бағдарламалық өнімге кеткен капиталдық салымдар есептеу

Бағдарламалық қамсыздандыру шығыны ішіне еңбек ақы шығыны да, еңбек ақыдан аударылымдар, амортизациялық және тағы да басқа шығындар кіреді, олар мынандай формуламен анықталады:

$$C = ФОТ + O_{СН} + A + C_{ЭЭ} + C_{МжК} + C_{ТО} + C_{ПР} + C_Н, \qquad (5.14)$$

мұндағы, ФОТ – еңбек ақы қоры;
$O_{СН}$ – әлеуметтік салық;
А – амортизациялық аударылымдар;
$C_{ЭЭ}$ – электрэнергисының шығындары;
$C_{МжК}$ – материалдар және көмекші бөлшектер шығыны;
$C_{ТО}$ – техникалық қызмет көрсету шығыны;
$C_{ПР}$ – басқада шығындар;
$C_Н$ – үстеме шығындар.

Еңбек ақы екі жасаушыдан құрылады: негізгі еңбек ақы және қосымша еңбек ақы сомасы (немесе еңбек ақы қоры, ЕАҚ) негізгі еңбек ақы және қосымша еңбек ақы сомасы мына формуламен есептеленеді:

$$ФОТ = З_{осн} + З_{доп}, \qquad (5.15)$$

мұндағы $З_{осн}$ – негізгі еңбек ақы, мың теңге;
$З_{доп}$ – қосымша еңбек ақы, мың теңге.

Негізгі еңбек ақы төмендегідей анықталады:

$$З_{осн} = Т \times ТС/(t_{орт} \times 8), \quad (5.16)$$

мұндағы, Т – еңбек шығының сомасы, (5.13) формуламен анықталады;

$t_{орт}$ – бір айдағы орташа жұмыс күндерінің саны (21), жұмыс ұзақтығына көбейтіледі (8 сағат);

ТС – тарифтік мөлшереме.

Тарифтік мөлшерлеме минималды өлшемдегі еңбек ақы (МӨЕА), 01.01.2020ж. бастап ҚР-да 42500 тенгені құрады, әр жұмыс түріне байланысты тарифтік еселікке көтеріледі.

Қосымша еңбек ақы негізгі еңбек ақының 20 % құрайды және келесі формуламен есептелінеді:

$$З_{доп} = 0,2 \times З_{осн} \quad (5.17)$$

Әлеуметтік салық ЕАҚ 11 % құрайды (ҚР СК 358 б. 1-тарау) жұмыскердің табысынан, мынандай формуламен есептеледі:

$$О_{СН} = (ФОТ - ЗА) \times 11\%, \quad (5.18)$$

мұндағы, ЗА – зейнетақы аударылымдар, ЕАҚ-нан 10% құрайды және әлеуметтік салықпен міндеттелмейді:

$$ЗА = ЕАҚ \times 10\%, \quad (5.19)$$

Амортизациялық аударылымдар амортизацияның тағайынды шамаларымен орындалады, пайыздармен жабдықтың баланстық құнына және мына формуламен есептеледі:

$$А = \frac{Б_{бас} \times А_{ш} \times N}{100 \times 12 \times t}, \quad (5.20)$$

мұндағы, $А_ш$ – амортизация шамалары (25%);

$Б_{бас}$ – жабдықтың бастапқы бағасы;

N – жұмыс орындалуына кеткен күннің саны;

t – дербес компьютерді қолдануға кеткен жалпы уақыт.

Электрэнергия шығындары мына формуламен есептеледі:

$$С_{ЭЭ} = Қ \times k_з \times Т \times С_{кВт\text{-}сағ}, \quad (5.21)$$

мұндағы Қ – ЭЕМ қуаты (450 Вт);

$k_з$ – жүтеме коэффициенті (0.8);

$С_{кВт.с}$ – 1 кВт-сағ электрэнергиясының құны;

Т – жұмыс уақыты, сағ.

