

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КГ-05

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КГ.05.02.000.ДП**

Бойко

Ярослав Васильович

**м. Одеса
2022 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: **123 «Комп'ютерна інженерія»**

Освітня програма: **«Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»**

Група: **4КГ-05**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Проектування автоматичного вузла управління сучасних БПЛА

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на _____ сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на _____ аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Бойко Я. В.)

Керівник _____ (Гаджиєв М.М.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Скорнякова О.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Скорнякова О.В.)

Завідувач відділення _____ (Суліма Ю.Ю.)

Захист « ____ » _____ 2022 р. Протокол ДКК № _____

Оцінка ДКК _____

Секретар ДКК _____

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та Ш
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР _____

“ _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Здобувачеві (здобувачці) освіти Бойко Ярослав Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування автоматичного вузла управління сучасних БПЛА

затверджена наказом по коледжу від “ _____ ” _____ 202__ р. № _____

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні данні до проекту (роботи); дослідження ринку, аналіз проблеми, недоліки аналогів та можливі шляхи їх усунення, постановка задачі, технічне завдання, вимоги до функціональності та практичності коду програми управління універсального квадрокоптера.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити); Вступ. Аналітична частина. Основні відомості, аналіз і дослідження ринку. Побудова і управління універсального квадрокоптера. Основні напрями використання універсальних квадрокоптерів. Постановка завдання. Конструкторська частина. Огляд елементної бази. Загальні відомості про мікроконтролери. Загальні відомості про блок датчиків. Розробка алгоритмів та програмного забезпечення управління універсальним квадрокоптером. Економічні розрахунки. Охорона праці. Висновок. Використана література.

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

Слайд 1- Принципи польоту БПЛА;

Слайд 2 – Види квадрокоптера;

Слайд 3 - Види функції квадрокоптера;

Слайд 4 – Пульти керування квадрокоптером;

Слайд 5 – Види квадрокоптерів.

Слайд 6 – Структура розробки;

Слайд 7-12 - Алгоритми рухання квадрокоптера.

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1 - 3	Гаджисев М.М.		
Економік	Копайгородська Т. Г.		
Охорона праці	Чорновол Н.І.		
ЕСКД	Петрашова В. І.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
	Визначення задач та цілей ДП. Обговорення тематики та розділів ДП.	16.05.2022.	
	Актуальність теми. Аналітичний розділ. Огляд існуючих рішень та аналогів їх недоліки. Пошук технічного рішення. Постановка задачі.	22.05.2022.	
	Конструкторський розділ. Вибір елементної бази. Структура розробки. Критерії вибору компонентів для розробки. Розробка алгоритмів роботи пристрою та програмного забезпечення.	05.06.2022.	
	«Економічний розрахунок».	10.06.2022.	
	«Охорона праці».	12.06.2022.	
	Графічна частина. Розробка слайдів. Оформлення пояснювальної записки. Оформлення додатків, переліку літератури, специфікації та переліку елементів	16.06.2022.	
	Попередній «малий» захист.	17.06.2022.	
	Захист дипломних проектів.	21.06.2022.	

Дипломник

(підпис)

Керівник

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Загальні відомості.....	8
1.2 Аналіз ринку.....	13
1.3 Перспективні галузі та рекомендації по використанні.....	18
1.4 Компоненти побудови БПЛА	22
1.5 Побудова ВУ на МКС.....	27
1.6 Вузлі і системи діагностики.....	29
1.7 Системи двигунів.....	31
1.8 Розробка алгоритмів та ПЗ контролю руху БПЛА.....	33
2. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	43
3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
ВИСНОВОК.....	53
Список літератури.....	54
Додаток	56

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Безпілотний літальний апарат (БПЛА) визначається як безпілотний літальний апарат, який літає без пілота, віддалено і повністю контролюється з іншого місця (земля, інший літак, космос) або запрограмований і повністю автономний.

Перші БПЛА в сучасному розумінні з'явилися і почали застосовуватися під час Холодної війни, будучи суть крилаті ракети.

Основними країнами-розробниками є США, Туреччина, Ізраїль і Росія. Розрізняють військові-розвідувальні, ударні, цивільні, транспортні та ін.

БПЛА - реальна і вагома загроза в сучасних бойових діях. Пропорційно темпами розвитку БПЛА потрібно розвивати засоби протидії. Співвідношення ціни БПЛА до ціни боєприпасів робить неконтактні засоби протидії більш вигідними.

БПЛА (квадрокоптер), це літальний апарат з чотирма несучими гвинтами, діагонально що обертаються в протилежних напрямках. Літальні апарати з будь-якою кількістю несучих гвинтів називають мультикоптерами. Мультикоптери почали розвиватися ще на зорі вертольотобудування, але подальшого розвитку цього напрямку завадили складність конструкції передачі обертання одного двигуна на всі гвинти і винахід апарату пе-рекоса для класичних вертольотів. Бурхливий розвиток Мультикоптера розпочався в 21-м столітті, але вже як безпілотних літаючих апаратів. Завдяки простоті конструкції Мультикоптер широко використовуються в аматорському моделіро- ванні. Їх оснащують камерами і GPS приймачами, що дозволяє проводити досить якісну зйомку місцевості з висоти, наявність GPS дозволяє прокласти маршрут автономного руху Мультикоптер. Мультикоптер мають малий розмір, легкі, дуже маневрені, відносно дешеві і про- сти у використанні. Ці якості служать передумовами для використання цих літальних апаратів в армії, рятувальні служби, дослідник-ських роботах,

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

доставці дрібногабаритних вантажів і так далі.

Уже зараз аматорські Мультикоптер використовуються деякими арміями для коригування мінометного обстрілу і розвідки місцевості. Підтвердженням цього можна знайти в численних відеороликах з різних ресурсів в інтернеті. Але у Мультикоптер є один величезний мінус - малий час польоту. В силу того, що велика частина Мультикоптерів оснащені потужними безколекторними електромоторами, по одному на кожен гвинт, енергія запасена батареєю витрачатися швидко. Мала ємність акумуляторів - ось одна з найважливіших проблем, яка стоїть на шляху повсюдного використання Мультикоптер. Середній час польоту Мультикоптер на одному заряді батареї становить 20 хвилин, що є малим показником.

Дипломний проект присвячений питанням побудови і функціонування сучасних БПЛА і розробці алгоритмів керування польотом БПЛА. Основна увага приділена питанням вибору мікроконтроллерной системи, складанні алгоритмів і розробки ПЗ на мові асемблера обраної МКС.

Перший розділ присвячено питанням аналізу ринку, актуальності завдання, побудови і функціонування сучасних БПЛА. Досліджуються компоненти і основні складові вузлів квадрокоптера. Розроблені основні алгоритми управління польотом БПЛА і складені відповідні ПЗ.

Другий розділ присвячений економічному обґрунтуванню проекту. А третій розділ основним вимогам і питанням ОП та БЖД.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості

Найбільш поширеними є безпілотні літальні апарати літакового і вертолітного типу. Дані апарати використовують аеродинамічний принцип створення підйомної сили, оснащені двигунами і мають тривалість польоту і корисне навантаження, доста - точну для виконання спеціальних завдань. Дані БПЛА мають декілька важливих відмінностей. У крилатих апаратів підйомна сила створюється за рахунок аеродинамічних якостей при русі в атмосфері, це створює необхідність в постійному русі і позбавляє їх можливості вертикального зльоту і посадки, в той час як БПЛА вертолітного типу можуть перебувати нерухомому стані тривалий час. Також завдяки своїй аеродинаміці і розташуванням двигунів, БПЛА літакового типу здатні розвивати велику швидкість, порівняно з БПЛА вертолітного типу. В якості об'єкта дослідження через своїх переваг був обраний БПЛА вертолітного типу.

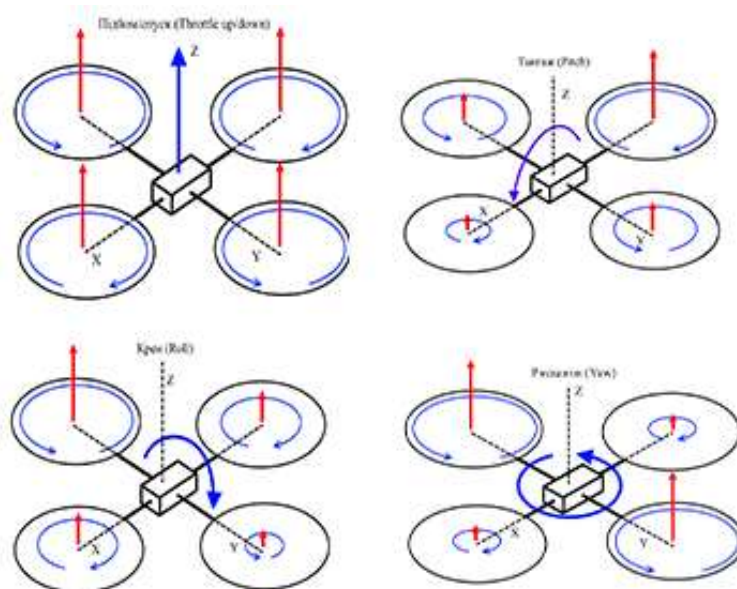


Рисунок 1.1 – Принципи польоту квадрокоптера

Не дивлячись на уявну симетрію, пілотові дуже важливо розрізняти, де у квадрокоптера перед (показаний стрілкою). Тут, як у радіокерованих

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

моделей автомобілів: при команді «вперед» квадрокоптер летить не туди, куди дивиться пілот, а туди, куди спрямований уявний ніс квадрокоптера. Це таїть в собі небезпеку: новачкам буває важко повернути до себе підхоплений вітром апарат, розгорнутий як-небудь боком (ми, звичайно, не говоримо про польоти по камері від першої особи і про «розумні» режими польоту з використанням компаса і GPS).

Розберемося, як квадрокоптер влаштований всередині, і чим же повинен займатися польотний контролер, який ми плануємо програмувати.

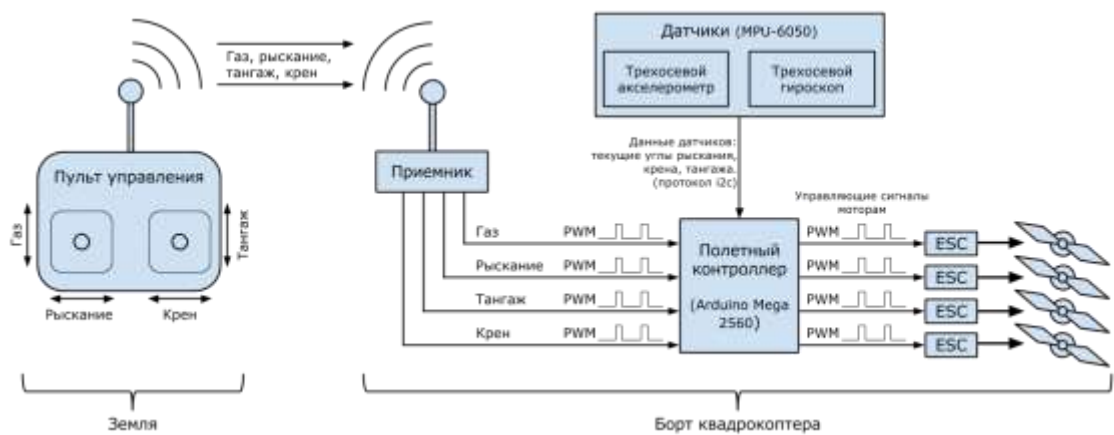


Рисунок 1.2 – Види функції квадрокоптера

Кути тангажу, крену і рискання (pitch, roll, yaw) - кути, якими прийнято визначати і задавати орієнтацію квадрокоптера в просторі.



Рисунок 1.3 – Кути тангажу, крену та рискання

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Іноді слово «кут» опускають і просто кажуть: тангаж, крен, рискання. Політ квадрокоптера в необхідному напрямку досягається зміною цих трьох кутів. Наприклад, щоб полетіти вперед квадрокоптер повинен нахилитися за рахунок того, що задні мотори закрутяться трохи сильніше передніх

Газ квадрокоптера - середнє арифметичне між швидкостями обертання всіх моторів. Чим більше газ, тим більше сумарна тяга двигунів, тим сильніше вони тягнуть квадрокоптер вгору. Газ висіння - мінімальний рівень газу, який необхідний, щоб квадрокоптер не втрачав висоту.

Газ, тангаж, крен, рискання - якщо ви можете керувати цими чотирма параметрами, значить ви можете управляти квадрокоптера. Їх ще іноді називають каналами управління.

