

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Жук Дмитро Олександрович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19-1

(шифр)

Спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу керування при зльоті безпілотного літаючого апарата

(назва за наказом ректора)

| Консультанти | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|--|------------------------|------------------|---------------|--------|
| | | Рейтинг. | інституційною | |
| Керівник кваліфікаційної роботи | ас. Зибалов. Д.С. | | | |
| Провідний керівник | проф. Бубліков А.В. | | | |
| Розробка апаратного забезпечення системи керування | ас. Зибалов Д.С. | | | |
| Визначення моделі об'єкта керування | проф. Бубліков А.В. | | | |
| Економічна частина | ст. викл. Яремчук І.О. | | | |
| Охорона праці | проф. Чеберячко Ю.І. | | | |
| Рецензент | | | | |
| Нормоконтролер | ас. Воскобойник Є.К. | | | |

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)
_____ Бубліков А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Жук Д.О.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-19-1
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу керування при зльоті безпілотної літаючого
апарата затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 328-с
від №08.05.2023 р.

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|--|--|------------------|
| Стан питання та постановка завдання | Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи. | 11.05.2023 |
| Розробка апаратного забезпечення системи керування | Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної. | 18.05.2023 |
| Визначення моделі об'єкта керування | Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність. | 25.05.2023 |
| Економічна частина | Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування | 01.06.2023 |
| Охорона праці | Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи. | 05.06.2023 |

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Зибалов Д.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

30.11.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

12.06.2023

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Жук Д.О.

(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 63с., 26 рис., 12 табл., 1 додаток, 11 джерел.

Дана кваліфікаційна робота є частиною комплексної роботи. Ця частина розглядає автоматизований процес керування безпілотного літаючого апарату при зльоті.

Ціллю даного дослідження є вивчення та аналіз можливостей автоматизації процесу керування при зльоті безпілотного літаючого апарата з метою покращення ефективності та безпеки таких операцій.

Предметом дослідження є процес керування під час зльоту безпілотного літаючого апарата, включаючи автоматизацію різних аспектів, таких як системи навігації, стабілізації, безпеки та комунікації.

Об'єктом дослідження є безпілотний літаючий апарат, його складові системи та процеси керування під час зльоту.

Для досягнення поставленої мети буде використана комбінація науково-дослідницьких методів, включаючи аналіз літературних джерел, вивчення існуючих технологій та рішень в галузі автоматизації польотів безпілотних літаючих апаратів, моделювання та експериментальні дослідження. Будуть проведені аналіз можливостей системи автоматизації, розробка та впровадження алгоритмів керування, а також вимірювання та оцінка результатів.

Було досліджено та зібрано характеристики ротора с пропелером та виготовлено математичну модель об'єкта керування згідно якої було проведено перевірку на адекватність та визначено, що для моделі яка описує збільшення в динаміці обертів пропелерів характерна зміна параметрів тобто параметри не є стаціонарними, вони є змінними величинами через вплив поки що недосліджених факторів.

Результати дослідження матимуть практичне значення для розробників та операторів безпілотних літаючих апаратів. Впровадження автоматизованих систем керування під час зльоту допоможе зменшити втрати часу та ресурсів,

підвищити точність і безпеку операцій, а також сприятиме розвитку сучасних технологій авіації та квадрокоптерів.

**АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЗЛІОТ, ПРОЦЕС КЕРУВАННЯ, СКЛАДОВІ СИСТЕМИ,
ТОЧНІСТЬ, БЕЗПЕКА, РОЗВИТОК.**