Материалдар мен көмекші бөлшектер шығыны, бағдарламалық өнімді жазу барысында қолданылды ($С_{МжК}$), сонымен қатар техникалық қызмет көрсету шығыны ($С_{ТО}$), жабдықтың құнынан 1.5% және 2.5% құрайды және мына формулалар мен есептеледі (5.22 – 5.23):

$$С_{МжК} = 0,015 \times С_{обор,} \quad (5.22)$$

$$С_{ТО} = 0,025 \times С_{обор} \quad (5.23)$$

Басқару мен қызмет көрсетуге байланысты үстеме шығындар, сондай-ақ жабдықты пайдалану кезіндегі және де кәсіпорын үдерістері мен айналымдарынан қосымша шығындар еңбек ақы қорынан 50% құрайды және де мына формуламен есептеледі:

$$С_{Н} = 0,5 \times ЕАҚ \quad (5.24)$$

(5.16) формуланы есептеу арқылы біз негізгі жалақыны анықтаймыз:

$$З_{осн} = 502 \times 42500/(21 \times 8) = 126994 \text{ тг.}$$

Қосымша еңбек ақы негізгі еңбек ақының 20 % құрайды және (5.17) формуламен есептелінеді:

$$З_{доп} = 0,2 \times 126994 = 25399 \text{ тг.}$$

Осы мәндер арқылы ЕАҚ қорын (5.15) формуламен есептейміз:

$$ФОТ = 126994 + 25399 = 152393 \text{ тг.}$$

Зейнетақы аударылымдары ЕАҚ-ның 10% құрайды, оны (5.19) формула арқылы анықтаймыз:

$$ЗА = 152393 \times 10\% = 15239 \text{ тг.}$$

Әлеуметтік салық жұмыскердің еңбекақысының 11 % құрайды және (5.18) формуламен есептелінеді:

$$О_{СН} = (152393 - 15239) \times 11\% = 15087 \text{ тг.}$$

Амортизациялық аударылымдар (5.20) формуламен есептелінеді:

$$А = \frac{81500 \times 0,25 \times 63}{100 \times 12 \times 21} = 51 \text{ тг.}$$

(5.21) формулаға сәйкес электрэнергия шығындары:

$$С_{ЭЭ} = 0,45 \times 0,8 \times 502 \times 17,81 = 3219 \text{ тг.}$$

Сондай-ақ, көмекші бөлшектер шығыны мен техникалық қызмет көрсету шығыны (5.22 – 5.23) формулалары арқылы есептелінеді:

$$С_{МжК} = 0,015 \times 81500 = 1223 \text{ тг.}$$

$$С_{ТО} = 0,025 \times 81500 = 2038 \text{ тг.}$$

Үстеме шығындарды (5.24) формуламен есептейміз:

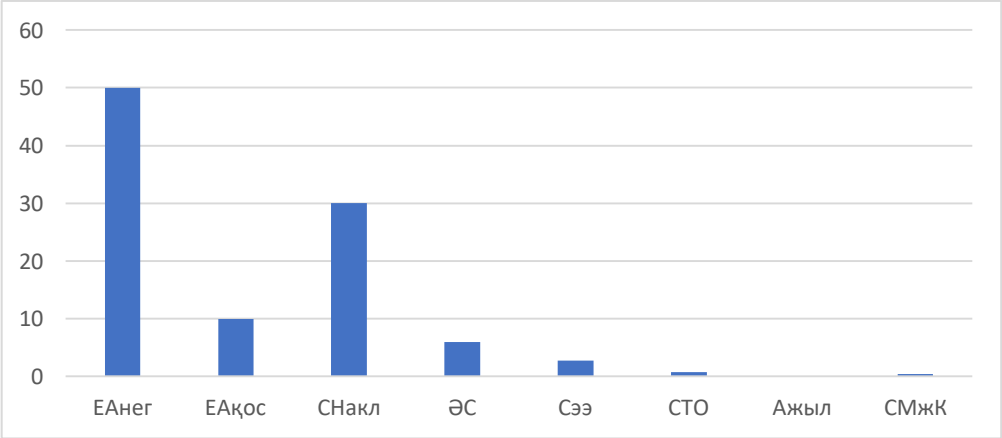
$$С_{Н} = 0,5 \times 152393 = 76197 \text{ тг.}$$

Бағдарламалық өнімді әзірлеуге арналған капиталдық салымдар:

С = 152393 + 15239 + 51 + 3219 + 1223+ 2038 + 76197 = 250360 тг.