Режимів польоту існує багато. Використовується і GPS, і барометр, і далекомір. Але ми хочемо реалізувати базовий - режим стабілізації (stab, stabilize, літати в «Стабі»), в якому квадрокоптер тримає ті кути, які йому задаються з пульта не залежно від зовнішніх факторів. У цьому режимі при відсутності вітру квадрокоптер може висіти майже на місці. Вітер же доведеться компенсувати пілотові.

Напрямок обертання гвинтів вибирається не випадково. Якби всі мотори оберталися в одну сторону, квадрокоптер обертася б в протилежну через створюваних моментів. Тому одна пара протилежних моторів завжди обертається в одну сторону, а інша пара - в іншу.

LFW - left front clockwise rotation (лівий передній, обертання за годинниковою стрілкою).

RFC - right front counter clockwise rotation (правий передній, обертання проти годинникової стрілки).

LBC - left back counter clockwise rotation (лівий задній, обертання проти годинникової стрілки).

RBW - right back clockwise rotation (правий задній, обертання за годинниковою стрілкою).

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Швидкістю обертання моторів управляє польотний контролер (контролер, мізки). Зазвичай це невелика плата або коробочка з безліччю входів і виходів. Існує величезна кількість різних контролерів з різним набором можливостей, різними прошивками, різними завданнями. Ось лише деякі:



Рисунок 1.4 – Види контролерів

Різних видів датчиків, які можна задіяти, дуже багато. Ми будемо використовувати стали вже майже обов'язковими у всіх квадрокоптера трохосевої гіроскоп і трохосевої акселерометр. Акселерометр вимірює прискорення, гіроскоп вимірює кутову швидкість. Завдяки їм польотний контролер дізнається поточні кути тангажу, крену і ролування. Ці датчики бувають вбудованими в польотний контролер, а бувають зовнішніми.

Мотори на квадрокоптер споживають великі струми, тому польотний контролер управляє ними не безпосередньо, а через спеціальні апаратні драйвера, звані регуляторами швидкості. Ці регулятори живляться від основного бортового акумулятора, керуючий сигнал отримують від контролера, а на виході у них коштує по три дроти (А, В, С), які безпосередньо йдуть до моторів.

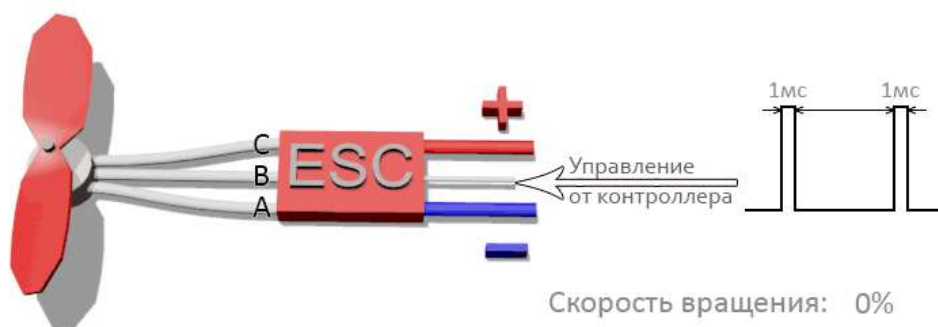


Рисунок 1.5 – Управління мотором від контролера

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

«Протокол» спілкування між регулятором і мотором нам не так важливий, як «протокол» спілкування між польотним контролером і регулятором, адже нам належить з контролера програмно управляти регулятором. Бувають регулятори, керовані по і2с, але найбільш поширені управляються сигналом прямокутної форми з мінімумом 0 вольт і максимумом 3-5 вольт .

PWM з точно таким же принципом використовує і бортовий приймач. Це невеликий пристрій, що одержує сигнали радіоуправління з землі і передає їх в польотний контролер. Найчастіше в польотному контролері для кожного каналу управління (газ, тангажу, крен і т.п.) є свій вхід на який надходить PWM. Логіка взаємодії проста: команда, наприклад, «70% газ» безперервно йде з землі на приймач, де перетворюється в PWM і по окремому проводу надходить в польотний контролер. Аналогічно з тангажу, креном, ристанням.

Раз між приймачем і контролером свої товариські PWM відносини, то їх теж доведеться калібрувати: пульти з приймачами бувають різні зі своїми діапазонами роботи. Контролер повинен вміти підлаштовуватися. Процедура калібрування радіо, на відміну від калібрування регуляторів нам доведеться створювати самим як частина польотний програми. Загальний план калібрування такий:

- Зняти пропелери з моторів на всякий випадок.
- Яким-небудь чином перевести контролер в режим калібрування радіо.
- Контролер запускає калібрування радіо на кілька десятків секунд.
- За відведений час рухаємо усіма стиками пульта на всі боки до упорів.
- Контролер запам'ятовує максимуми і мінімуми для всіх каналів управління у внутрішню пам'ять на віки.

Крім програми для польотного контролера необхідна ще одна програма: інтерфейс настройки польотного контролера. Найчастіше їм є програма для РС, яка з'єднується з польотним контролером по USB і дозволяє користувачеві налаштувати і перевірити польотну програму, наприклад:

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

запускати калібрування радіо, налаштовувати параметри стабілізації, перевіряти роботу датчиків, задавати маршрут польоту на мапі, визначати поведінку Квадрокоптера при втраті сигналу і багато іншого.

1.2 Аналіз ринку

Часто, коли дивишся оголошення про продаж коптерів, помічаєш такі фрази як «250 рама», «450-ий коптер» і т. Д. Так ось цифра присутня в контексті і визначає клас коптера. На прикладі квадрокоптера дана цифра позначає відстань по діагоналі від одного мотора до іншого. Грубо кажучи - це діаметр коптера без гвинтів.

Мікро клас. Почнемо з самих дрібних квадриків. І першим таким представником є DHD D1.



Рисунок 1.6 – Квадрокоптер DHD D1

Найменший на сьогоднішній день квадрокоптер, який вміщується в долоню. Так насправді в долоню їх можна вмістити штуки 4 таких. У нього пульт управління в 3 рази більше ніж він сам. Створений він лише з метою пограти і навчитися основам управління.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Маленький клас. Переходимо до наступного квадрик -старший брату для нашого DHD D1 - Eachine H8 Mini.

Так, в долоню такий квадрик поміститься лише в одному екземплярі. З його допомогою вже можна відчути «хоч якусь вагу». Як можна помітити, на даній іграшці вже встановлені захисні обмежувачі для лопатей, а це значить, що пошкоджень від такого квадрика (а точніше, від його гвинтів) чекати практично не доведеться. Дальність дії всього 30 метрів, але для будинку цього цілком вистачить.

Квадрокоптер Syma x13 ще трохи більше в розмірі, і стабільніше в польоті. Розмір такого квадрика близько 170 мм і в моєму списку він займає «Останнє оптимальне» місце для домашніх коптерів.



Рисунок 1.7 – Квадрокоптер Syma x13

«250 клас». Всі рами до 200 розміру я вважаю «домашніми квадриками», т. К. На вулиці такі іграшки нормально вигуляти не вийде. Легкий подих вітру і вони вже стрімко летять подалі від вас. А який же повинен бути квадрик для вулиці? Ну тут вже вибір набагато цікавіше. Візьмемо, наприклад, Syma x5c.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



Рисунок 1.8 – Квадрокоптер Syma x5c

Розмір такого квадрика вже близько 250 мм по діагоналі. Дана модель не тільки здатна літати в гарну (а саме практично безвітряну) погоду, але і до того ж може доставити додаткове задоволення, т.к. на ній встановлена мініатюрна камера. Однак радіус дії так само обмежений і становить близько 50 м.

Також в категорію 250 розміру входять і новомодні гоночні квадрокоптера. Їх використовують для польотів FPV, т. Е. Від першої особи. Вони обладнуються відео транслює обладнанням і здатні розвивати досить велику швидкість.

Все що необхідно буде докупити - це або монітор або окуляри для прийому картинки з квадрика. Даний вид квадриків особливо цікавий в плані розваги. Вони порівняно стійкі до падінь і невибагливі в ремонті. Ну і обмеження дальності польоту залежить лише від вашої апаратури управління. Єдиною проблемою, з якою може зіткнутися новачок - це недостатній досвід в управлінні, тому якщо ви захочете використовувати даний апарат в якості «першого квадрика», то відразу раджу заpastися пропелерами.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

«350 клас». Перейдемо до більш «важкого класу» - це 350 клас, і відкриє його Syma X8. Даний коптер вже оснащений камерою і здатний транслювати відео прямо на ваш смартфон. Однак дальність дії управління також обмежена 50 м. Також чекати якості від стандартної камери не варто. Крім того, камера на цьому квадрік кріпиться на жорсткий кронштейн, тому стабілізації чекати не доводиться.

На даний момент це найдорожче, але в той же час і найякісніше пропозицію для відеозйомки. Виходячи з цього ви самі можете зрозуміти за ціною на квадрокоптер «наскільки він хороший». В якості середнього приклад можна розглянути Walkera X350 Pro. Сам квадрокоптер непоганий, але камера у нього жахлива. Занадто великий «риб'яче око» псує всю картинку. Вона добре знімає рівні горизонтальні плани, але якщо ви захочете опустити камеру вниз - то горизонт і всі об'єкти згорнутися в трубочку.

«450 клас». Наступний клас - це 450-й. В даний сегмент можна віднести квадрокоптер DJI F450.



Рисунок 1.9 – Квадрокоптер DJI F450

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

«550-700 клас». Сюди сміливо можна віднести DJI inspire.

Класи від 550 до 700 цілком здатні носити на борту невеликі дзеркальні фотокамери типу Sony nex 5n і аналогів з підвісами для стабілізації. Але тут в основному йдуть варіанти «збери сам». За основу ж наприклад можна взяти рами Tarot 680 і «підібрати силову до смаку».

«800 клас». Все що більше 800 розміру - це коптери під важкі дзеркальні фотоапарати. Наприклад, DJI S900 .

Літаючи на рамах понад 650 розміру варто приділити увагу не тільки її жорсткості і надійності, але також і її компактності. З цією метою різні виробники випускають складні рами, причому складатися вони можуть або в горизонтальному положенні, як tarot t680 або у вертикальному, як tarot хб коли промені опускаються вниз.

Ось основні класи коптерів на сьогоднішній день. Говорити про ціни на кожен з них немає сенсу, т.к. Все залежить від начинки і бренду.

1.3 Перспективні галузі та рекомендації по використанні

БПЛА є воістину захоплюючим явищем, все більше і більше стає повсякденністю.

Зараз це не тільки пристрій, який служить інтересам військових. Пропонуємо декілька варіантів використання універсальних квадрокоптерів:

1) Доставка піци, продуктів та інших товарів

Два гіганта інтернет-торгівлі, Dominos і Amazon, усвідомлюють потенціал легких автономних літальних пристроїв і заявляють про можливість їх використання для доставки покупок клієнтам вже в найближчому майбутньому.

2) Зміна традиційної журналістики

Концепція застосування безпілотників була схвалена багатьма школами журналістики. Важливою перевагою дронів є можливість надання реальних кадрів безпосередньо з епіцентру подій без загроз для життя і здоров'я

						КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			5

оператора, особливо при зйомці в зонах підвищеної небезпеки, наприклад, під час бойових дій або на заражених територіях.

3) Інспектування нафтових вишок

4) Транспортування медикаментів і предметів першої необхідності

Авіаційна компанія Matternet розвиває мережу для транспортування ліків в зони лиха.

5) Порятунк життів

Необхідний реанімаційний комплект буде встановлюватися на безпілотному апараті, яким управлятиме медичний працівник.

6) Надання допомоги пошуково-рятувальних командам

Наявність віртуальних очей і вух дрона може істотно розширити можливості рятувальників і підвищити шанси постраждалих на отримання допомоги та виживання.

7) Спостереження за дикою природою

Випробування безпілотників в цій ролі вже провела команда індонезійських учених, які використовували літаючі пристрої для спостереження за групою зникаючих мавп.

8) Допомога фермерам

Особливо вони будуть корисні в великих господарствах.

9) Надання допомоги під час катастроф

Уряд США використовувало дрони для пошуку тих, що вижили і доставки ліків, тим самим знижуючи ризики для працівників служби порятунку в небезпечних районах.

10) Боротьба зі злочинністю

Безпілотні літальні апарати можуть полегшити розслідування злочинів, підвищити ефективність профілактичних заходів щодо їх запобігання, забезпечити "керований" моніторинг в зонах з високим криміногенним ризиком.

