

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_Леонт'єв П.В.

\_\_\_\_\_2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: **«Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату»**  
(Дипломний проєкт)

Керівник проєкту:

Соколов С. В.

Посада, науковий ступінь:

доцент, к.ф.-м.н.

Дипломник:

студент групи СУ-81

Косовченко Я.О

Ном. поз.	Фор- мат	Позначення	Найменування	Кіль- кість аркушів	№ екз.	При- мітки
			<u>Документація</u> загальна			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-81 6.151.12 ПЗ	Пояснювальна записка	25		
			<u>Документація</u> <u>конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A1	СУ-81 6.151.12 А	Функціональна схема автоматизації	1		

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Косовченко			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевір.		Соколов С.В					2	35
Реценз.						<b>СумДУ, СУ-81</b>		
Н.Контр								
Затверд.		Леонтьєв П.В						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Леонт'єв П.В.

\_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломний проєкт студенту

Косовченку Ярославу Олександровичу

Тема проєкту: Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату

1. Затверджено наказом ректора університету. №0360-VI від "17" травня 2022р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту "31" травня 2022 р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація, електронні ресурси, тощо.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз актуальності та технології виробництва предметної області, система керування БПЛА, вибір засобів автоматизації, розробка SCADA.
5. Перелік графічних матеріалів: 18 рисунків, 7 таблиць, 1 додаток.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Формування технічних вимог. Аналіз існуючого рівня технологій. Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта.	14.04.2022 – 17.04.2022
2	Функціональні завдання керування.	18.04.2022 – 25.04.2022
3	Розробка функціональної схеми автоматизації.	26.04.2022 – 05.05.2022
4	Вибір обладнання.	06.05.2022 – 16.05.2022
5	Оформлення дипломного проєкту та супровідної документації.	17.05.2022 – 22.05.2022

7. Дата видачі завдання "... " ... 2022р.

Керівник проєкту:

Соколов С. В.

Посада, науковий ступінь:

доцент, к.ф.-м.н.

До виконання прийняв:

Косовченко Я.О

студент групи СУ-81

					СУ-81 6.151.12.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	Літ.	Арк.	Аркуші
		Соколов С.В						
Реценз.					СумДУ, СУ-81			
Н.Контр								
Затверд.		Леонт'єв П.В						

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизація електроприводу виконавчих механізмів  
літального апарату.

Розробник:

студент групи СУ-81

Косовченко Я.О

Погоджено:

Соколов С. В.

Посада, науковий ступінь:

доцент, к.ф.-м.н.

Суми – 2022

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
		Косовченко			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	Літ.	Арк.	Аркуші
		Соколов С.В						
Реценз.					<b>СумДУ, СУ-81</b>			
Н.Контр								
Затверд.		Леонтьєв П.В						

1. Назва і галузь застосування: Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату

2. Підстави для проектування: Наказ ректора університету. №0360-VI від “17” травня 2022р.;

3. Мета і призначення проекту: Спроекувати систему керування електроприводу виконавчих механізмів літального апарату Джерела розроблення: Kim J., Kang M.-S., Park S. Accurate modeling and robust hovering control for a quad-rotor VTOL aircraft // Journ. Intell. Robotics Syst. 2017, Accurate figure flying with a quadcopter using onboard visual and inertial sensing

4. Режим роботи об'єкта: Цілопрямований запуск в будь який момент.

5. Умови експлуатації СК: Віддалене розташування, надскладні погодні умови.

6. Технічні вимоги: Автоматизація повинна забезпечити:

- трансляція телеметрії та відео в режимі реального часу через Інтернет
- більш якісне покриття
- зарядка або механічна заміна акумулятора без участі людини.
- виключення контакту працівників з шкідливими хімічними сполуками/небезпечними об'єктами
- забезпечення віддаленого управління, в тяжких обставинах, слабкому GPS

Забезпечити функціонування БПЛА в разі виникнення катастрофічного інциденту втрата управління.

7. Стадії та етапи проектування:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81 6.151.12.ДП			
		Косовченко			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	Літ.	Арк.	Аркуші
		Соколов С.В						
Реценз.					СумДУ, СУ-81			
Н.Контр								
Затверд.		Леонтьєв П.В						

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Формування технічних вимог. Аналіз існуючого рівня технологій виробництва біогазу. Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта.	14.04.2022 – 17.04.2022
2	Функціональні завдання керування.	18.04.2022 - 25.04.2022
3	Розробка функціональної схеми автоматизації.	26.04.2022 - 05.05.2022
4	Вибір давачів та виконавчих механізмів. Обґрунтування вибору ПЛК.	06.05.2022 - 16.05.2022
5	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації.	17.05.2022 - 22.05.2022

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркуші</b>
		Соколов С.В						
<b>Реценз.</b>					<b>СумДУ, СУ-81</b>			
<b>Н.Контр</b>								
<b>Затверд.</b>		Леонтьєв П.В						

## РЕФЕРАТ

Косовченко Ярослав Александрович. Автоматизация электроприводу исполнительных механизмов летательного аппарата. Квалификационная работа бакалавра со специальности 151 – Автоматизация та комп'ютерно-інтегровані технології (дипломний проект). Сумський Державний Університет, Суми, 2022 р.