5.5 кесте – Өзіндік құнның қорытынды кестесі

Шығын бабы атауы		Сомасы, теңге	Әр баптың үлесі, %
ЕАҚ	$ЕА_{нег}$	126994	50,7
	$ЕА_{қос}$	25399	10,1
Үстеме шығындар, $С_{Накл}$		76197	30,5
Әлеуметтік салық шығыны, ӘС		15087	6
Пайдалану шығындары	$С_{ээ}$	3219	1,3
	$С_{ТО}$	2038	0,9
	$А_{жыл}$	51	0
Материалдар және көмекші, $С_{МжК}$		1223	0,5
Барлығы:		250360	100



5.1 сурет – Бағдарламалық өнімнің өзіндік құнының құрылымының диаграммасы

Жалпы менің жобамдағы капиталдық салымдарының барлық сомасын (5.1) формула бойынша анықтауға болады:

$$К_ж = 81500 + 250360 = 331860 \text{ тг.}$$

5.4 Салыстырмалы экономикалық тиімділіктің көрсеткіштерін есептеу

АТ енгізудегі жылдық экономикалық әсерінің болжалды мәні келесі формуламен есептеледі:

$$Э_г = Э_{уг} – К \times Е_н, \quad (5.25)$$

мұндағы $Э_г$ – жылдық экономикалық әсерінің болжалды мәні, мың теңге;

$Э_{уг}$ – шартты-жылдық үнемдеудің болжалды мәні, мың теңге;

К – күрделі қаржы салымы (бағдарлама өнімді алуға кететін бір жолғы шығындар), мың теңге;

$Е_н$ – нормативтік күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігінің коэффициенті.

Жүйе енгізудегі шартты-жылдық үнемдеудің болжалды мәні келесі формуламен есептеледі:

$$Э_{уг} = С_1 – С_2 + \sum Э_i, \quad (5.26)$$

мұндағы $С_1$ – автоматтық жүйелер енгізуге дейінгі жылдық шығындар, мың теңге;

$С_2$ – автоматтық жүйелер енгізуден кейінгі жылдық шығындар, мың теңге;

$\sum Э_i$ – әр түрлі факторлардан келетін қосымша болжам әсері, мың теңге.

Бағдарлама өнімін енгізудің экономикалық тиімділігін есептегенде оған көп ықпал жасайтын көрсеткіш, тест қорытындыларын өңдеуге кететін уақыттың азаюы болғандықтан, қосымша әсер есепке алынбайды, сондықтан $\sum Э_i = 0$.

Нормативтік күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігінің коэффициенті келесі формуламен есептеледі:

$$Е_н = \frac{1}{Т_н}, \quad (5.27)$$

мұндағы $T_н$ – нормативтік күрделі қаржы салымын өтелу мерзімі, жыл.

Нормативтік күрделі қаржы салымын өтелу мерзімі, АТ моральдық тозуы техникалық құралдардың және жоба шешімдерінің тозуына байланысты ($Т_н$ = 1, 2, 3…n) бағдарлама өнімдерінің өтеу мерзімі 4 жыл.

Есептік күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігінің коэффициенті:

$$Е_р = \frac{Э_{уг}}{К}, \quad (5.28)$$

мұндағы $Е_р$ – есептік күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігі;

К – жүйеге күрделі қаржы салымы, тенге.

Есептік күрделі қаржы салымын өтелу мерзімі:

$$Т_р = \frac{1}{Е_р}, \quad (5.29)$$

Ұйымда жүйе енгізілмей тұрғанда (қол еңбегімен айналысқанда) жылдық келтірінді шығындар келесі формуламен есептелінеді:

$$С_1 = ЗП + О_{СН} + П_Р, \quad (5.30)$$

мұндағы ЗП – жылдық еңбек ақы шығыны, мың теңге;

$О_{СН}$ – әлеуметтік салық аударым, мың теңге;

$П_Р$ – басқа да шығындар, мың теңге.