11) Охорона національних кордонів

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так само як і поліція, прикордонні органи використовують безпілотники для спостереження за ситуацією на кордоні і виявлення потенційної небезпеки. Так, наприклад, надійшло австралійський уряд, яке поставило дрони на озброєння прикордонників для забезпечення безпеки узбережжя.

12) Порятунок планети

Дрони можуть також допомагати в питаннях охорони навколишнього середовища. Так, влада може їх використовувати для спостереження за тим, щоб зловмисники не забруднювали природу відходами, тоді як НАСА використовує їх для дослідження стану озонового шару.

13) Репортажі про спортивні події

Ідея полягає в тому, що з їх допомогою телевізійники здатні надати широкій аудиторії абсолютно новий погляд на спортивні змагання.

14) Продаж нерухомості

Завдяки цьому потенційні клієнти можуть здійснити віртуальну подорож по будинку або офісу і навколо нього.

15) Дрони-папараці

Наприклад, в минулому році фотограф, використовуючи безпілотник, зміг зробити ексклюзивні кадри весілля Тіни Тернер (Tina Turner) і Ервіна Баха (Erwin Bach).

16) Нові шляхи в мистецтві

Безпілотні літальні апарати можуть бути використані навіть для створення унікальних, хоч і дивних, творів мистецтва.

17) І просто фантастичні кадри

Дрони - чудовий інструмент для створення неповторних і неймовірних кадрів. У цьому їм немає рівних. Наприклад, можна нескінченно черпати натхнення від кадрів запуску ракети багаторазового використання Space X або панорамної зйомки на 360 градусів, створеної шістьма GoPro-камерами, встановленими на дрон.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендації по використанні та управлінні БПЛА. Незважаючи на те, що в світі існує десятки різноманітних пультів управління, вони створені по одиночному принципу: кожен з них оснащений як мінімум двома важелями управління (їх називають також стиками або джойстиками), що відповідають за орієнтацію квадрокоптера в повітрі: його рух уздовж трьох осей координат і обертання.

Ось як може виглядати пульт дистанційного керування.

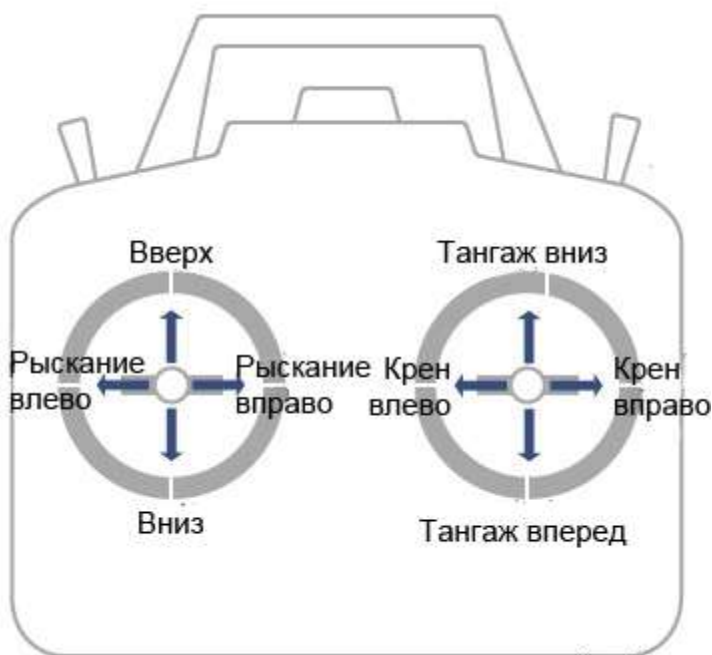


Рисунок 1.10 – Пульт керування квадрокоптером

Лівий важіль відповідає за переміщення квадрокоптера у вертикальній площині і його обертання навколо цієї площини:

- Вгору / Газ (Throttle up).
- Вниз / Гальмо (Throttle down).
- нишпорення вліво (Yaw left).
- нишпорення вправо (Yaw right).

Правий важіль відповідає за тангаж і крен:

- тангажу вниз (Pitch down).
- тангажу вгору (Pitch up).

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- Крен вправо (Roll right).
- Крен вправо (Roll right).

Стабілізація і режими. Сучасні квадрокоптера можуть літати в декількох режимах. Зазвичай у радіокерованого дрона буває 3 режиму польоту, але може бути і більше. Серед них:

- Ручний режим польоту (Manual mode). Це означає, що управління квадрокоптера повністю на ваших плечах і ніякі внутрішні системи не намагаються його утримувати рівно в горизонтальній або вертикальній площині.
- Стабільний режим польоту / Режим орієнтації в просторі (Attitude mode, не плутати з Altitude mode). У цьому режимі використовується акселерометр і ви не зможете робити дроном різні трюки в повітрі.
- Стабілізація за допомогою системи GPS. Квадрокоптера, в яких вбудований GPS, можуть управлятися також в цьому режимі.

Крім того, при наявності GPS можливо автопілотування, утримування висоти або напрямку польоту та інші функції.

1.4 Компоненти побудови БПЛА

Для реалізації заданого пристрою необхідно спочатку обрати центральний блок, який буде відповідати за контроль та управління загальною схемою. У сучасному світі мікроконтролери випускаються десятками різних компаній, при цьому усередині кожного мікроконтролера сімейства часто можна зустріти практично однакові моделі, що розрізняються між собою деякими параметрами, такі як обсяг пам'яті і частота тактування. Застосовуються мікроконтролери у багатьох сферах, це може бути домашня побутова техніка, верстати, системи автоматизації будівель і т. д. Не у всіх випадках потрібна велика обчислювальна потужність, тому випускаються моделі різних категорій ціни і функціональності. Таким чином, в першу чергу розробник повинен оцінити

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

завдання, а потім вже вибрати підходящий мікроконтролер. Для цього розглянемо найбільш відомі сімейства мікроконтролерів.

Таблиця 1. Характеристики основних мікроконтролерів серії STM32

Мікроконтроллер	Тактова частота	Число послідовних портів (UART) в ПК	Об'єм флеш-пам'яті
F0 (STM32F030CCT6)	48 МГц	2	16 КБ
F1 (STM32F103CBT6)	72 МГц	2	128 КБ
F3 (STM32F303CCT6)	72 МГц	3	256 КБ
F4 (STM32F407STG6)	168 МГц	3	1 МБ
F7 (STM32F745VG)	216 МГц	8	1 МБ

Фірма Atmel займається розробкою мікроконтролерів AVR з 1996 року і має 3 основних сімейства: tinyAVR, megaAVR і XMEGA AVR.

Мікроконтролери ATtiny є найбільш компактними в лінійці фірми Atmel. Вони мають флеш-пам'ять об'ємом до 16 КБ і обмежений набір периферійних пристроїв.

Отже, найбільше для наших задач підходить процесор сімейства F4 STM32F407STG6. Його основні характеристики включають :

- Ядро: ARM на 32-бітному ядрі Cortex M4 і процесор з FPU, прискорювач в реальному часі (ART) дозволяє виконання з флеш-пам'яті з нульовим очікуванням, частота до 168 МГц, блок захисту пам'яті, 210 DMIPS/1.25 DMIPS/МГц (Dhrystone 2.1), і DSP інструкцій;

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- До 1 Мбайт флеш-пам'яті;
- До 192 + 4 Кбайт пам'яті SRAM, включаючи 64 Кбайт пам'яті CCM (Core Coupled Memory) ;
- Гнучкий статичний регулятор пам'яті підтримуючи компактну спалах, SRAM, PSRAM, пам'яті NOR і NAND;
- Паралельний інтерфейс РК-дисплей, режими 8080/6800 ;
- Годинник, скидання та управління поставками
- 1.8 V до постачання застосування 3.6 V і I / Os
- POR, PDR, PVD і BOR;
- 4-к-26 МГц кварцовий генератор;
- Внутрішнє 16 MHz фабрично-врівноважене RC (точність 1%)
- 32 кГц для RTC з калібруванням;
- Режими сну, зупинки і очікування;
- Поставка VBAT для RTC, регістрів 20×32 бітів резервних + опціональні SRAM підпори 4 KB;
- 3 × 12-біт, 2.4 MSPS A/D конвертери: до 24 каналів і 7.2 MSPS в потрібному чергується режимі;
- Загальноцільовий DMA: регулятор 16-stream DMA з FIFOs і підтримкою burst-режиму;
- До 17 таймерів: до дванадцяти 16-бітних і два 32-розрядних таймера до 168 МГц, кожен з яких має до 4 СК/ОУ/PWM або, лічильник імпульсів і квадратурної (додатковий) вхід кодуюча;
- Послідовний провід налагодження (SWD) і інтерфейси JTAG
- Cortex-M4 Embedded Trace Macrocell;
- До 140 портів I/O з можливістю переривання;
- До 136 швидких входів/виходів до 84 MHz;
- До 138 5-V портів введення / виведення;
- До 15 інтерфейсів зв'язку;
- До 3 інтерфейсів × I2 C (SMBus / PMBus);

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- До 4 USARTs / 2 UARTs (10.5 Mbit/s, інтерфейс ISO 7816, LIN, IrDA, управління модемом);
- До 3 SPI (42 Mbits / s) ;
- 2 × CAN-інтерфейси (2.0 В Активний);
- Інтерфейс SDIO;
- Регулятор приладу/господаря/OTG вищої швидкості USB 2,0 з блоком PHY, який вбудований безпосередньо у чіп;
- Прилад USB 2,0 High Speed / Very High Speed/регулятор Master / OTG з DMA, PHY Very High Speed на чіпі і ULPI;
- 10/100 MAC локальних мереж з відданим DMA: обладнання IEEE 1588v2 підтримок, MII / RMI;
- 8-до 14-бітному паралельному інтерфейсу камери до 54 Мб / с;
- Справжній генератор випадкових чисел ;
- Блок розрахунку КПП.

У якості блоку датчиків розглянемо спеціалізовану плату MPU-9150. MotionInterface™ стає обов'язковою функцією, прийнятою виробниками смартфонів і планшетів через величезну цінність, яку вона додає до досвіду кінцевого користувача.

MPU-9150 - це перший в світі інтегрований 9-вісьовий пристрій типу MotionTracking, який поєднує в собі 3-осьовий MEMS (мікроелектромеханічні системи) гіроскоп, 3-осьовий MEMS акселерометр, 3-осьовий MEMS магнітометр та цифровий процесор руху (Digital Motion Processor, DMP), який виконує функції апаратного прискорювача двигуна. MPU-9150 ідеально підходить для застосувань у мобільних телефонах та планшетах, ігрових контролерах, дистанційному управлінні положенням пристрою, і інших пристроях користувачів. 9-осьовий MotionFusion MPU-9150 поєднує дані про прискорення і обертальний рух , а також дані з магнітометрів у одиночний потік даних для застосування. Таке впровадження технології MotionProcessing™ забезпечує менші габарити і має величезну

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

переваги ціни за комплекс датчиків у порівнянні з рішенням дискретного гіроскопа, акселерометра та MPU-9150 також сконструйована для того, щоб взаємодіяти з множинними неінерціальними цифровими датчиками (такі як датчики тиску) на своєму допоміжному порте I2C для того, щоб зробити можливим використання 10-осьової комплексної системи датчиків. MPU-9150 відноситься до 3-го покоління обробників руху має технологію, сумісну з сімействами MPU-60X0 та MPU-30X0.

MPU-9150 оснащений трьома 16-бітними аналого-цифровими перетворювачами (АЦП) для оцифровки виходів гіроскопа, трьома 16-бітними АЦП для оцифровки виходів акселерометра і трьома 13-бітними АЦП для оцифровки виходів магнітометра. Для точності відстеження швидких і повільних рухів, частини, користувачу доступний програмований гіроскоп у повномасштабному діапазоні ± 250 , ± 500 , ± 1000 ± 2000 °/сек, акселерометр, що програмується користувачем повномасштабної діапазоні $\pm 2G$, $\pm 4G$, $\pm 8G$, і $\pm 16 G$, і магнітометр у діапазоні повної шкали $\pm 1200\mu T$.

MPU-9150 є мультичіповим (MCM) пристроєм, складаючись з 2 кристалів, інтегрованих в окремий пакет LGA. Один з кристалів містить 3-осьовий гіроскоп та 3-осьовий акселерометр з осей. Інший кристал містить 3-осьовий магнітометр АК8975 корпорації Asahi Kasei Microdevices.