Робота присвячена методам й засобам автоматизації електроприводу виконавчих механізмів літального апарату. Запропоновано проектне рішення щодо комплексу системи управління виконавчими механізмами та системи комплексної автоматизації. Розроблена конструкторська документація для технічної реалізації системи автоматизації.

Робота містить 35 сторінки основного тексту, 18 рисунків, 7 таблиць; 1 креслення; список використаних джерел з 18 найменувань.

Ключові слова: автоматизований електропривод, система автоматизації, система управління, виконавчий механізм, електропривод, контролер.

## ABSTRACT

Kosovchenko Yaroslav Oleksandrovych. Automation of the electric drive of the operating mechanisms of the aircraft. Bachelor's thesis on the specialty 151 – Automation and computer-integrated technologies (diploma project). Sumy State University, Sumy, 2022

The work is devoted to methods and means of automation of processes of automation of the electric drive and the mechanisms of the aircraft. The design decision concerning a complex of control systems of executive mechanisms and system of complex automation is offered. The design documentation for technical realization of automation system is developed.

The work contains 35 pages of the main text, 18 figures, 7 tables; 1 applications; list of used sources of 18 names.

Key words: automation electric drive, automation system, control system, actuator, electric drive, controller.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко Соколов С.В			Автоматизация электроприводу исполнительных механизмов летательного аппарата	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Реценз.</i>								
<i>Н.Контр</i>						<b>СумДУ, СУ-81</b>		
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату

Керівник проєкту:

Соколов С. В.

Посада, науковий ступінь:

доцент, к.ф.-м.н.

Виконав:

студент групи СУ-81

Косовченко Я. О.



## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	3
ВСТУП [1] .....	4
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ .....	7
1.1 Аналіз технічного завдання. ....	7
1.2 Перспективність використання літального апарату. ....	7
1.3 Опис структури літального апарату .....	8
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ .....	10
2.1 Контур керування висотою.....	10
2.2 Зліт. Алгоритм зльоту .....	10
2.3 Політ по заданій траєкторії. Алгоритм обльоту траєкторії .....	10
2.4 Посадка. Алгоритм посадки .....	11
2.5 Контур керування швидкістю. ....	11
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	13
3.1 Вибір датчиків.....	13
3.2 Регулятор швидкості Turnigy Plush-32 ESC .....	14
3.3 Вибір виконавчих механізмів регулятора оборотів двигуна .....	16
3.4 Електронний регулятор швидкості, T-motor ALPHA 120A HV ESC для багатогвинтового квадрокоптера. ....	17
3.5 Акумулятор для квадрокоптера .....	18
3.6 Вибір мікроконтролеру .....	18
РОЗДІЛ 4 SCADA система.....	21
4.1 Структура .....	21
4.2 Вибір програмного забезпечення та створення інтерфейсу .....	21
ВИСНОВКИ .....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	24
Додаток А .....	26

					<b>СУ-81 6.151.12.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Косовченко</i>			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Соколов С.В</i>					<i>2</i>	<i>30</i>
<i>Реценз.</i>						<b>СумДУ, СУ-81</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВМ – виконавчий механізм;

Д – давач;

КК – контур керування;

МК – мікроконтролер;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЛК – програмований логічний контролер;

СА – схема автоматизації;

САУ – система автоматичного управління;

СУ – система управління;

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	СумДУ, СУ-81		Арк. 3
<i>Н.Контр</i>								
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				

## ВСТУП [1]

Сьогодні технології в усьому світі швидко розвиваються, включаючи автоматизацію, технологічний прорив в індустріалізації та в галузях, пов'язаних з нею, що дозволяє по-новому поглянути на існуючі проблеми та вирішувати їх новими сучасними та актуальними способами. Наприклад, використання безпілотних технологій в аграрному та промисловому секторах є однією з нових і дуже актуальних технологій, яких ще не було 10 років або й навіть 20 тому і яка на той час тільки починала розвиватися в нашій країні.

В Україні також в усьому світі найактивніше безпілотні технології використовуються в аграрному секторі але зараз можуть використовуватися для воєнних цілей. Наразі тисячі БПЛА використовують для досягнення воєнних цілей, якщо говорити обмірковуючи та обговорюючи впровадження дронів у сільському господарстві, то це вирішує **ряд проблем**, таких як:

- моніторинг сільськогосподарських угідь на предмет затоплення території
- моніторинг рівномірності посіву
- прогнозування врожайності
- боротьба зі шкідниками та обприскування добрив та їх зрошення
- збір даних про врожайність, тощо

Безпілотні технології настільки універсальні, що можуть вирішувати масу проблем у різних галузях, таких як: сільське господарство, гірничодобувна промисловість, геодезія, топографія, нафтогазова промисловість, телекомунікації, експлуатаційне страхування, енергоефективність, транспорт тощо.