Атап өткен формулаға мәндерін қойғаннан кейін:

$$ЗП = 66910 \times 12 + 6624 \times 12 + 240876 = 1123284 \text{ тг.}$$

АТ енгізгеннен кейінгі мамандардың жылдық еңбек ақы шығындары келесі формуламен есептеледі:

$$ЗП = (О_С \times t \times К_р) \times Ч \times (1+К_д) \quad (5.31)$$

мұндағы $О_с$ – маманның сағаттық ақысы, 700 теңге/сағ.;

t – жұмыс күнінің ұзақтығы, 8 сағ.;

$К_Р$ – жылдағы жұмыс күндер саны, 245 күн;

Ч – үдеріске қатысы бар мамандар саны, адам;

$К_Д$ – қосымша еңбек ақы коэффициенті, 20 %.

Атап өткен (5.31) формулаға мәндерін қойғаннан кейін:

$$ЗП = (700 \times 8 \times 245) \times 1 \times (1+0,2) = 1646400 \text{ тг.}$$

Басқа да шығындар – материалға деген шығындар, үстеме шығындар жылдық еңбек ақы шығындарынан 30 % құрайды және келесі формуламен есептеледі:

$$Пр = ЗП \times 0,3, \quad (5.32)$$

АТ енгізгеннен кейінгі жылдық келтірінді шығындар келесі формуламен есептелінеді:

$$С_2 = ЗП + О_{СН} + П_Р, \quad (5.33)$$

(5.26) формула бойынша жүйе енгізудегі шартты-жылдық үнемдеудің болжалды мәні:

$$Э_{уг} = 2558,375 – 2303,314 = 255061 \text{ тг.}$$

Нормативтік күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігінің коэффициенті (5.27) формуламен есептеледі:

$$Е_н = \frac{1}{4} = 0,25$$

Есептік күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігінің коэффициентін (5.28) формуламен есептейміз:

$$Е_р = \frac{255,061}{250,360} = 1,02$$

АТ енгізудегі жылдық экономикалық әсерінің болжалды мәні (5.25) формуламен есептеледі:

$$Э_г = 255,061 – 250,36 \times 0,25 = 192,471$$

(5.29) формула арқылы есептік күрделі қаржы салымының өтелу мерзімі анықталады:

$$Т_р = \frac{1}{1,02} = 0,98$$

Біржола капиталдық салымдарды несиеге алсақ, дисконтты есептемегенде, өтелу мерзімі 1 жыл болады.

5.6 кесте – Бағдарлама өнімін енгізудің салыстырмалы экономикалық тиімділігінің көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	Мәні
Шартты жылдық шығынды үнемдеу, мың тенге	255,061
Күрделі қаржы салымының экономикалық тиімділігінің коэффициенті (E_p)	1,02
Күрделі қаржы салымын өтелу мерзімі (T_p), жыл	0,98

Қорытынды

Қазіргі уақыттағы өндірістердің қол жетімсіз қиыншылықтары көп салаларына қарай, бұл дипломдық жоба әзірленді. Басқару жеңілдігі мен бағасына қарай, тиімді ұшқышсыз ұшу аппаратын жасап шығару көзделді.

Дипломдық жұмысты орындау барысында автономды ұшқышсыз ұшу аппаратының тәжірибелік үлгісі жасалынды. Осылайша, бұл жұмыста белгіленген пункттердің үстінен позицияларды ұстап тұруға, сондай-ақ жол нүктелері арасында навигацияны жүзеге асыруға қабілетті 4 қозғалтқышты тікұшақтар үшін GPS негізінде басқару жүйесін әзірлеу қарастырылды. Жер үсті станциясының көмегімен 9600 бс жылдамдықпен 500 метр диапазонда радио байланыстарды қабылдай аламыз.

Жобаны орындау барысында квадрокоптерді блютуз модулінің көмегімен телефон арқылы басқару іске асырылды.