Буфер FIFO на 1024 байта, вбудований у чіп, допомагає досягнути більш низької витрати енергії системою, дозволяючи процесору системи зчитувати дані з датчика великими порціями, і після цього вмикати малопотужний режим під час того як MPU збирає більше даних. З усіма підтримати багато заснованих на рух випадків користі, MPU-9150 унікально підтримує різноманітність попередні засновані на рух застосування повністю на-уламок. Таким чином, MPU-9150 має дуже енергоефективну реалізацію MotionProcessing в портативних рішеннях з зменшеними вимогами до обробника системи. За рахунок забезпечення інтегрованого модуля MotionFusion, DMP в MPU-9150 розвантажує дуже інтенсивні вимоги до

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

обчислення руху від процесора системи, зменшуючи потребу частого опитування виходу датчика руху.

Зв'язок зі всіма регістрами приладу здійснюється з допомогою I2C на частоті 400 кГц. Додаткові характеристики включають вбудований датчик температури і вбудований у чіп генератор зі зміною $\pm 1\%$ над низкою робочої температура.

1.5 Побудова ВУ на МКС

Мікроконтролер – це реалізований у вигляді однієї інтегральної схеми програмований обчислювальний пристрій, що включає в свій склад процесорне ядро для виробництва обчислень і набір периферійних модулів для реалізації різних функцій контролю і управління. У сучасному світі мікроконтролери випускаються десятками різних компаній, при цьому усередині кожного мікроконтролера сімейства часто можна зустріти практично однакові моделі, що розрізняються між собою деякими параметрами, такі як обсяг пам'яті і частота тактування. Застосовуються мікроконтролери у багатьох сферах, це може бути домашня побутова техніка, верстати, системи автоматизації будівель і т. д. Не у всіх випадках потрібна велика обчислювальна потужність, тому випускаються моделі різних категорій ціни і функціональності.

Мікроконтролери, використовувани в різних пристроях, що виконують функції інтерпретації даних, що надходять з клавіатури користувача або від датчиків, що визначають параметри навколишнього середовища, що забезпечують зв'язок між різними пристроями системи і передають дані іншим приладам. Застосування мікроконтролерів дозволяє значно знизити кількість і вартість використовуваних матеріалів і комплектуючих виробів, що забезпечить зниження собівартості кінцевої продукції. Використання мікроконтролерів може істотно збільшити привабливість продукції для споживача завдяки реалізації «дружнього інтерфейсу» при відносно невеликих додаткових витратах. Забезпечується також можливість

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

розширення області застосування продукції шляхом використання одних і тих же апаратних засобів з різноманітним програмним забезпеченням, спеціалізованим для реалізації різних функцій.

При розробці систем керування різними процесами і об'єктами використання мікроконтролерів дає проектувальнику значні переваги.

Мікроконтролери відрізняються не тільки архітектурою і характеристиками, але і особливостями функціонування і реалізації. Більшість мікроконтролерів являють собою процесор, інтегрований з пам'яттю і пристроями введення/виведення даних. Деякі мікроконтролери не є реальними приладами, а мають вигляд макромоделей, описаних мовою високого рівня VHDL, які створені для включення до складу спеціалізованих замовних мікросхем (ASIC — Application Specific Integrated Circuits). Така реалізація дозволяє інженеру-проектувальнику ввести в розроблювану мікросхему пам'ять і пристрої введення/виведення даних, які відповідають вимогам технічного завдання. Практично всі мікроконтролери входять до складу певних родин, члени яких відрізняються складом і характеристиками периферійних пристроїв, реалізованих на кристалі.

Величезна номенклатура випускаються промисловістю мікроконтролерів, що відрізняються різним поєднанням основних параметрів, що значно ускладнює процес вибору приладу, найбільш відповідного для даного застосування.

При роботі з мікроконтролерами необхідно мати на увазі таку обставину. Коли розробляється система на основі мікроконтролера, то створюються не тільки апаратні засоби, які реалізуються відповідним підключенням мікроконтролера до зовнішніх пристроїв. Розробник повинен також забезпечити виконання багатьох системних функцій, які в традиційних мікропроцесорних системах забезпечуються з допомогою операційної системи і спеціальних периферійних мікросхем. Це дозволяє різними способами оптимізувати проект — як його апаратну, так і програмну частину, для конкретного застосування.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Мікроконтролери з великою розрядністю (16 і 32 біт) - це складні пристрої, які виконують функції цілих підсистем, в той час як 8-розрядні мікроконтролери забезпечують вирішення окремих простіших задач.

1.6 Вузли і системи діагностики

Акселерометр – це прилад, що вимірює проекцію уявного прискорення (різниці між істинним прискоренням об'єкта і гравітаційним прискоренням). Як правило, акселерометр являє собою чутливу масу, закріплену в пружному підвісі. Відхилення маси від її початкового положення при наявності уявного прискорення несе інформацію про величину цього прискорення.

По конструктивному виконанню акселерометри поділяються на однокомпонентні, двокомпонентні, трикомпонентні. Відповідно, вони дозволяють вимірювати проекції уявного прискорення на одну, дві і три осі.

Деякі акселерометри також мають вбудовані системи збору і обробки даних. Це дозволяє створювати завершені системи для вимірювання прискорення і вібрації з усіма необхідними елементами.

Крім того, цифрові акселерометри знайшли широке застосування в мобільних пристроях, наприклад, телефонах, планшетних комп'ютерах і т. п. Завдяки акселерометрам здійснюється керування положенням зображення на моніторі мобільного пристрою і відстеження його орієнтації щодо напрямку постійно діючої сили гравітації Землі

Гіроскоп — пристрій, що має здатність вимірювання зміни кутів орієнтації пов'язаного з ним тіла відносно інерційної системи координат. В даний час відомо два типи гіроскопів: механічний і оптичний. По режиму дії гіроскопи поділяються на: датчики кутової швидкості і покажчики напрямку. У звичайному гіроскопі таким опорним рухом є обертання ротора. У вібраційному гіроскопі обертання замінено порушенням опорної вібрації.

Магнітометр являє собою пристрій для вимірювання інтенсивності однієї або декількох складових магнітного поля. Сьогодні ринок надає широкий вибір двох - і трьохосьових електронних компасів в інтегральному

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

виконанні. Для більш повного розуміння принципу дії такого компаса розглянемо основні положення теорії магнетизму і принципи визначення напрямку вектора магнітного поля Землі.

Регулятор ходу (Electronic Speed Controller, ESC) – це пристрій для керування оборотами електродвигуна. Електронний регулятор ходу дозволяє плавно варіювати електричну потужність, що подається на електродвигун. На відміну від простіших резистивних регуляторів ходу (в даний час практично не застосовуються в моделізмі), які керували потужністю двигуна шляхом включення в ланцюг послідовно з мотором активного навантаження, що перетворює надлишкову потужність на тепло, електронний регулятор ходу має значно вищий ККД, та витрачає енергію акумуляторної батареї на зайвий нагрів.

В моделях з електроприводом потрібно управляти електромоторами - їх треба включати, змінювати їх обороти і зупиняти. Якщо на двигунах внутрішнього згоряння для цих цілей служать керований сервоприводом карбюратор, то електромоторів потрібно окремий пристрій, який називається регулятором ходу.

Крім електронних регуляторів ходу, випускаються електронні вимикачі ходових електродвигунів. Вони не регулюють потужність двигуна, а тільки вмикають і вимикають його по команді з передавача. Зазвичай, крім керування обертами, регулятори пропонують багато додаткових функцій. Крім того, вони мають ряд характеристик, від яких може залежати вибір вами тієї або іншої моделі.

- Гальма. Для багатьох моделей потрібно не тільки швидко розкрутити двигун на старті, але і швидко його загальмувати.
- Реверс. Іноді буває корисно мати на моделі задній хід.
- ВЕС-система (Battery Elimination Circuit).
 - Опторозв'язка. У потужних регуляторів на підвищені напруги - від 15 до 36 банок акумуляторів вбудовують гальванічну розв'язку силових ланцюгів від ланцюгів приймача системи радіоуправління.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- POR (Power on Reset). Скидання при включенні.
- PCO (Power Cut Off). Функція відключення електродвигуна при падінні напруги акумулятора нижче заданого порогу.
- TOP (Thermal Overload Protection) - захист силових ключів від струмового перевантаження, який може призвести до теплового руйнування MOSFET-транзисторів.
- TP (Thermal Protection) - захист від перегріву регулятора ходу.
- RVP (Reverse Voltage Protection) - захист від переполюсовки живлячої напруги.

1.7 Системи двигунів

Безколекторні двигуни отримали широке розповсюдження завдяки розвитку електроніки і, в тому числі, завдяки появі недорогих силових транзисторних ключів. Також важливу роль зіграло поява потужних неодимових магнітів.

Конструктивно безколекторний двигун складається з ротора з постійними магнітами і з обмотками статора. Варто звернути увагу на те, що в колекторному двигуні навпаки, знаходяться обмотки на роторі. Тому далі в тексті ротор – магніти, статор – обмотки.

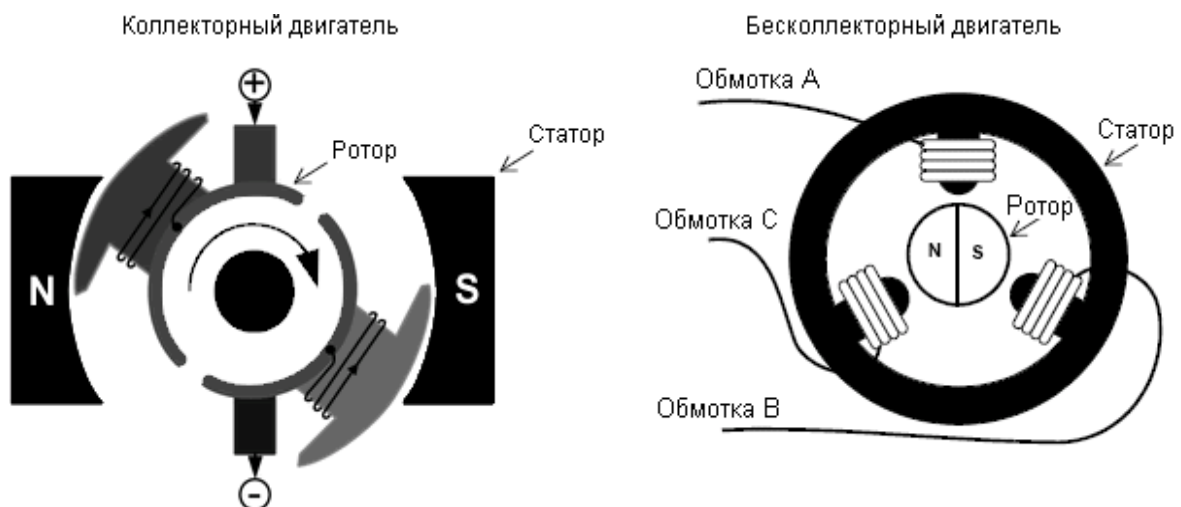


Рис 1.11 - Відмінності у будові колекторних та безколекторних двигунів

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Для керування двигуном застосовується електронний регулятор - ESC (Electronic Speed Control). Спробуємо розібратися, що собою являє безколекторний двигун постійного струму (Brushles Direct Current Motor). У самій цій фразі вже криється відповідь – це двигун постійного струму без колектору. Функції колектору виконує електроніка.

З конструкції двигуна видаляється досить складний, потребує обслуговування важкий вузол – колектор. Конструкція двигуна істотно спрощується. Двигун виходить легше і компактніше. Значно зменшуються втрати на комутацію, оскільки контакти колектору та щітки замінюються електронними ключами. У підсумку отримуємо електродвигун з найкращими показниками ККД і показником потужності на кілограм власної ваги, з найбільш широким діапазоном зміни швидкості обертання. На практиці безколекторні двигуни гріються менше, ніж їх колекторні брати. Застосування потужних неодимових магнітів зробили безколекторні двигуни ще більш компактними. Конструкція безколекторного двигуна дозволяє експлуатувати його у воді й агресивних середовищах (зрозуміло, тільки двигун, регулятор мочити буде дуже дорого). Безколекторні двигуни практично не створюють перешкод.

Єдиним недоліком вважають складний дорогий електронний блок управління (регулятор або ESC). Однак, якщо ви хочете керувати оборотами двигуна, без електроніки ніяк не обійтися. Якщо вам не треба керувати оборотами безколекторного двигуна, без електронного блоку управління все одно не обійтися. Безколекторний двигун без електроніки – просто залізяка. Немає можливості подати на нього напругу і домогтися нормального обертання як у інших двигунів.