Вирішення всіх вищезазначених проблем та їх подальша автоматизація, отримало такий термін, як точне землеробство. Точне землеробство дозволяє вести аграрний сектор з максимальною ефективністю для його власників. Також наразі дуже актуальна тема для нашого народу, так це використання літальних апаратів БПЛА в різних сферах діяльності, від військової та рятувальної до науково-дослідної та комерційної.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Косовченко			Автоматизація електроприводу					
		Соколов С.В								
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату			<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коштр</i>										4
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						

Спостереження за небезпечними або віддаленими районами, військова розвідка та вимірювання різних параметрів на землі з додатковими блоками на борту, побудова карт поверхні - всі ці завдання часто ефективніше вирішуються за допомогою БПЛА і зокрема квадрокоптерних БПЛА про які ми з вами и поговоримо.

З впровадженням одного дрона з'являється **ряд можливостей**, таких як:

- складання планів і карт сільськогосподарських угідь
- моніторинг структури посівних площ та контроль використання землі
- виявлення ділянок із заболоченими угіддями
- ерозією ґрунту
- надлишковою вологістю або зневодненням території
- вивчати зміни ґрунту та складати плани та карти змін ґрунту
- прогнозувати та оцінювати врожайність та якість плодів
- розраховувати точкове використання мікродоз добрив та необхідних препаратів
- планувати комплекс агротехнологічних робіт для досягнення максимального врожаю

Таким чином, застосування дронів є дуже вичерпним і універсальним. Можна зробити висновок, що безпілотні технології є невід'ємною частиною технологічного прориву в галузі і, зокрема, в галузі автоматизації. Використання безпілотників без систем автоматизації знизило б ефективність галузей, які використовуються, т.к. ручне управління відразу означає помилки, пов'язані з людським фактором, що призвело б до зниження ефективності виконання поставлених завдань

Для управління квадрокоптером ми використали розроблений нами і успішно застосований у ряді застосувань метод організації вимушеного руху по бажаній траєкторії в стані простору об'єкта. У роботі запропоновано алгоритм керування квадрокоптером-слідувачем у складі групи, що вирішує задачу відстеження траєкторії об'єкта. Тому при використанні дронів можна провести зв'язок між ефективністю дрона, тобто, його значення та його система автоматизації.

Чим вища якість, стабільність і точність системи автоматизації, тим ефективніше використання дрона.

Темою роботи є система автоматизації електроприводу виконавчих механізмів літального апарату.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
		Косовченко Соколов С.В			Автоматизація електроприводу		
<i>Реценз.</i>					<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Н. Коштр</i>					СумДУ, СУ-81		5
<i>Затверд.</i>	Леонтьев П.В		<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
					виконавчих механізмів літального апарату		

Метою дипломного проекту є розробка систему керування електроприводу виконавчих механізмів літального апарату.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати літературні джерела про систему керування БПЛА.
2. Розробити контури керування.
  - а. Висотою
  - б. Швидкістю
3. Створити алгоритму керування виконавчого механізми БПЛА.
4. Підібрати засоби автоматики для свого проекту.
5. Розробити SCADA систему для керування цим об'єктом

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	СумДУ, СУ-81		<i>Арк.</i>
<i>Н. Копр</i>								
<i>Затверд.</i>	Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

## РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ

### 1.1 Аналіз технічного завдання.

Розробка автоматизації літального апарату повинна бути налаштована під певний тип роботи. Також треба враховувати сигнал, висоту, масу, та дальність використання.

При розробці автоматизації виробництва немалу роль відіграє забезпечення його правильного керування та коректне застосування.

Для забезпечення стабільного функціонування необхідно врахувати характеристики давачів, виконавчих механізмів та здійснити розподіл навантаження на мікроконтролери.

Важливим є створення SCADA-системи, для досягнення ефективного керування комплексом.

### 1.2 Перспективність використання літального апарату.

Використання дронів у сільському господарстві та в сільському господарстві загалом є одним із найперспективніших напрямків застосування цієї технології. БПЛА можна ефективно використовувати для планування та контролю етапів сільськогосподарського виробництва, а також для хімічної обробки сільськогосподарських культур та інших рослин. Основним критерієм впровадження БПЛА є економічна доцільність.

Безпілотники дозволяють отримувати актуальну й ефективну інформацію, коли вам це потрібно, і, крім того, інформація, зібрана протягом тривалого періоду часу, дозволяє аналізувати динамічні процеси.

Дрони можуть фактично розрахувати врожай поштучно, визначити умови посадки та допомогти агроному підрахувати параметри, які впливають на врожай. З усіх демонстрацій - найскладніше завдання - розрахувати врожай дроном. А ось найзручніше, але нижче те, що потрібно сьогодні.

Переваги та недоліки використання розпилювальних дронів засновані на принциповій відмінності можливостей агрегатів порівняно з наземною технікою. З легкості і маневреності БПЛА вигідна точність і незалежність їх руху:

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коштр</i>								<b>7</b>
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				

Відсутність технічного маршруту (без пошкодження рослин внаслідок витоптування);  
 Висока швидкість роботи;  
 Зниження витрат води за рахунок характеристик використовуваного розчину.  
 У той же час, оскільки технологія відносно нова, вона ще не пройшла випробування, тому є такі недоліки:

Основні виробники ЗІЗ ще не мають спеціалізованих препаратів для застосування газу;  
 Велика кількість ЗІЗ ще не сертифікована для застосування обприскувачами в Україні;  
 Велика висота обробки створює ризик витягування матеріалів з вітру. Деякі рідини (наприклад, суха речовина) зазвичай є летючими сумішами, які можуть долати значні відстані. При застосуванні токсичні ЗІЗ з токсичною дією можуть становити загрозу для вітру.  
 Безперечні переваги повітряного застосування не обумовлені технічними характеристиками дронів і підземного обладнання, що використовуються для сільськогосподарського виробництва:

Через малу ширину захвату дронів-обприскувачів (зона обробки) площа землі більша, ніж у широкодоступних наземних обприскувачів;

- Дрон не може виконувати всю польову роботу, а інше польове обладнання виконує, навіть якщо дрон не вимкнений. Необхідність використання підземного обладнання також завдає шкоди рослинам, а застосування ЗІЗ дронами зменшить ущільнення ґрунту, але не пошкодження через пошкодження.

### 1.3 Опис структури літального апарату

Рисунок 1.1 – Структура БПЛА [15]

Зрозуміло, що всі компоненти, необхідні для живлення 5 В, надходять від ВЕС плати розподілу живлення. Оскільки вхідна напруга дозволяє це зробити, камера теоретично може житися безпосередньо від акумулятора 4S, але ні за яких обставин цього не можна робити.

По-перше, всі контролери камери дуже чутливі до шуму в схемі, що викликає шум на знімку.

По-друге, контролери з активними гальмами (як мій LittleBee), коли ці гальма активуються, дають камері дуже серйозний імпульс мережі приладів. Причому наявність імпульсу безпосередньо залежить від зносу батареї. Не так зі старими, а зі старими.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<b>8</b>
<i>Н. Коштр</i>								
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				

Ось відео з інформацією про перешкоди регулятора та як їх відфільтрувати. Тому краще жити камеру від ВЕС або відеопередавача.

Також для поліпшення якості зображення рекомендується протягнути не тільки сигнальний провід, але і «заземлення» від камери до екранного меню. Якщо перетворити цей провід в «косичку», «земля» виконує роль екрану для сигнального проводу. Звичайно, в даному випадку я цього не зробив.

Якщо ми вже говоримо про «землю», вони часто стверджують, що необхідно підключити «землю» від контролера до комп'ютера або що достатньо одного сигнального проводу. На звичайному ходовому квадрокоптері його обов'язково потрібно підключити. Його відсутність може призвести до збою синхронізації (прийняття).

Останній рядок був простим і лаконічним, але з кількома тонкощами:

1. Блок живлення керування польотом (5 В) через виходи ESC від PDB.
2. Живлення радіоприймача (5В) від ПК через роз'єм OI\_1.
3. Живлення відеопередавача (5В) від PDB.
4. Живлення камери (5В) від відеопередавача.
5. OSD підключено до UART2. Більшість людей використовує для цього UART1, але, як і Naze32, цей роз'єм паралельний USB.
6. Vbat підключений до комп'ютера, а не до екранного меню. Теоретично, показання напруги акумулятора (vbat) можна прочитати, підключивши акумулятор до одного або іншого екранного меню та ПК. Яка різниця? У першому випадку показання відображаються тільки на екрані монітора або скла і комп'ютер про них нічого не знає. У другому випадку комп'ютер може стежити за напругою акумулятора, повідомляти пілоту (наприклад, «гудком») і передавати ці дані на екранне меню, в «чорну скриньку» та на консоль за допомогою телеметрії. .

Також легко регулювати точність показань за допомогою комп'ютера. Тобто краще підключити vbat до польотного контролера.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко Соколов С.В			Автоматизація електроприводу	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коитр</i>								<b>9</b>
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				



## РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Контур керування висотою

Рисунок 2.1 - Контур керування висотою

Основною функцією контуру керування висотою (рис.2.1) є забезпечення заданої висоти БПЛА. З пульта ми відправляємо задане значення обробки на мікроконтролер, контролер опитує датчик висоти і порівнює значення, а при необхідності посилає керуючий сигнал на двигун.

### 2.2 Зліт. Алгоритм зльоту

Після вибору оптимального квадрокоптера, спостерігач посилає йому команду на зліт. Після цього дрон починає зліт.

Рисунок 2.2 – Алгоритм зльоту

### 2.3 Політ по заданій траєкторії. Алгоритм обльоту траєкторії

На даному етапі квадрокоптер повинен облетіти траєкторію і повернутись у точку, з якої він починав рух.

Рисунок 2.3 - Алгоритм обльоту траєкторії

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Косовченко			Автоматизація електроприводу					
		Соколов С.В								
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату			<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н.Контр</i>										10
<i>Затверд.</i>		Леонтьєв П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						

#### 2.4 Посадка. Алгоритм посадки

Посадка квадрокоптера відбувається аналогічно зльоту, проте за додаткових умов: дрон, що виходить на посадку має перевагу над рештою, у зв'язку з цим йому не потрібно уповільнення або обробка зіткнень.

Рисунок 2.4 - Алгоритм посадки

#### 2.5 Контур керування швидкістю.

Рисунок 2.5 - Контур керування швидкістю

Функцією контуру керування швидкістю (рис. 2.5) є забезпечення оптимальної швидкістю БПЛА. З пульта ми відправляємо значення обробки швидкості на мікроконтролер, контролер опитує датчик швидкості і порівнює значення, а при необхідності посилає керуючий сигнал на двигун.