Өміртіршілік қауіпсіздігін есептеу бөлімінде литий-полимерлі батареялардың табиғатқа зиянды әсерлері қарастырылып, жарамдылық уақыты есептелінді. Нәтижесінде, ол 2,93 жылға тең болды. Сонымен бірге, оның жұмыс істеу уақытын ұзарту үшін керекті шаралар атап өтілді.

Экономикалық есептеу бөлімінде, жобаны әзірлеу үшін, жалпы капиталдық салымдар мен олардың өтелу мерзімі есептелінді. Өндіріске автоматизацияны енгізуге дейінгі және енгізуден кейінгі тиімділікті есептеу арқылы жылдық экономикалық әсері табылды. Нәтижесінде, күрделі қаржы салымын өтелу мерзімі 0,98 жылға тең болды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Актуальные вопросы технических наук (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Пермь, февраль 2013 г.). – Пермь: Меркурий, 2013. – iv, 108 с.

2 https://www.researchgate.net/publication/315695709_Flight_Tour_Planning_with_Recharging_Optimization_for_Battery-operated_Autonomous_Drones

3 http://www.mateksys.com/?portfolio=f405-ctr#tab-id-2

4 https://profpv.ru/polnyy-spravochnik-faq-o-gonochnyh-kvadro/

5 https://www.lifewire.com/what-is-slam-technology-2495534

6 https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/top-drones-with-obstacle-detection-collision-avoidance-sensors-explained/

7 http://ez-gui.com/manual/first-run-and-configuration/

8 https://github.com/iNavFlight/inav/wiki/iNav-Telemetry

9 https://github.com/iNavFlight/inav/wiki/iNavFlight-Missions

10 https://quadmeup.com/diy-wireless-telemetry-link-for-uav/

11 http://www.juliandehoog.com/publications/2015_eEnergy_MultiFactorBatteryLife.pdf

12 http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/62/1040/

13 https://www.translatorscafe.com/unit-converter/ru-RU/calculator/multicopter-lipo-battery/

14 https://kapital.kz/business/61630/v-kazakhstane-zapustili-proyekt-eko-util izatsiya.html

15 https://aliexpress.ru/item/32995066734.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.3cb133edpcFCQA

16 https://www.banggood.com/Matek-Systems-BetaFlight-F405-AIO-Flight-Controller-Built-in-PDB-5V-2A-9V-2A-Dual-BEC-for-RC-FPV-Racing-Drone-p-1165338.html?rmmds=myorder&cur_warehouse=CN

17 https://www.banggood.com/Emax-RS2205-2300-2205-2300KV-Racing-Edition-CWCCW-Brushless-Motor-for-RC-Drone-FPV-Racing-p-1028793.html?rmmds=search&ID=49006&cur_warehouse=CN

18 https://www.banggood.com/Favourite-FVT-LittleBee-20A-S-ESC-BLHeli_S-OPTO-2-4S-Supports-Mulitshot-OneShot125-Oneshot42-p-1060963.html?rmmds=detail-left-hotproducts__2&cur_warehouse=CN

19 https://www.banggood.com/Eachine-Wizard-X140HV-140mm-FPV-Racing-Drone-Frame-Spare-Part-1_5mm-Upper-Board-Plate-4g-p-1471330.html?rmmds=detail-left-hotproducts__1&cur_warehouse=CN

20 https://www.banggood.com/Radiolink-TS100-Mini-M8N-GPS-Module-UBX-M8030-For-Radiolink-Mini-PIX-F4-Flight-Controller-p-1225211.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN

21 https://www.banggood.com/2-Pairs-Gemfan-Hurricane-51466-5-Inch-Durable-3-Blade-Propeller-Support-POPO-for-RC-Drone-FPV-Racing-p-1441956.html?rmmds=search&ID=517388&cur_warehouse=CN

А қосымшасы
Квадрокоптерді телефонмен басқаруға арналған бағдарлама листингі

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX

#define INPUT_FREQUENCY 50

#define CHANNEL_MAX  2000
#define CHANNEL_MIN 1000
#define CHANNEL_MID 1500
#define CHANNEL_NUMBER 6