Те ж саме робить і електроніка, що управляє безколекторним двигуном – в потрібні моменти підключає постійна напруга на потрібні обмотки статора. З вищесказаного важливо усвідомити, що подавати напруга на обмотки двигуна потрібно в залежності від положення ротора.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Тому електроніка повинна вміти визначати положення ротора двигуна. Для цього застосовуються датчики положення. Вони можуть бути різного типу, оптичні, магнітні і т. д. В даний час дуже поширені дискретні датчики на основі ефекту Холла (наприклад SS41). У трифазному безколекторному двигуні використовується 3 датчика. Завдяки таким датчикам електронний блок управління завжди знає, в якому положенні знаходиться ротор і на які обмотки подавати напругу в кожен момент часу. Пізніше буде розглянутий алгоритм керування трифазним безколекторним двигуном.

Існують безколекторні двигуни, які не мають датчиків. У таких двигунах положення ротора визначається шляхом вимірювання напруги на незадіяною в даний момент часу обмотці. Ці методи також будуть розглянуті пізніше. Слід звернути увагу на суттєвий момент: цей спосіб актуальний тільки при обертанні двигуна. Коли двигун не обертається або обертається дуже повільно, такий метод не працює.

Двигуни з датчиками положення більш прийнятні з технічної точки зору. Алгоритм управління такими двигунами значно простіше. Проте є і свої мінуси: потрібно забезпечити живлення датчиків і прокладку дротів від датчиків в двигуні до електроніці; у разі виходу з ладу одного з датчиків, двигун припиняє роботу, а заміна датчиків, як правило, вимагає розбирання двигуна.

У тих випадках, коли конструктивно неможливо розмістити датчики в корпусі двигуна, використовують двигуни без датчиків. Такі двигуни практично не відрізняються від двигунів з датчиками. А ось електронний блок повинен уміти керувати двигуном без датчиків. При цьому блок управління повинен відповідати характеристикам конкретної моделі двигуна.

Трифазні безколекторні двигуни набули найбільшого поширення. Але вони можуть бути і одне, двох, трьох і більше фазними. Чим більше фаз, тим більш плавне обертання магнітного поля, але і складніше система управління двигуном. 3-х фазна система найбільш оптимальною за співвідношенням ефективність/складність, тому і отримала настільки широке поширення.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8 Розробка алгоритмів та ПЗ контролю руху БПЛА

З проведених вище дослідів відомо, що квадрокоптер змінює своє положення в просторі за рахунок посилення або ослаблення швидкості обертання моторів. Завдяки цим маніпуляціям він може:

- Підніматись в гору
- Спускатись униз
- Поворот вліво
- Поворот вправо
- Рухатися по горизонталі:
 - Вперед
 - Назад
 - Вліво
 - Вправо

Також алгоритмом управління квадрокоптера передбачені такі функції як: повернення до точки старту, посадка квадрокоптеру та аварійна посадка.

Підйом-спуск. Газ висіння — мінімальний рівень газу, потрібний для того щоб квадрокоптер не втрачав висоту. Вимірюється у відсотках.

Зазвичай газ висіння рівний 40 - 60% швидкості обертання моторів.

Для того щоб квадрокоптер набирал висоту (підіймався вгору) треба, щоб газ квадрокоптера був більше газу висіння квадрокоптера, а для того щоб він втрачав висоту треба, щоб газ був нижче газу висіння але більше нуля (наприклад 20%).

Отже для того щоб квадрокоптер почав підійматися вгору треба щоб газ квадрокоптера був від 70% до 100%. Від кількості відсотків зміниться швидкість підйому квадрокоптеру, чим більше — тим швидше підйом.

Для того щоб квадрокоптер почав спускатися треба щоб газ квадрокоптера був від 10 до 35%. Від кількості відсотків газу зміниться швидкість спуску квадрокоптеру, чим нижче газ квадрокоптера — тим швидше його спуск.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм підйому-спуску квадрокоптера

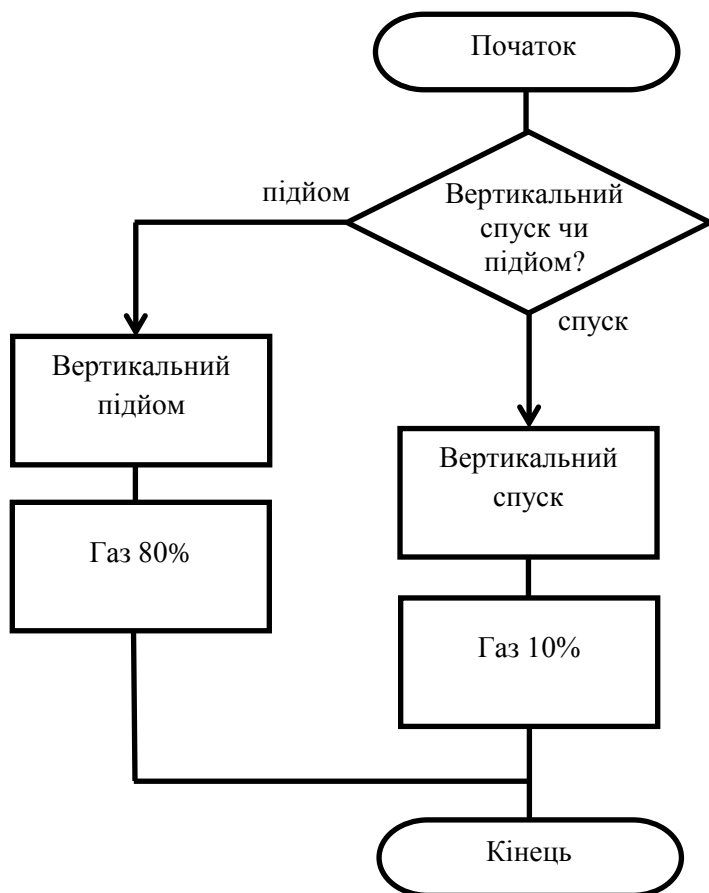


Рис. 1.12 – Алгоритм підйому-спуску квадрокоптера

Звичайним квадрокоптерам вистачає 80% газу для підйому та 10% газу для спуску, але для спортивних квадрокоптерів, ціль яких мега швидкісні гонки на великій висоті та роблення трюків (сальто та інше) при підйомі газ моторів доходить до 100%, а при спуску до 0%.

Поворот вліво-вправо. Для поворотів квадрокоптера (змінення куту рискання) одна пара моторів починає обертатися трішки швидше іншої пари моторів.

LFW - left front clockwise rotation (лівий передній, обертання за годинниковою стрілкою)

RFC - right front counter clockwise rotation (правий передній, обертання проти годинникової стрілки)

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

LBC - left back counter clockwise rotation (лівий задній, обертання проти годинникової стрілки)

RBW - right back clockwise rotation (правий задній, обертання за годинниковою стрілкою)

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм повороту вліво-вправо квадрокоптера

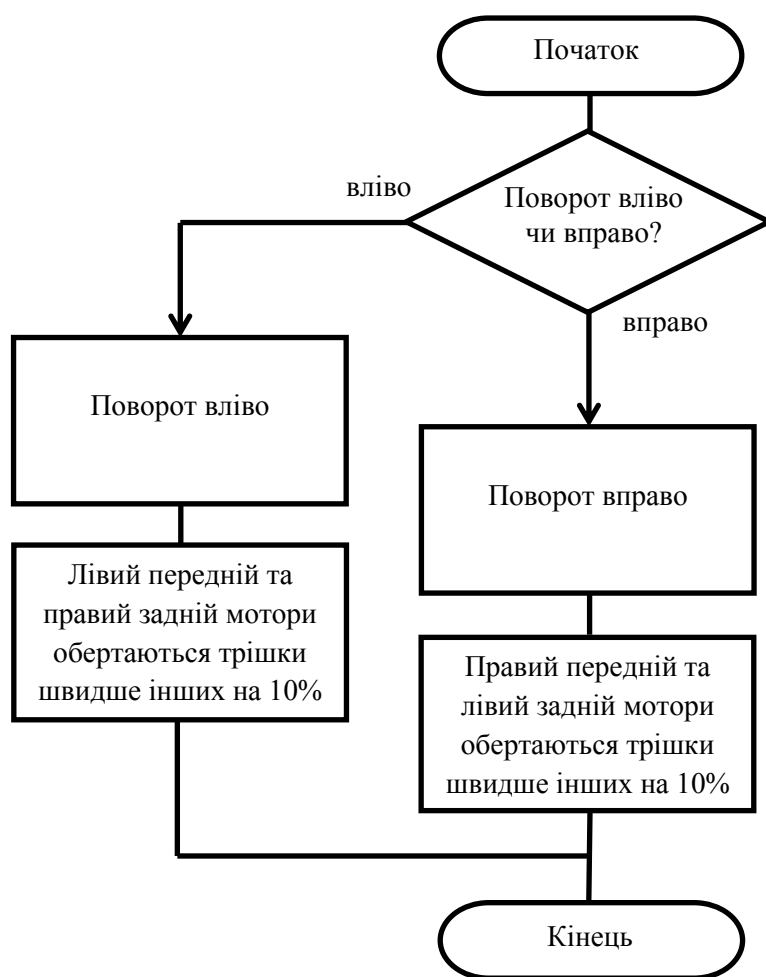


Рис. 1.13 – Алгоритм повороту вліво-вправо квадрокоптера

Виходячи з цього алгоритму ми бачимо, що поворот квадрокоптера вліво та вправо відбувається за рахунок різниці швидкості обертання однієї пари моторів з іншою парою моторів квадрокоптера, чим більше різниця в обертанні моторів ті швидше квадрокоптер буде повертатися для плавного повороту зазвичай вистачає різниці в 10%.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Рухання вперед-назад. Квадрокоптер рухається вперед та назад (змінює кут тангажа) за рахунок різності обертання передніх та задніх моторів. Наприклад, якщо газ висіння квадрокоптеру рівний 50%(всі мотори обертаються зі швидкістю 50%), то для виведення його зі стану рівноваги та початку рухання вперед чи назад, треба збільшити газ задніх чи передніх моторів на 10-20%. Також треба зазначити якщо різниця в обертанні передніх та задніх двигунів буде занадто велика (більше 20%), то квадрокоптер може перевернутися в просторі (почати робити сальто та інші фінти).

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм рухання вперед-назад квадрокоптера

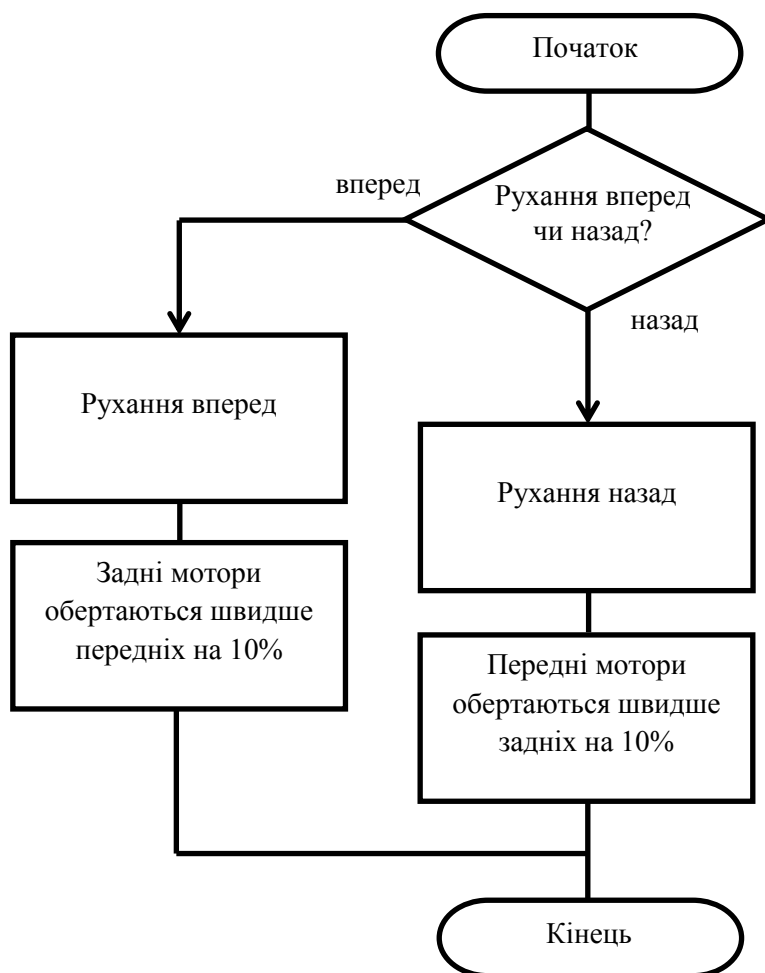


Рис. 1.14 – Алгоритм рухання вперед-назад квадрокоптера

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зазвичай квадрокоптерам вистачає різниці 10% в обертанні моторів, але для спортивних квадрокоптерів які призначені для мега швидкісних гонках на великій висоті 10% буде замало, різниця в обертанні моторів може доходити до 40%.