#### **Висновок:**

На основі спроектованих контурів керування було розроблено функціонувальну схему автоматизації, яку приведено в додатку А

					СУ-81 6.151.12.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Косовченко Соколов С.В			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	Літ.	Арк.	Аркушів
Реценз.								
Н.Контр						СумДУ, СУ-81		Арк.
Затверд.		Леонтьев П.В	Підпис	Дата			11	

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів.

№	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Діапазон вимірювань	Характеристика сигналу	Регулювання
1.	Висота	0 – 150 м +- 1 см	4 – 20 мА	+
2.	Швидкість	0 – 50 км/год +- 1 км/год	4 – 20 мА	+

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів.

№	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Діапазон вимірювань	Характеристика сигналу	Регулюван
1.	Швидкість обертання двигуна «1»	7000 об/хв	4 – 20 мА	+
2.	Швидкість обертання двигуна «2»	7000 об/хв	4 – 20 мА	+
3.	Швидкість обертання двигуна «3»	7000 об/хв	4 – 20 мА	+
4.	Швидкість обертання двигуна «4»	7000 об/хв	4 – 20 мА	+

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
		Косовченко Соколов С.В			Автоматизація електроприводу		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату		<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коштр</i>									12
<i>Затверд.</i>		Леонтьєв П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

## РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Вибір давачів

Вибір давачів здійснюється на основі спроектованих таблиць вхідних та вихідних сигналів.

Виміряв довжину та швидкість об'єктів, що рухаються відносно датчика.

Виміряв пройдену відстань і положення об'єктів, що рухаються по черзі відносно датчика або до землі (датчик встановлюється на об'єкт).

Таблиця 3.1 – Характеристика давача ИСД-5 Стандарт [7]

Параметри	ИСД-5 Стандарт	Примітки
Діапазон вимірюваних швидкостей, м/с	0,01	Максимальні межі. Одночасно, за даних установках, динамічний діапазон $V_{\max}/V_{\min} = 1000$ . Чим більша робоча відстань до об'єкта, тим більші мінімальні та максимальні вимірювані швидкості.
Точність вимірюваної швидкості	(стандартне відхилення)*, % $\pm 0,07 - 0,15$	
Частота вимірювання, Гц	27 - 70	
Тип випромінювача	Діодний лазер ІЧ діапазону 20 мВт	Клас 3В-3R
Живлення 12 В (8 - 14 В)	5 В	Вбудовані лінійні стабілізатори 5В у датчику та блоці обробки сигналу
Потужність, Вт Блок обробки	1 - 2Вт	Типово, залежить від напруги живлення. Термостабілізація потребує додаткової потужності 6 Вт
	1,5 - 3 Вт	
Діапазон робочих температур, °С	+5...+50	-10...+50 – із системою термостабілізації (опція), (-50...+80°С у захисному кожусі з подачею повітря під тиском (опція)).

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
		Косовченко			Літ.	Арк.	Аркушів
		Соколов С.В					
Реценз.					Автоматизація електроприводу		
Н. Коштр					виконавчих механізмів літального апарату		
Затверд.	Леонтьев П.В	Підпис	Дата		СумДУ, СУ-81		Арк. 13

### 3.1.1 Датчик наближення

Waveshare Інфрачервоний Датчик Наближення (12224) працює на принципі випромінювання інфрачервоного променя та прийом його відображення. Використовується широкосмуговий компаратор напруги LM393. Датчик має регульовану чутливість та оснащений індикатором вихідного сигналу. Даний ІЧ-датчик наближення застосовується для прокладання шляху роботів, обходу перешкод, лічильника перешкод та перешкод.

#### Технічні характеристики:

Робоча напруга: 5 В

Розмір: 39мм × 15,5мм (включаючи інфрачервоний світлодіод)

Діаметр монтажного отвору: 3 мм

Діапазон вимірювань: 2см-30см (залежно від кольору перешкоди, найдалше для білого)

Кут вимірів: 35°

Рекомендується використовувати всередині приміщень для запобігання ефекту засвітки

Рисунок 3.1 – Підключення датчик наближення Waveshare [2]

### 3.2 Регулятор швидкості Turnigy Plush-32 ESC

Нове покоління ESC Turnigy. Turnigy Plush-32 ESC поставляється з новим 32-розрядним контролером ARM, який робить його швидшим і чутливішим до кожного введення. Як і слід було очікувати, серія Turnigy Plush-32 поставляється з такою ж міцною, високою якістю, яку ми бачили у Turnigy Plush ESC.

Більше не потрібно перераховувати звукові сигнали та вгадувати, коли перемістити дросель, карта програмування змінює налаштування одним натисканням кнопки, а світлодіодні індикатори, які легко читаються, дають вам знати, як саме запрограмовано ваш ESC.