#define ANALOG_INPUTS 4
#define DIGITAL_INPUTS 2

#define FRAME_LENGTH 22500  //set the PPM frame length in microseconds (1ms = 1000µs)
#define PULSE_LENGTH 300  //set the pulse length
#define onState 1  //set polarity of the pulses: 1 is positive, 0 is negative
#define sigPin 3  //set PPM signal output pin on the arduino

int ppm[CHANNEL_NUMBER];

int update_interval=100; // time interval in ms for updating panel indicators
unsigned long last_time=0; // time of last update
char data_in; // data received from serial link
int minval = 1000;

void setup() {
  delay(300);
  Serial.begin(57600);
  mySerial.begin(9600);
  mySerial.println("START");

  for (int i=0; i<CHANNEL_NUMBER; i++){
     ppm[i]= CHANNEL_MID;
  }

  ppm[CHANNEL_NUMBER - 3] = 1000;
  ppm[CHANNEL_NUMBER - 2] = 1000;
  ppm[CHANNEL_NUMBER - 1] = 1000;
```

```
  pinMode(13, OUTPUT);
   pinMode(sigPin, OUTPUT);
  digitalWrite(sigPin, !onState);  //set the PPM signal pin to the default state
(off)

  cli();
  TCCR1A = 0; // set entire TCCR1 register to 0
  TCCR1B = 0;

  OCR1A = 100;  // compare match register, change this
  TCCR1B |= (1 << WGM12);  // turn on CTC mode
  TCCR1B |= (1 << CS11);  // 8 prescaler: 0,5 microseconds at 16mhz
  TIMSK1 |= (1 << OCIE1A); // enable timer compare interrupt
  sei();
}

void loop()
{
if (mySerial.available())
  {
    data_in = mySerial.read();  //Get next character

    if(data_in=='A')
    { //Switch On 5 channel
      digitalWrite(13, HIGH);
      ppm[CHANNEL_NUMBER - 2] = 2000;
      mySerial.println(data_in);
    }
    if(data_in=='B')
    { // Switch Off 5 channel
      digitalWrite(13, LOW);
      ppm[CHANNEL_NUMBER - 2] = 1000;
      mySerial.println(data_in);
    }
    if(data_in=='C')
    { //Switch On 6 channel
      digitalWrite(13, HIGH);
      ppm[CHANNEL_NUMBER - 1] = 2000;
      mySerial.println(data_in);
    }
    if(data_in=='D')
    { // Switch Off 6 channel
      digitalWrite(13, LOW);
```

```
      ppm[CHANNEL_NUMBER - 1] = 1000;
      mySerial.println(data_in);
    }
    if(data_in=='1')
    { //Up Direction Pressed
     minval = minval + 50;
     if (minval > 2000) minval = 2000;
     ppm[CHANNEL_NUMBER - 3] = minval;
     mySerial.println(minval);
    }
     if(data_in=='3')
     { //Down Direction Pressed
     minval = minval - 50;
     if (minval < 1000) minval = 1000;
     ppm[CHANNEL_NUMBER - 3] = minval;
     mySerial.println(minval);
    }
  }

  unsigned long t = millis();
  if ((t-last_time) > update_interval)
  {
    last_time = t;
  }
  delay(1000 / INPUT_FREQUENCY);
}

ISR(TIMER1_COMPA_vect){  //leave this alone
  static boolean state = true;

  TCNT1 = 0;

  if (state) {  //start pulse
    digitalWrite(sigPin, onState);
    OCR1A = PULSE_LENGTH * 2;
    state = false;
  } else{  //end pulse and calculate when to start the next pulse
    static byte cur_chan_numb;
    static unsigned int calc_rest;

    digitalWrite(sigPin, !onState);
    state = true;

    if(cur_chan_numb >= CHANNEL_NUMBER){
```

```
      cur_chan_numb = 0;
      calc_rest = calc_rest + PULSE_LENGTH;//
      OCR1A = (FRAME_LENGTH - calc_rest) * 2;
      calc_rest = 0;
    }
    else{
      OCR1A = (ppm[cur_chan_numb] - PULSE_LENGTH) * 2;
      calc_rest = calc_rest + ppm[cur_chan_numb];
      cur_chan_numb++;
    }
  }
}
```