Зміст

| | |
|--|--|
| Вступ | 7 |
| 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ | 9 |
| 1.1 Загальні відомості | 9 |
| 1.2 Галузь промисловості | 11 |
| Інфраструктура та будівництво | Ошибка! Закладка не определена. |
| 1.3 Технологічний процес..... | 15 |
| 1.4 Огляд існуючих моделей керування автоматизацією зльоту БПЛА | 17 |
| 1.5 Об'єкт керування | 18 |
| 1.5.1 Структура об'єкта керування | 18 |
| 1.6 Формулювання задачі дослідження..... | 19 |
| 1.7 Висновки | 19 |
| 2. РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ..... | 20 |
| 2.1. Розробка структурної схеми системи керування | 20 |
| 2.2. Вибір апаратного забезпечення системи керування | 21 |
| 2.2.1. Вибір датчиків | 21 |
| 2.2.3. Вибір виконавчих пристроїв | 24 |
| 2.2.4 Вибір пульта оператора | 26 |
| 2.2.5. Вибір пристрою керування..... | 27 |
| 2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації | 28 |
| 2.4. Розробка схеми електричної принципової..... | 29 |
| 2.5. Висновки за розділом..... | 29 |
| 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ | 30 |
| 3.1 Підготовка даних..... | 30 |
| 3.2 Ідентифікація | 33 |
| 3.3 Перевірка моделі на адекватність | 38 |
| 3.4 Висновки за розділом..... | 41 |
| 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... | 42 |
| 4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування | 42 |
| 4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування | 42 |
| 5.3. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення | 44 |
| 5.3.1. Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення | 44 |
| 5.3.2. Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення | 48 |
| 4.4. Розрахунок експлуатаційних витрат | 49 |
| 4.4.1. Амортизація основних фондів | 50 |
| 4.4.2. Розрахунок фонду заробітної плати | 51 |
| 4.4.3. Відрахування на соціальні заходи | 52 |

| | |
|---|----|
| 4.4.4. Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт..... | 52 |
| 4.4.5 Витрати на електроенергію | 53 |
| 4.4.6 Інші витрати..... | 53 |
| 4.5 Висновок до розділу..... | 54 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 55 |
| 5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі с двигуном..... | 55 |
| 5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці при роботі з дронами на безколекторних двигунах ... | 57 |
| 5.3 Пожежна профілактика..... | 60 |
| 5.4 Висновок до розділу..... | 61 |
| ВИСНОВКИ..... | 62 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 63 |
| ДОДАТОК А..... | 65 |
| ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ..... | 66 |

Вступ

Історія дронів сягає далеко в минуле і пов'язана з розвитком авіації та технологій дистанційного керування. Від простих моделей до сучасних безпілотних літальних апаратів, дрони зазнали значних змін і знайшли широке застосування в різних галузях.

Перші кроки у створенні дронів були зроблені ще в кінці XIX століття. У 1898 році Адольф Гастон Шарль розробив та випробував перший автопілотований літак, який мав вбудований механізм автопілота. Цей пристрій дозволяв літальному апарату підтримувати постійну висоту та напрямок без прямого керування пілотом.

Протягом наступних десятиліть були зроблені деякі великі кроки у розвитку дронів. У 1917 році в Австро-Угорській імперії Ігнацій Новак виготовив та успішно випробував безпілотний літальний апарат з дистанційним керуванням, який використовувався для артилерійської розвідки. Протягом Другої світової війни дрони отримали значну увагу як засіб розвідки та атаки. Були розроблені великі безпілотні літальні апарати, які використовувалися для бомбардування ворожих цілей.

Після війни розвиток дронів продовжився, особливо в сфері військових досліджень та розвідки. У 1959 році компанія "Radioplane" представила свою модель RP-1, яка стала одним з перших комерційних безпілотних літальних апаратів. Ці моделі використовувалися для зйомки з висоти та розвідки, а також для випробувань різних систем керування.

З початку 1960-х років до кінця 1980-х років було розроблено безліч різних моделей дронів, які використовувалися в багатьох різних галузях, включаючи військову, наукову, комерційну та цивільну авіацію. У 1964 році компанія Ryan Aeronautical Company створила модель Firebee, яка використовувалася для

розвідки військових об'єктів та тестування протиракетних систем. У 1973 році компанія General Atomics розробила модель GNAT, яка використовувалася військовими для розвідки, навчання та міжнародних операцій.