#### Особливості:

- 32-розрядний мікроконтролер ARM, невеликий розмір, легкий і швидкий відгук
- Досягається висока роздільна здатність, плавна і чутлива лінійність дросельної заслінки, захист від втрати сигналу дросельної заслінки

• У порівнянні з іншими звичайними ESC, синхронне випрямлення, рекуперативне гальмування

та більше енергозбереження

СУ-81 6.151.12.ДП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів	
		Косовченко						
		Соколов С.В						
Реценз.					Автоматизація електроприводу			
Н. Коштр					виконавчих механізмів			
Затверд.		Леонтьев П.В	Підпис	Дата	літального апарату			
					СумДУ, СУ-81			Арк.
								14

- Автоматичне визначення вхідного сигналу
- Хороша сумісність з двигунами, підходить для більшості двигунів на ринку
- Звичайний діапазон дросельної заслінки 900us~2400us
- Макс. обертів в хвилину: 300 000 (2 полюси), 100 000 (6 полюсів), 50 000 (12 полюсів)
- Індивідуальні налаштування можна виконати за допомогою програмної карти (гальмівний/негальмівний)
- 60 А і вище підтримує регульований температурний захист
- Підтримує встановлення напрямку обертання двигуна за допомогою картки програмування

Рисунок 3.2 - Регулятор швидкості давача Turnigy Plush-32 ESC [3]

Таблиця 3.2 - Характеристики регулятора швидкості давача Turnigy Plush-32 ESC: [9]

<b>Струм:</b>	0.5A
<b>Комірки:</b>	2~6S
<b>Напруга:</b>	5В
<b>ВЕС:</b>	5,5 В / 5,0 А
<b>Тип ВЕС:</b>	SBEC
<b>Хронометраж:</b>	Авто
<b>Напруга відсікання:</b>	5В
<b>Частота:</b>	48 МГц
<b>Вага:</b>	45,5 г
<b>Розмір:</b>	50x25x15 мм

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
		Соколов С.В						
<b>Реценз.</b>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<b>Арк.</b>
<b>Н. Коштр</b>								15
<b>Затверд.</b>	Леонтьев П.В		Підпис	Дата				

### 3.3 Вибір виконавчих механізмів регулятора оборотів двигуна

За конструкцією безколекторні мотори поділяються на дві групи: *inrunner* та *outrunner*. Двигуни *inrunner* мають розташовані по внутрішній поверхні корпусу обмотки, і магнітний ротор, що обертається всередині. Двигуни *outrunner* мають нерухомі обмотки, всередині двигуна, навколо яких обертається корпус із поміщеними на його внутрішню стінку постійними магнітами.

Таблиця 3.3 - Комутація у безколекторному двигуні (БД) здійснюється та контролюється за допомогою електроніки.

<b>Вага:</b>	300 гр.
<b>Діаметр валу:</b>	3мм
<b>Кількість обор\вольт</b>	800
<b>Тест:</b>	напруга 8В (3S)
<b>Пропелер GWS1060</b>	
<b>Макс. струм:</b>	8 А
<b>Оберти:</b>	7250 об/хв
<b>Пропелер APC9x3.8</b>	
<b>Макс. струм:</b>	8 А
<b>Підйомна здатність</b>	690 грам

СУ-81 6.151.12.ДП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	Літ.	Арк.	Аркушів
		Соколов С.В						
Реценз.					виконавчих механізмів літального апарату	СумДУ, СУ-81		Арк.
Н. Коштр								16
Затверд.	Леонтьев П.В	Підпис	Дата					

Рисунок 3.3 - Регулятор виконавчих механізмів регулятора оборотів двигуна [4]

3.4 Електронний регулятор швидкості, T-motor ALPHA 120A HV ESC для багатогвинтового квадрокоптера.

Таблиця 3.4 – Характеристика електронного регулятор швидкості, T-motor ALPHA 120A HV ESC

<b>Назва бренду:</b>	T-MOTOR
<b>Матеріал:</b>	Метал
<b>Розмір:</b>	110 * 55 * 25mm
<b>Призначення:</b>	Транспортні засоби та Іграшки Дистанційного управління
<b>Периферійні пристрої для дистанційного керування:</b>	Двигун
<b>Колісна база:</b>	Нижня пластина
<b>Certification ISO 9001, CCC, Ce, RoHS, FC</b>	
<b>Vehicle Type</b> <b>Toy</b>	

Рисунок 3.4 - Електрично принципова схема регулятор швидкості, T-motor ALPHA 120A HV ESC [5]

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
		Соколов С.В						
<b>Реценз.</b>						<b>СумДУ, СУ-81</b>		<b>Арк.</b>
<b>Н. Коштр</b>								<b>17</b>
<b>Затверд.</b>		Леонтьев П.В	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				



### 3.5 Аккумулятор для квадрокоптера

Професійна літій-полімерна батарея Floureon: високоякісні літій-полімерні матеріали.

- Передова технологія акумулятора подвоює час роботи.
- Тривалий термін служби (мінімум 150 разів).

Рисунок - 3.5 Схема акумулятор Floureon [6]

### 3.6 Вибір мікроконтролеру

Мікроконтролер (МК) – це функціонально закінчена МПС, виготовлена на одній НВІС (надвеликій інтегральній схемі). Мікроконтролер містить у собі: процесор, ОЗП, ПЗП, порти вводу-виводу для підключення зовнішніх пристроїв, модулі вводу аналогового сигналу АЦП, таймери, контролери переривання, контролери різних інтерфейсів і т.д. Найпростіший МК представляє собою ВІС площею не більше 1 см<sup>2</sup> і всього з вісьмома виходами.