Рухання вліво-вправо. Рухання квадрокоптеру вліво та вправо(зміна кута крену) керується тими ж правилами що й рухання вперед та назад, єдина різниця в тім, що квадрокоптер рухається вправо та вліво за рахунок різниці обертання правих та лівих моторів.

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм рухання вліво-вправо квадрокоптеру

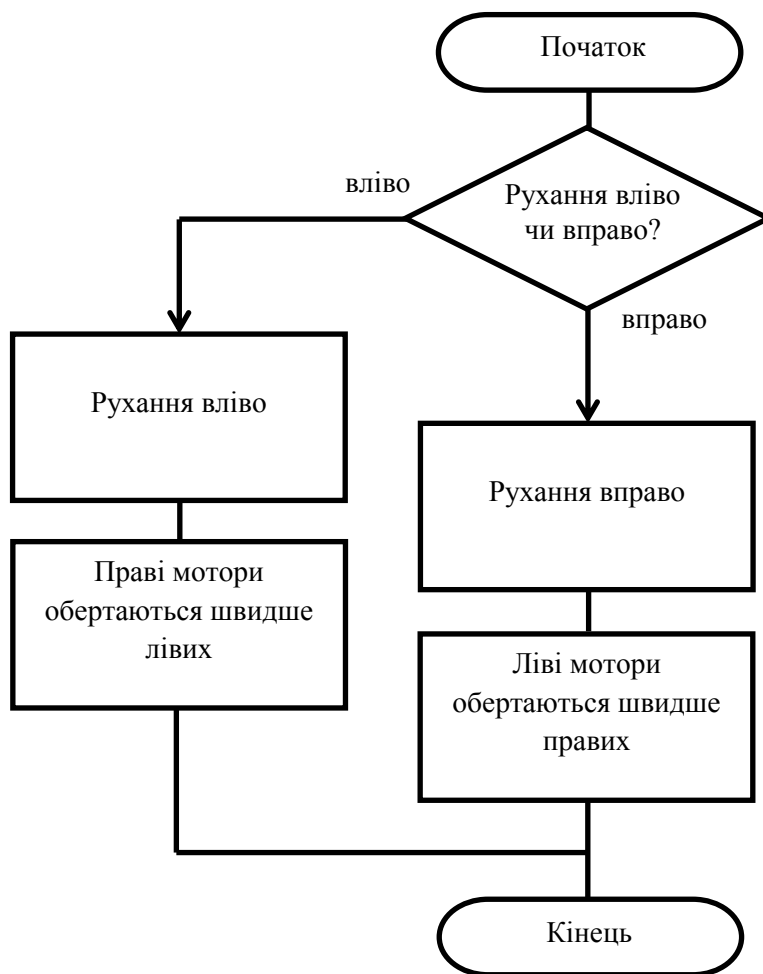


Рис. 1.15 – Алгоритм рухання вліво-вправо квадрокоптера

Зазвичай квадрокоптер не літає «боком», наклони вліво та вправо використовують для більш «гладких» кутів повороту квадрокоптера.

Повернення до точки старту. Як би не намагалися виробники квадрокоптерів використовувати новітні технології, на жаль, факт залишається фактом - рано чи пізно майже кожен пілот стикається з неприємною проблемою «у мене улетів квадрокоптер».

В даний час більшість квадрокоптера оснащено функцією GPS, що дозволяє їм визначати свої координати в просторі, запам'ятовувати їх і утримувати при необхідності. Ця ж функція дозволяє здійснити автоматичний «повернення додому», тобто повернення на записану за координатами GPS точку в випадках:

- втрати сигналу з пульта управління
- низького заряду акумулятора
- примусової активації функції

Перед зльотом обов'язково переконайтеся в тому, що квадрокоптер відстежив всі супутники і готовий до роботи. Так само не зайвим буде зробити калібрування компаса (якщо ви віддалилися від минулого місця для польотів більш ніж на 10 км), робиться калібрування за пару хвилин, як саме - дивіться в інструкції до квадрокоптера.

В якості точки старту (і місця посадки при автовозврату) вибирайте місце без дерев, стовпів і проводів на відстані 15 метрів. Це дозволить квадрокоптера без пошкоджень приземлитися в автоматичному режимі.

Всі вищезгадані квадрокоптера при просідання акумулятора летять до точки зльоту, а в разі неможливості її досягти здійснюють автоматичну посадку. Це актуально, якщо ви відлітає досить далеко від точки зльоту заради цікавих кадрів.

Якщо ви віддалилися більше кілометра від точки зльоту (залежить від дрона і місцевості), то ваш квадрокоптер втратить сигнал від передавача і почне автоматичне повернення.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм повернення до точки старту квадрокоптера



Рис. 1.16 – Алгоритм повернення до точки старту квадрокоптера

Після повернення до точки старту квадрокоптер очікує команди, пілот може вимкнути живлення квадрокоптера, або ж знов підняти його у повітря, якщо програма повернення до точки старту не була виконано через малий заряд акумулятора, в цьому разі живлення квадрокоптера вимикається автоматично.

Посадка квадрокоптера здійснюється дуже просто. При отриманні квадрокоптером сигналу посадки він стабілізується у просторі(мотори будуть обертатися в режимі газу висіння), а потім почне зниження доки не упреться у тверду поверхню.

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм посадки квадрокоптеру

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



Рис. 1.17 – Алгоритм посадки квадрокоптера

Програма посадки не означає що квадрокоптер закінчив свою «роботу», після посадки квадрокоптер переходить в режим очікування команд, пілот може вимкнути живлення квадрокоптера, або ж знов підняти його у повітря.

Аварійна посадка. Коли у квадрокоптеру заряд акумулятор падає нижче мінімуму то виконується програма автоматичного повернення до точки старту, але коли квадрокоптер дуже далеко відлетів від точки старту (більше 1км) і заряду акумулятора не вистачає щоб повернутися до точки старту квадрокоптера виконується аварійна посадка.

В результаті проведених досліджень був розроблений алгоритм аварійної посадки квадрокоптеру

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



Рис. 1.18 – Алгоритм аварійної посадки квадрокоптера

Також аварійна посадка виконується при втраті зв'язку з пультом керування.

Коди програм вказани в додатку.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою дипломного проекту є розробка алгоритмів та кодів підпрограм для управління квадрокоптером за різних умов польоту. При виконанні розробки, був проведений аналіз існуючих квадрокоптерів, зроблені певні висновки, та надані рекомендації щодо її модернізації. Також, при розробці коду, врахований фактор розширення у майбутньому. Тому, приведенний детальний опис мережевого обладнання та його характеристики.

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної розробки.

Розрахунок трудомісткості виконання науково-дослідницької розробки. У технологічній структурі науково-дослідних робіт можна виділити декілька самостійних етапів, а саме:

- розробка технічного завдання,
- вибір напрямку дослідження,
- теоретичні і експериментальні дослідження,
- узагальнення і оцінка результатів.

Розрахунок собівартості і ціни виконання НДР. Результатом виконання НДР є науково-технічна продукція, що є закінченням науково – дослідницькі роботи, виконані відповідно до вимог, передбачених договором, і прийнятими замовником. Виходячи з особливостей створення науково – технічної продукції і її залежності від інтелектуальної праці, розрахунок собівартості і ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, і деякі інші.

а) Витрати на матеріали, купувальні комплектуючі, напівфабрикати визначають на основі розрахунку потреби в них за оптовими цінами, що діють, з врахуванням транспортних – заготовлених витрат у розмірі 7-10% оптової вартості матеріалів, купувальних комплектуючих, і виробів напівфабрикатів.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо притягнених до її виконання.

Розрахунок матеріальних витрат приведений в таблиці 2.1

Табл.2.1 - Розрахунок матеріальних витрат

Найменування ресурсів	Одиниця виміру	Необхідна кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Папір А4	Листи	70	1.00	70.00
Папір А1	Листи	4	10.00	40.00
Друк роботи	Листи	70	1.00	70.00
Разом				170.00
Транспортні – заготівельні витрати 10%				17.00
Всього				187.00

Розмір основної зарплати встановлюється виходячи з чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, а також їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2018» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 січня 2018 році - 3723 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 22.41 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$Дз = Дo / 25.4;$$

де Дo- місячний оклад, грн.;

25.4- середня місячна кількість робочих днів.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Дз дипломника = $3723 / 25.4 = 146.57$ грн.

Дз керівника = $4000 / 25.4 = 157.48$ грн.

Дз консультантів = $4000/25.4 = 157.48$ грн.

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються в собівартість, приведені в таблиці 2.2.

Табл.2.2 - Витрати на основну заробітну плату.

Виконавець	Місячний посадовий оклад, грн	Денна ставка, грн	Трудовісткість робочих днів	Сума основної зарплати, грн
Дипломник	3723	146.57	22	3224.54
Керівник	4000	157.48	1	157.48
Консультант по економічній частині	4000	157.48	0.2	31.50
Консультант по охороні праці	4000	157.48	0.2	31.50
Нормоконтроль	4000	157.48	0.2	31.50
Всього (Зо)				3476,52

в) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках від основної і враховують виплати за час, що не пропрацював, встановлений законом. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-12% від основної заробітної плати.

$$Зд = 10\% * Зо;$$

$$Зд = 3476.52 * 0,1 = 347.65 \text{ грн}$$

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

г) До складу собівартості НДР включаються податки, збори і інші обов'язкові платежі, встановлені системою оподаткування що діє. Сума до єдиного соціального внеску складає 22% від загального фонду оплати праці.

Відрахування до єдиного соціального внеску складає:

$$З_{\text{св}} = 0,22 * (З_0 + З_д);$$

$$З_{\text{св}} = 0,22 * (3476.52 + 347.65) = 841.31 \text{ грн.}$$

д) До накладних витрат відносять витрати на управління і господарське обслуговування, що відноситься до всіх виконуваних НДР. По цій статті враховується заробітна плата апарату управління і загальногосподарських служб, витрати на потоковий ремонт будов, устаткування і інструментів, амортизаційні відрахування на їх повне відновлення і капітальний ремонт, витрати по охороні праці, витрати на винаходи і раціоналізацію, витрати на науково – технічну інформацію і рекламу, і так далі. Розмір накладних витрат на конкретну НДР визначається у відсотках до її виконання. У наукових закладах накладні витрати складають 60-120% від основної і додаткової заробітної плати.

$$Р_{\text{накл}} = (З_0 + З_д) * 0,6;$$

$$Р_{\text{накл}} = (3476.52 + 347.65) * 0,6 = 2294.5 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому НДР за формою, приведеною в таблиці 2.3.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Табл.2.3 - Калькуляція планової собівартості

Статті витрат	Сума, грн
1 Матеріали	187.00
2 Основна заробітна плата	3476,52
3 Додаткова заробітна плата	347.65
4 Відрахування до єдиного соціального внеску	841.31
5 Накладні витрати	2294.5
Планова собівартість (Спл)	7146.98

У наукових організаціях разом з плановою собівартістю визначаємо величину планового прибутку і договірну ціну НДР.

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$\text{Ппл} = 0,1 * \text{Спл}$$

Де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції.

$$\text{Ппл} = 0,1 * 7146.98 = 714.69 \text{ грн.}$$

Договірну ціну визначаємо по формулі:

$$\text{Цнір} = \text{Спл} + \text{Ппл};$$

$$\text{Цнір} = 7146.98 + 714.69 = 7861,67 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації встановлюємо з урахуванням ПДВ

$$\text{ПДВ} = 0,2 * \text{Цнір}$$

$$\text{ПДВ} = 0,2 * 7861,67 = 1572.33 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$\text{Цр} = \text{Цнір} + \text{ПДВ};$$

$$\text{Цр} = 7861,67 + 1572.33 = 9434 \text{ грн.}$$

Висновок. Ціна науково-дослідницької розробки «Проектування автоматичного вузла управління сучасних БПЛА» складає 9434 грн.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Конституція України закріпила право громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності. Основним об'єктом правового захисту в ній є людина як найвища соціальна цінність, її права і свободи, гарантії їх реалізації.