У 1980-х роках дрони стали доступнішими для комерційного використання. Було розроблено безліч різних моделей для фотозйомки, відеозйомки, моніторингу доріг та ліній електропередачі, а також для охорони територій та виконання інших завдань.

У 1990-х роках розвиток дронів продовжився з новою інтенсивністю. У зв'язку зі зростанням інтересу до військових операцій, були розроблені безпілотні літальні апарати для військових операцій з повітряної розвідки та атак. Дрони також стали використовуватися для наукових досліджень, моніторингу клімату та довкілля.

У сучасний час дрони стали все більш популярними серед широкого загалу користувачів. Вони використовуються для розваг, аерофотозйомки, відеозйомки, спортивних змагань, доставки товарів, пошуку та рятувальних операцій, моніторингу доріг та територій, сільського господарства, наукових досліджень та багатьох інших цілей.

Останні технологічні досягнення включають розробку дронів зі штучним інтелектом, автономним польотом, технологіями розпізнавання обличчя та об'єктів, додатковими сенсорами, що дозволяють їм працювати в складних погодних умовах та навіть виконувати завдання в зоні бойових дій.

Однак, разом з розширенням використання дронів виникають також питання безпеки та приватності. Регуляторні органи розробляють правила та обмеження для регулювання використання дронів, зокрема щодо обмеження польотів над населеними пунктами, аеропортами та конфіденційних об'єктів.

Загалом, історія дронів є фасцинуючою подорожжю в світі авіації та технологій. Від простих експериментів до потужних безпілотних систем, дрони впливають на нашу життя і відкривають безліч нових можливостей у різних галузях.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Загальні відомості

Дрони, які іноді називають безпілотними літальними апаратами (БЛА), виконують різноманітні завдання — від повсякденних до надзвичайно небезпечних. Ці літаки, схожі на роботів, можна зустріти, рятуючи жертв лавин, а також висаджуючи продукти біля вашого порогу — і майже скрізь між ними.

Спочатку розроблені для військової та аерокосмічної промисловості, дрони знайшли свій шлях до мейнстріму завдяки підвищеному рівню безпеки та ефективності, яку вони забезпечують. Ці роботизовані БПЛА працюють без пілота на борту та з різними рівнями автономності.

Рівень автономності дрона може коливатися від дистанційного пілотування (людина контролює його рухи) до розширеної автономності, що означає, що він покладається на систему датчиків і детекторів LiDAR для обчислення свого руху.

Різні типи дронів мають різні можливості щодо дальності та висоти польоту. Дрони надзвичайно близького радіусу дії, як правило, здатні пролітати до трьох миль і часто використовуються любителями. Дрони малих радіусів дії можуть пролітати до 30 миль і часто використовуються для шпигунства та збору розвідувальної інформації. Дрони середнього радіусу дії мають здатність пролітати до 90 миль і використовуються для розвідки, наукових досліджень і метеорологічних досліджень. Найбільш "витривалі" дрони, які мають найбільший радіус дії, можуть пролітати понад 400 миль на висоту до 3000 футів.

Оскільки безпілотними літальними апаратами можна керувати дистанційно та літати на різних відстанях і висотах, вони є ідеальними кандидатами для виконання деяких із найважчих завдань у світі. Вони допомагають у пошуку тих, хто вижив після урагану, допомагають правоохоронним органам і військовим дивитися в небо під час терористичних

ситуацій і просувають наукові дослідження в деяких з найекстремальніших кліматичних умов на планеті. Дрони навіть проникли в наші домівки і служать розвагою для любителів і життєво важливим інструментом для фотографів .

Для забезпечення безперебійної роботи безпілотних літальних апаратів використовується велика кількість компонентів, тому важливо ознайомитися з технологіями, які становлять систему дронів, будь то безпілотні або дистанційні. Від подачі команд до забезпечення стабільного контролю під час польоту, пілоти повинні враховувати різні фактори, які впливають на ефективність дрона у виконанні певних завдань. Серед багатьох змінних, які впливають на цей процес, особливо важливі такі компоненти, як наземна станція управління (GCS), корисні навантаження і канали передачі даних, які слід враховувати.