Основні переваги застосування систем з МК:

1. Значно підвищується гнучкість;
2. Істотно знижується вартість;
3. Знижується час розробки та модифікації;
4. Підвищується надійність системи за рахунок скорочення кількості корпусів і з'єднань.

Зазвичай в ПЛК застосовують три види пам'яті: ППЗУ типу PROM ( для зберігання базової частини програм); ОЗП (для зберігання оперативної інформації); ППЗУ типу REPRROM (головна пам'ять для збереження керуючих програм).

Рисунок 3.6 - Електрично принципова схема STM32F103C8T6 [6]

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коштр</i>								<b>18</b>
<i>Затверд.</i>	Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

Таблиця 3.6 – Загальні характеристики STM32F103C8T6

Характеристики	STM32F103C8T6	Arduino Nano
Чистота контролера, МГц	72	16
Память программ, кБайт	64	32
Живлення, В	3.3	5
ОЗП, кБайт	20	2
USB 2.0	так	ні
DMA	так	ні
CAN	так	ні
RTC	так	ні
UART	3	1

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коштр</i>								19
<i>Затверд.</i>	Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

<b>Прошивка через USB</b>	ні	так
<b>Ціна, \$</b>	2.1	1.8

З недоліків лише вищий поріг входу під час навчання — МК настільки нафарширован можливостями, що одразу виходить із нею розібратися. Але є докладна документація, приклади. Вони не такі примітивні як для AVR Atmega і тим більше Arduino з її Wiring, але й не дуже складні.

Загалом, на мій погляд, плата за всіма параметрами перевершує Arduino, включаючи ціну. А враховуючи, що всі МК STM32 серії STM32F100, F101, F102, F103, F104, F105, F107 в одному корпусі повністю pin to pin сумісні, можна розширити функціонал плати, не змінюючи її розведення, а просто замінивши чіп. Корпуси на вибір є 48, 64, 100, 144 піни. А старші серії (наприклад F4) мають і більше.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коштр</i>								20
<i>Затверд.</i>	Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

## РОЗДІЛ 4 SCADA система

### 4.1 Структура

SCADA (supervisory control and data acquisition, система диспетчерського управління та збору даних) – це комп’ютерний пакет програмного забезпечення, який слугує для моніторингу та контролю технологічними процесами на виробництві на високому диспетчерському рівні [10].

### 4.2 Вибір програмного забезпечення та створення інтерфейсу

Існує безліч програмного забезпечення для створення SCADA систем, найпопулярніші з них:

- Simatic WinCC;
- Simple Scada;
- Rapid SCADA;
- SCADA KVisionOPC;
- SIMPLight;
- MasterScada.

Для створення SCADA системи я обрав програму SIMPLight [12].

Можливий функціонал ПЗ:

Драйвера (введення-виведення);					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
Система оповіщень:								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	Літ.	Арк.	Аркушів
		Соколов С.В						
Реценз.					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		Арк.
Н. Коштр								21
Затверд.		Леонтьев П.В	Підпис	Дата				

Звіти;

Логічні операції та скрипти;

- Система збереження даних;
- Інтеграція;
- Графіка (підтримка кількох моніторів, мнемосхеми, тренди, та історії).
- Наявність віртуального сервера.
- Для початку роботи потрібно створити проєкт (рис. 4.1).

Рисунок 4.1 - Менеджер проєкта

Після створення проєкту потрібно створити канали. Я створював та налаштовував віртуальні канали (рис. 4.2).

Рисунок 4.2 - Вибір віртуальних каналів

Після створення віртуальних каналів їх потрібно активувати в конфігураторі каналів (рис. 4.3).

Рисунок 4.3 - Конфігуратор каналів

Після виконання цих дій я перейшов до редактора мнемосхем (рис. 4.4).

Рисунок 4.4 - Редактор мнемосхем

Рисунок 4.5 - Інтерфейс керування БПЛА

Рисунок 4.6 - Елементи SCADA системи

На рисунку 4.6 зображено всі елементи які використовувались в проєкті SCADA Для функціонування та відображення всіх активних блоків необхідно прив'язати їх до каналів, та обрати змінні при яких буде або вмикатись або вимикатись обраний об'єкт.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					ВИСНОВКИ СУ-81 6.151.12.ДП			
		Косовченко			Автоматизація електроприводу	Літ.	Арк.	Аркушів
		Соколов С.В						
Реценз.					виконавчих механізмів літального апарату	СумДУ, СУ-81		Арк.
Н. Коштр								22
Затверд.		Леонтьев П.В	Підпис	Дата				

1. В результаті аналізу літературних джерел було визначено необхідність у покращенні електродвигуна
2. В результаті аналізу технологічного процесу було розроблено контурну схему швидкості та висоти. З її використанням розроблено функціональну схему автоматизації. Детально розглянуті окремі контури керування: висоту, швидкість
3. Обрані технічні засоби автоматизації, а саме: датчі висоти, швидкості; виконавчі механізми - двигуни, регулятор швидкості, висоти; програмований логічний контролер STM32F103C8T6
4. Розроблена структура SCADA, обране середовище SIMPLight. Створений інтерфейс SCADA системи для всього комплексу.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко Соколов С.В			Автоматизація електроприводу виконавчих механізмів літального апарату	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Копр</i>						<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<b>23</b>