Гарантування безпечних умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму, усунення шкідливих факторів є однією з головних турбот Української держави.

Дипломним проектом передбачається програмування універсального квадрокоптеру. Цю роботу можна порівняти з роботою користувача ПК.

Широке розповсюдження отримали персональні комп'ютери. Однак їх використання загострило проблему збереження здоров'я працівника, що в свою чергу вимагає вдосконалення існуючих та розробки нових підходів до організації робочого місця, яке обладнане ПК.

Заходи з охорони праці користувачів ПК розглядають в трьох аспектах: соціальному, психологічному та медичному. У соціальному плані розв'язання цих проблем пов'язане з оптимізацією умов життя, праці, відпочинку, харчування, побуту, розвитком культури, транспорту.

Особливої значущості у користувачів відеодисплейних терміналів набуває психоемоційний стрес, який більшою або меншою мірою проявляється у кожного з них. Оскільки цю проблему відразу вирішити неможливо, доцільно на рівні підприємства, організації послідовно усувати такі виробничі умови, які є сприятливими для розвитку емоційного стресу.

Освітлення. Слід мати на увазі, що нейтральні сіро-зелені тони є найбільш бажаними для пофарбування стін приміщень з ВДТ, оскільки вони не тільки сприятливо впливають на зір, а й знімають загальну втому. Виробничі приміщення не повинні межувати з приміщеннями, в яких рівень шуму і вібрації перевищують допустимі значення, приміщення з ВДТ мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги, мають бути обладнані системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря, в ньому мають бути

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шафи для зберігання документів, магнітних дисків, полиці, стелажі, тумби тощо, з урахуванням вимог до площі приміщення, щоденно проводити вологе прибирання.

Недостатнє освітлення приміщення з ВДТ може стати причиною проф. захворювання чи виробничої травми, тому воно повинно мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В 2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення»;

При організації природного освітлення необхідно враховувати специфіку зорової роботи з ВДТ, в даному випадку найбільш придатними є приміщення з одностороннім розташуванням вікон, при чому бажано, щоб площа застіння не перевищувала 25-50%. Найкраще, коли вікна зорієнтовані на північ чи північний схід. Це дасть змогу усунути небажану засліплюючу дію сонячних променів.

Тепловий стан. Під оптимальними мікрокліматичними умовами розуміють такі співвідношення його параметрів, при якому в умовах тривалої та систематичної дії на людину створюються комфортні теплові відчуття та відбувається збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції.

Допустимі мікрокліматичні умови передбачають можливість виникнення дискомфортих відчуттів та зміни теплового стану організму, однак вони швидко минають і нормалізуються за рахунок напруження механізмів терморегуляції в межах фізіологічних пристосувальних можливостей.

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок, що називаються іонами. Так в 1 см³ чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Іонний склад повітря може значно змінюватись під впливом цілої низки факторів, до яких також належить специфіка виробничої діяльності.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлено, що вже через 5 хвилин роботи ВДТ концентрація легких негативних іонів знизилася приблизно у 8 разів, а через 3 години роботи – була вже на рівні, близькому до нуля. Істотно знизилась концентрація середніх та важких негативно заряджених частинок. Разом з тим концентрація позитивних іонів зростала і через 3 години роботи з ВДТ у повітрі робочої зони переважали позитивно заряджені частинки усіх розмірів.

Така зміна балансу іонного складу повітря призводить до несприятливого впливу на здоров'я користувачів ВДТ. Дослідження, проведені як за кордоном, так і в Україні підтвердили негативний вплив, зумовлений збільшенням кількості позитивних іонів на розумову та фізичну працездатність, розвиток втоми, діяльність серцево-судинної системи бронхо-легеневого апарату, кровотворення, вегетативної нервової системи.

Відзначено значний вплив на систему реєстрації інформації, передусім на її найбільш лабільну ланку – короткотермінову пам'ять

Необхідні концентрації позитивних та негативних іонів в повітрі робочих зон можна забезпечити застосуванням:

- генераторів негативних іонів;
- установок штучного зволоження;
- кондиціонерів;
- примусової вентиляції (прівітрювання, системи загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції, пристрої місцевої вентиляції);
- захисних екранів, що заземлені.

Відомо, що шум несприятливо діє на слуховий аналізатор та інші органи та системи організму людини. Визначальне значення щодо такої дії має інтенсивність шуму, його частотний склад, тривалість щоденного впливу, індивідуальні особливості людини, а також специфіка виробничої діяльності.

Ті види діяльності, у яких поєднується напружена розумова робота та інтенсивне використання комп'ютера (редагування тексту, верстка оригіналу, «запуск» та відлагодження програм тощо) характеризується відчутним

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

впливом навіть незначних рівнів шуму. Цей вплив виражається у зниженні розумової працездатності, швидкій втомлюваності, послабленні уваги, появі головного болю та ін. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ і ПК визначені дСанПіН 3.3.2-007-98.

Виробничий шум. Основними заходами боротьби з шумом є:

- зниження рівнів шуму в джерелі його утворення (застосовується, як правило, в процесі проектування);
- використання звукопоглинаючих та звукоізолюючих засобів;
- раціональне планування виробничих приміщень та робочих місць.

На комп'ютеризованих робочих місцях основними джерелами шуму є вентилятори системного блоку, накопичувачі, принтери ударної дії. Оскільки зовнішні шуми (вулиця, суміжні приміщення) також можуть негативно впливати на функціональний стан операторів ВДТ, то стіни приміщень, в яких розташовані комп'ютеризовані робочі місця бажано облицювати звукопоглинаючими матеріалами.

Вібрація. Під час виконання робіт ПК у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях не повинні перевищувати допустимих значень, визначених СН 3044-84. Для зниження вібрації обладнання, пристрої, пристосування необхідно встановлювати на спеціальні амортизуючі прокладки, передбачені нормативними документами. Дисплеї на основі ЕПТ є потенційним джерелом випромінювання кількох діапазонів електромагнітного спектру: рентгенівського, оптичного, радіочастотного. Кожний вид випромінювання відрізняється своїми особливими характеристиками впливу на організм людини.

З метою профілактики несприятливого впливу електромагнітного випромінювання від ВДТ на користувача необхідно:

- встановити на робочому місці відеотермінал, що відповідає сучасним вимогам стосовно захисту від випромінювань (MPR-II або TCO-95);

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

— встановити на ВДТ старої конструкції заземлений приєкранний фільтр (незаземлений захисний екран відіграє лише декоративну роль щодо захисту від електромагнітного випромінювання);

— не переобтяжувати приміщення значною кількістю робочих місць з ВДТ;

— не концентрувати на робочому місці великої кількості радіоелектронних пристроїв;

— вимикати ВДТ, якщо на ньому не працюють, однак знаходяться неподалік від нього.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних ЕОМ, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення. ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним.

Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЕОМ та периферійних пристроїв ЕОМ до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ЕОМ при розташуванні їх у центрі приміщення, прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, що містять сірку. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється.

Пожежі. В приміщеннях з оргтехнікою становлять особливу небезпеку, бо поєднані з великими матеріальними збитками. Пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин і джерел запалювання. Горючими речовинами є будівельні та опоряджувальні матеріали, пластмасові корпуси техніки, шнури тощо. Джерелами запалювання можуть бути електронні схеми комп'ютерів, принтерів, пристроїв електроживлення, де внаслідок різних порушень виникає перегрівання елементів, утворюються електричні іскри та дуги, здатні спричинити займання горючих матеріалів. До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих займань, належать вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри.

Приміщення, в який встановлено комп'ютери і де немає необхідності влаштування систем автоматичного пожежогасіння, необхідно оснащувати переносними вуглекислотними з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² в приміщеннях. З метою виявлення початкової стадії займання необхідно використовувати пристрої систем автоматичного пожежогасіння там, де цього вимагають Правила пожежної безпеки.

Особливу роль у забезпеченні безпечних умов праці відіграє робоче місце програміста.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У процесі роботи над дипломним проектом були проведені аналіз польоту, підйому, спуску і контролю польоту БПЛА.

Були проведені дослідження принципів функціонування відповідних датчиків, обраний тип мікроконтроллерной системи і мова для складання програмних продуктів.

Розроблені алгоритми підйому, спуску, польоту і контролю польоту БПЛА при різних умовах і режимах роботи пристрою. Відзначено, що для подальшої модернізації можливостей і умов роботи БПЛА слід виконати комплексних заходів щодо удосконалення як апаратних так і програмної частини розробки, також була розроблена програма на мові C₊ для мікроконтролера та пульта управління.

Проведено економічні обґрунтування проведених розробок. Далі проведено вимоги по БЖД та ОП.

У результаті виконання дипломної роботи був розроблений узагальнений алгоритм роботи квадрокоптера.

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Василин Н.. Беспилотные летательные аппараты (стр. 207)
2. **Лысов А.Н., Виниченко Н.Т., Лысова А.А. Прикладная теория гироскопов, часть 3 (стр. 29)**
3. Murray R.M., Li Z, Sastry S.S. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation. SRC Press, 1994. P. 474
4. Beard R.W. Quadrotor Dynamics and Control. Brigham Young University, October 3, 2008. P. 47
5. National Institute of Technology, Rourkela, April 2015 – Design of a quadcopter for search and rescue operations in natural calamities
6. Уроки пилотирования квадрокоптера для начинающего, базовые навыки
http://copterfight.ru/blog/Uroki_Pilotirovaniia_Kvadrokoptiera_Dlia_Nachinaiushchiegho_Bazovyye_Navyki
7. История развития беспилотных летательных аппаратов
<http://www.sciencedebate2008.com/development-of-unmanned-aerial-vehicles/>.
8. Компания Atmel: Микроконтроллеры megaAVR.
<http://www.atmel.com/ru/ru/products/microcontrollers/avr/megaavr.aspx> микроконтроллеры megaAVR
9. Электронные компоненты: Создание проекта на базе STM32. –
<http://www.compel.ru/lib/ne/2016/2/8-cubemx-i-workbench-sozdanie-proekta-na-baze-stm32-s-pomoshhyu-besplatnogo-po>
10. Програмуємо квадрокоптер; <https://habr.com/post/227425/>.
11. Устройство квадрокоптера
<http://kvadrokopters.com/blog/obzor/ustroystvo-kvadrokoptera/>.
12. Как управлять квадрокоптером: управление, стабилизация и подготовка
<http://quadrocoptery.ru/how-to-fly-a-quadcopter/>

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

13. Квадрокоптер в пространстве

<http://copterpilot.ru/articles/kvadrokopter-v-prostranstve/>.

14. Как не потерять квадрокоптер

<https://dronomania.com/threads/kak-ne-poterjat-kvadrokopter-sovety-i-lichnaja-istorija.15/>

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

processor 16F84A

```
#include <P16F84A.INC>
```

```
config _CP_OFF & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC
```

```
Program
```

```
Org 0x0000
```

```
; Reset-Vector
```

```
GOTO LADR_0x0090
```

```
LADR_0x0001
```

```
ADDWF PCL,F
```

```
RETLW 0x00
```

```
RETLW 0x01
```

```
; Interrupt-Vector
```

```
RETLW 0x02
```

```
RETLW 0x04
```

```
RETLW 0x06
```

```
RETLW 0x07
```

```
RETLW 0x09
```

```
RETLW 0x0B
```

```
RETLW 0x0C
```

```
RETLW 0x0E
```

```
RETLW 0x0F
```

```
RETLW 0x12
```

```
RETLW 0x13
```

```
RETLW 0x15
```

```
RETLW 0x17
```

```
RETLW 0x18
```

```
RETLW 0x1A
```

```
RETLW 0x1C
```

```
RETLW 0x1D
```

```
RETLW 0x1F
```

```
RETLW 0x21
```

```
RETLW 0x23
```

```
RETLW 0x24
```

```
RETLW 0x26
```

```
RETLW 0x28
```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

RETLW 0x29
CLRF LRAM_0x11
CLRF LRAM_0x12
CALL LADR_0x024D
CALL LADR_0x01D1
MOVLW 0x09
MOVWF LRAM_0x1D
BSF STATUS,RP0
CLRF PORTA
MOVLW 0x0F
MOVWF PORTB
MOVLW 0x05
MOVWF TMR0
BCF STATUS,RP0
CLRF EEADR
CALL LADR_0x01CD
MOVF EEDATA,W
MOVWF LRAM_0x0E
INCF EEADR,F
CALL LADR_0x01CD
MOVF EEDATA,W
MOVWF LRAM_0x0F
INCF EEADR,F
CALL LADR_0x01CD
BTFSS EEDATA,7
GOTO LADR_0x00AD
CLRF LRAM_0x17
CLRF LRAM_0x0E
CLRF LRAM_0x0F
GOTO LADR_0x00AF
LADR_0x00AD
MOVF EEDATA,W
MOVWF LRAM_0x17
LADR_0x00AF
INCF EEADR,F
CALL LADR_0x01CD
BTFSS EEDATA,7
GOTO LADR_0x00B6

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

    MOVLW 0x01
    MOVWF LRAM_0x18
    GOTO LADR_0x00B8
LADR_0x00B6
    MOVF EEDATA,W
    MOVWF LRAM_0x18
LADR_0x00B8
    INCF EEADR,F
    CALL LADR_0x01CD
    BTFSS EEDATA,7
    GOTO LADR_0x00BF
    MOVLW 0x02
    MOVWF LRAM_0x19
    GOTO LADR_0x00C1
LADR_0x00BF
    MOVF EEDATA,W
    MOVWF LRAM_0x19
LADR_0x00C1
    INCF EEADR,F
    CALL LADR_0x01CD
    BTFSS EEDATA,7
    GOTO LADR_0x00C7
    CLRF LRAM_0x1A
    GOTO LADR_0x00C9
LADR_0x00C7
    MOVF EEDATA,W
    MOVWF LRAM_0x1A
LADR_0x00C9
    INCF EEADR,F
    CALL LADR_0x01CD
    BTFSS EEDATA,7
    GOTO LADR_0x00D0
    MOVLW 0x01
    MOVWF LRAM_0x1B
    GOTO LADR_0x00D2
LADR_0x00D0
    MOVF EEDATA,W
    MOVWF LRAM_0x1B

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

LADR_0x00D2
INCF EEADR,F
CALL LADR_0x01CD
BTFSS EEDATA,7
GOTO LADR_0x00D9
MOVLW 0x02
MOVWF LRAM_0x1C
GOTO LADR_0x00DB
LADR_0x00D9
MOVF EEDATA,W
MOVWF LRAM_0x1C
LADR_0x00DB
CALL LADR_0x01BF
LADR_0x00DC
CALL LADR_0x01D1
DECFSZ LRAM_0x1D,F
GOTO LADR_0x00E2
CALL LADR_0x020F
MOVLW 0x09
MOVWF LRAM_0x1D
LADR_0x00E2
MOVF PORTB,W
ANDLW 0x0F
XORLW 0x0F
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x00DC
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x00DC
CALL LADR_0x01D4
CALL LADR_0x01D4
MOVF PORTB,W
ANDLW 0x0F
XORLW 0x0F
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x00DC
MOVF PORTB,W
MOVWF LRAM_0x14
ANDLW 0x03

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x012C
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x0C
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x012C
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x05
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x0112
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x0A
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x011F
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x01
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x015A
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x02
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x016B
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x04
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x0180
    MOVF LRAM_0x14,W
    ANDLW 0x08
    BTFSC STATUS,Z
    GOTO LADR_0x0191
    GOTO LADR_0x00DC
LADR_0x0112
    MOVLW 0x8D
    MOVWF LRAM_0x0E
    MOVWF LRAM_0x0F
    MOVLW 0x01
    MOVWF LRAM_0x17
    MOVWF LRAM_0x1A

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

    MOVLW 0x05
    MOVWF LRAM_0x18
    MOVWF LRAM_0x1B
    MOVLW 0x03
    MOVWF LRAM_0x19
    MOVWF LRAM_0x1C
    GOTO LADR_0x01A6
LADR_0x011F
    CLRF LRAM_0x0E
    CLRF LRAM_0x0F
    CLRF LRAM_0x17
    MOVLW 0x01
    MOVWF LRAM_0x18
    MOVLW 0x02
    MOVWF LRAM_0x19
    CLRF LRAM_0x1A
    MOVLW 0x01
    MOVWF LRAM_0x1B
    MOVLW 0x02
    MOVWF LRAM_0x1C
    GOTO LADR_0x01A6
LADR_0x012C
    CALL LADR_0x01DD
    CLRF EEADR
    MOVF LRAM_0x0E,W
    MOVWF EEDATA
    BCF INTCON,GIE
    BSF STATUS,RP0
    BSF EEDATA,2
    CALL LADR_0x01C4
    INCF EEADR,F
    MOVF LRAM_0x0F,W
    MOVWF EEDATA
    BSF STATUS,RP0
    CALL LADR_0x01C4
    MOVF LRAM_0x17,W
    MOVWF EEDATA
    INCF EEADR,F

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

BSF STATUS,RP0
CALL LADR_0x01C4
MOVF LRAM_0x18,W
MOVWF EEDATA
INCF EEADR,F
BSF STATUS,RP0
CALL LADR_0x01C4
MOVF LRAM_0x19,W
MOVWF EEDATA
INCF EEADR,F
BSF STATUS,RP0
CALL LADR_0x01C4
MOVF LRAM_0x1A,W
MOVWF EEDATA
INCF EEADR,F
BSF STATUS,RP0
CALL LADR_0x01C4
MOVF LRAM_0x1B,W
MOVWF EEDATA
INCF EEADR,F
BSF STATUS,RP0
CALL LADR_0x01C4
MOVF LRAM_0x1C,W
MOVWF EEDATA
INCF EEADR,F
BSF STATUS,RP0
CALL LADR_0x01C4
BCF EEDATA,2
CALL LADR_0x01F2
GOTO LADR_0x00DC
LADR_0x015A
INCF LRAM_0x0E,F
MOVF LRAM_0x19,W
ADDLW 0xF7
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x0161
INCF LRAM_0x19,F
GOTO LADR_0x01A7

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

LADR_0x0161
  CLRF LRAM_0x19
  MOVF LRAM_0x18,W
  ADDLW 0xF7
  BTFSC STATUS,Z
  GOTO LADR_0x0168
  INCF LRAM_0x18,F
  GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x0168
  CLRF LRAM_0x18
  INCF LRAM_0x17,F
  GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x016B
  MOVF LRAM_0x0E,F
  BTFSC STATUS,Z
  GOTO LADR_0x01A6
  DECF LRAM_0x0E,F
  MOVF LRAM_0x19,W
  BTFSC STATUS,Z
  GOTO LADR_0x0174
  DECF LRAM_0x19,F
  GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x0174
  MOVLW 0x09
  MOVWF LRAM_0x19
  MOVF LRAM_0x18,W
  BTFSC STATUS,Z
  GOTO LADR_0x017B
  DECF LRAM_0x18,F
  GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x017B
  MOVLW 0x09
  MOVWF LRAM_0x18
  MOVF LRAM_0x17,W
  DECF LRAM_0x17,F
  GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x0180
  INCF LRAM_0x0F,F

```

					КГ 05.02.000.00 ДПІ ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

MOVF LRAM_0x1C,W
ADDLW 0xF7
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x0187
INCF LRAM_0x1C,F
GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x0187
CLRF LRAM_0x1C
MOVF LRAM_0x1B,W
ADDLW 0xF7
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x018E
INCF LRAM_0x1B,F
GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x018E
CLRF LRAM_0x1B
INCF LRAM_0x1A,F
GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x0191
MOVF LRAM_0x0F,F
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x01A6
DECF LRAM_0x0F,F
MOVF LRAM_0x1C,W
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x019A
DECF LRAM_0x1C,F
GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x019A
MOVLW 0x09
MOVWF LRAM_0x1C
MOVF LRAM_0x1B,W
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x01A1
DECF LRAM_0x1B,F
GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x01A1
MOVLW 0x09

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

MOVWF LRAM_0x1B
MOVF LRAM_0x1A,W
DECF LRAM_0x1A,F
GOTO LADR_0x01A7
LADR_0x01A6
CALL LADR_0x01EC
LADR_0x01A7
MOVF LRAM_0x0E,W
ADDLW 0x72
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x01AC
GOTO LADR_0x01B3
LADR_0x01AC
CLRF LRAM_0x17
MOVLW 0x01
MOVWF LRAM_0x18
MOVLW 0x02
MOVWF LRAM_0x19
CLRF LRAM_0x0E
CALL LADR_0x01EC
LADR_0x01B3
MOVF LRAM_0x0F,W
ADDLW 0x72
BTFSC STATUS,Z
GOTO LADR_0x01B8
GOTO LADR_0x01BF
LADR_0x01B8
CLRF LRAM_0x1A
MOVLW 0x01
MOVWF LRAM_0x1B
MOVLW 0x02
MOVWF LRAM_0x1C
CLRF LRAM_0x0F
CALL LADR_0x01EC
LADR_0x01BF
CALL LADR_0x01DD
CALL LADR_0x020F
CALL LADR_0x0236

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

CALL LADR_0x01D4
GOTO LADR_0x00DC
LADR_0x01C4
MOVLW 0x55
MOVWF EEADR
MOVLW 0xAA
MOVWF EEADR
BSF EEDATA,1
LADR_0x01C9
BTFSC EEDATA,1
GOTO LADR_0x01C9
BCF STATUS,RP0
RETURN
LADR_0x01CD
BSF STATUS,RP0
BSF EEDATA,0
BCF STATUS,RP0
RETURN
LADR_0x01D1
MOVLW 0xFF
MOVWF LRAM_0x0D
GOTO LADR_0x01D6
LADR_0x01D4
MOVLW 0x46
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x01D6
MOVLW 0xFF
MOVWF LRAM_0x0C
LADR_0x01D8
DECFSZ LRAM_0x0C,F
GOTO LADR_0x01D8
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x01D6
RETURN
LADR_0x01DD
MOVLW 0x96
MOVWF LRAM_0x0C
LADR_0x01DF

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

BSF PORTB,7
MOVLW 0x96
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x01E2
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x01E2
BCF PORTB,7
MOVLW 0x3C
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x01E7
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x01E7
DECFSZ LRAM_0x0C,F
GOTO LADR_0x01DF
RETLW 0x00
LADR_0x01EC
CALL LADR_0x01DD
CALL LADR_0x01D4
CALL LADR_0x01DD
CALL LADR_0x01D4
CALL LADR_0x01DD
RETURN
LADR_0x01F2
MOVLW 0xC8
MOVWF LRAM_0x0C
LADR_0x01F4
BSF PORTB,7
MOVLW 0x96
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x01F7
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x01F7
BCF PORTB,7
MOVLW 0x3C
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x01FC
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x01FC

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

DECFSZ LRAM_0x0C,F
GOTO LADR_0x01F4
MOVLW 0xC8
MOVWF LRAM_0x0C
LADR_0x0202
BSF PORTB,7
MOVLW 0x64
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x0205
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x0205
BCF PORTB,7
MOVLW 0xB4
MOVWF LRAM_0x0D
LADR_0x020A
DECFSZ LRAM_0x0D,F
GOTO LADR_0x020A
DECFSZ LRAM_0x0C,F
GOTO LADR_0x0202
RETLW 0x00
LADR_0x020F
MOVF LRAM_0x18,W
MOVWF LRAM_0x10
CALL LADR_0x026A
MOVF LRAM_0x10,W
MOVWF LRAM_0x16
MOVF LRAM_0x17,W
MOVWF LRAM_0x15
CALL LADR_0x0271
CALL LADR_0x023E
MOVF LRAM_0x19,W
MOVWF LRAM_0x10
CALL LADR_0x026A
MOVF LRAM_0x10,W
MOVWF LRAM_0x16
MOVLW 0x0F
MOVWF LRAM_0x15
CALL LADR_0x0271

```

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

```

CALL LADR_0x023E
CLRF LRAM_0x10
CALL LADR_0x023E
MOVF LRAM_0x1B,W
MOVWF LRAM_0x10
CALL LADR_0x026A
MOVF LRAM_0x10,W
MOVWF LRAM_0x16
MOVF LRAM_0x1A,W
MOVWF LRAM_0x15
CALL LADR_0x0271
CALL LADR_0x023E
    MOVF LRAM_0x1C,W
    MOVF LRAM_0x15,
    MOVWF LRAM_0x10
    SWAPF LRAM_0x10,W
    ADDWF LRAM_0x16,W
    MOVWF LRAM_0x10
RETURN

```

End

					КГ 05.02.000.00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5