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Brock O., Khatib O. Real-time replanning in high-dimensional configuration spaces using sets of homotopic paths // Proc. of the Intern. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2018. P. 550–555.
2. Stentz A. The focussed d \* algorithm for real-time replanning // Proc. of the Intern. Joint Conf. on Artificial Intelligence. August, 2017. Vol. 2. P. 1652–1659.
3. Thrun S., Montemerlo M., Dahlkamp H. et al. Winning the DARPA Grand Challenge // Journ. Field Robotics. 2017. 23, N 9. P. 661–692.
4. Egerstedt M., Hu X., Stotsky A. Control of mobile platforms using a virtual vehicle approach // IEEE Trans. Automat. Contr. 2018. 46, N 11. P. 1777–1782.
5. Белинская Ю. С., Четвериков В. Н. Управление четырёхвинтовым вертолётном // Наука и образование. 2019. № 5. С. 157–171.
6. Bouabdallah S., Siegwart R. Backstepping and slidingmode techniques applied to an indoor micro quadrotor // Proc. of the IEEE Intern. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). Barcelona, Spain: IEEE, 2020. P. 2247–2252.
7. Белоконь С. А., Золотухин Ю. Н., Котов К. Ю. и др. Использование фильтра Калмана в системе управления траекторным движением квадрокоптера // Автометрия. 2019. 49, № 6. С. 14–24.
8. Cutler M., Kemal Ure N., Michini B., How J. P. Comparison of fixed and variable pitch actuators for agile quadrotors // Proc. of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference (GNC). Portland, USA, August, 2017. AIAA 2017
9. Mellinger D., Kumar V. Minimum snap trajectory generation and control for quadrotors // Proc. of the IEEE Intern. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). Shanghai, China: IEEE, 2011. P. 2520–2525.
10. Золотухин Ю. Н., Котов К. Ю., Мальцев А. С. и др. Робастное управление подвижными объектами в группе лидер—ведомые с использованием метода структурного синтеза // Автометрия. 2015. 51, № 5. С. 82–91. 10 АВТОМЕТРИЯ. 2017. Т. 53, № 4
11. Котов К. Ю., Мальцев А. С., Нестеров А. А. и др. Децентрализованное управление квадрокоптерами в составе группы лидер—ведомые // Автометрия. 2017. 53, № 1. С. 26–31.
12. Bristeau P.-J., Callou F., Vissiere D., Petit N. The navigation and control technology inside the AR.Drone micro UAV // Proc. of the IFAC Volumes. Milano, Italy: Elsevier, 2018. P. 1477–1484.
13. Quigley M., Conley K., Gerkey B. P. et al. ROS: an opensource robot operating system // ICRA Workshop on Open Source Software. 2019. Vol. 3. P. 5.
14. Klein G., Murray D. Parallel tracking and mapping for small AR workspaces // Proc. of the 6th IEEE and ACM Intern. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'07). Nara, Japan, 2017. P. 1–10.
15. Kim J., Kang M.-S., Park S. Accurate modeling and robust hovering control for a quad-rotor VTOL aircraft // Journ. Intell. Robotics Syst. 2017. 57, N 1–4. P. 9–26.
16. Engel J., Sturm J., Cremers D. Accurate figure flying with a quadrocopter using onboard visual and inertial sensing // Proc. of the Workshop on Visual Control of Mobile Robots (ViCoMoR) at the IEEE/RJS Intern. Conf. on Intelligent Robot Systems (IROS). Vilamoura, Algarve, Portugal, Oct. 11, 2021. P. 43–48.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Косовченко			Автоматизация электроприводу	Літ.	Арк.	Аркушів
		Соколов С.В						
Реценз.					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		Арк.
Н. Коштр				24				
Затверд.	Леонтьев П.В	Підпис	Дата					

17. Белоконь С. А., Золотухин Ю. Н., Котов К. Ю. и др. Управление полётом квадрокоптера при параметрическом задании траектории движения // Тр. XII Всеросс. совещания по проблемам управления. М.: Изд-во ИПУ РАН, 2017. С. 3384–3390.
18. Белоконь С. А., Золотухин Ю. Н., Мальцев А. С. и др. Управление параметрами полёта квадрокоптера при движении по заданной траектории // Автометрия. 2017. 48, № 5. С. 32–41.

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизация электроприводу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					виконавчих механізмів літального апарату	<b>СумДУ, СУ-81</b>		<i>Арк.</i>
<i>Н. Коитр</i>								
<i>Затверд.</i>	Леонтьев П.В	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					



Додаток А

Функциональная схема автоматизации

					<b>СУ-81 6.151.12.ДП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Косовченко			Автоматизация электроприводу выполняющих механизмов лігального апарату	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Соколов С.В						
<i>Реценз.</i>					<b>СумДУ, СУ-81</b>			
<i>Н. Контр</i>								
<i>Затверд.</i>		Леонтьев П.В						