Зазвичай безпілотні літальні апарати (БПЛА) відомі як дрони, а вся система, що дозволяє їм працювати, називається безпіотною літальною системою (БПЛС). БПЛА включають роторні конструкції для польоту, а також існують легкі БПЛА, такі як дирижаблі, повітряні кулі і малі БПЛА з махаючими крилами.

GCS, або наземна станція управління, є центральним вузлом для управління та контролю безпілотним літальним апаратом (БПЛА). Розміри наземних станцій можуть варіюватися, починаючи від столу з кількома моніторами до портативних контролерів або навіть додатків на мобільних пристроях. GCS надає можливість керування польотом, контролю над датчиками корисного навантаження, моніторингу стану апарата, плануванню місій та передачі даних. Вона може бути керована користувачем безпосередньо або працювати в автономному режимі, отримуючи інформацію з супутників.

Безпілотні літальні апарати, зокрема БПЛА, можуть мати різні розміри і вмістити корисне навантаження різного обсягу. Вони можуть використовуватися для різних цілей, включаючи доставку різних предметів, починаючи від

важливих медикаментів до посилок та іншого. Безпілотні літальні апарати забезпечують ефективний спосіб доставки, проте вони повинні бути спеціально розроблені для виконання конкретних завдань. Деякі дрони можуть швидко перетинати океани, тоді як інші можуть бути обмежені висотою польоту до декількох тисяч футів. Деякі безпілотні літальні апарати здатні перевозити великі ваги, навіть сотні фунтів, тоді як інші мають обмеження в кілька кілограмів. Для операторів важливо правильно вибрати дрон, який відповідає їхнім потребам і допомагає виконати заплановану роботу.

1.2 Галузь промисловості

Будівельна галузь має стратегічне значення для економік країн у всьому світі. Розвиток цієї галузі часто є показником індустріалізації країни і відображає рівень розвитку її інфраструктури. У цьому контексті використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) може мати вагомі переваги:

Економія витрат: Застосування дронів дозволяє зменшити витрати, пов'язані з традиційними методами інспекції та моніторингу. Дрони можуть швидко та ефективно перевіряти об'єкти будівництва, уникнути непотрібних витрат і скоротити час проведення робіт.

Зменшення аварійності: БПЛА можуть проводити детальну і регулярну інспекцію будівельних об'єктів, що дозволяє виявляти потенційні проблеми або дефекти ще до того, як вони перетворяться на серйозні аварії. Це сприяє зменшенню ризиків і покращенню безпеки на будівельних майданчиках.

Використання дронів значно покращує управління будівельними проектами, завдяки точному та швидкому збиранню даних про стан об'єктів. Це дає змогу керівництву та інвесторам моніторити прогрес робіт, оцінювати їх ефективність та здійснювати необхідні коригування. Завдяки даним, отриманим від дронів, можна швидко виявляти потенційні проблеми та ризики, що дозволяє приймати своєчасні рішення та уникати затримок чи збитків. Крім того, збирання даних за допомогою дронів дозволяє отримати більш точну та повну інформацію

про стан будівельних об'єктів, що сприяє покращенню якості та точності управління проектами. Все це сприяє збільшенню ефективності та успішності будівельних проектів.

Технологія безпілотних літальних апаратів, поєднана з штучним інтелектом, значно полегшує та покращує процеси в будівельній галузі. Дрони можуть проводити швидкі та безпечні перевірки, передавати та зберігати дані, що стосуються будівельних проектів та цивільних досліджень. В результаті керівництво проектами та інвестори можуть отримувати достовірну інформацію щодо готовності проектів будівництва та приймати обґрунтовані рішення.

Інфраструктура є надзвичайно важливою для суспільства та економіки, проте деякі з найбільш промислово розвинутих країн світу стикаються з проблемами щодо інфраструктури, зокрема зі старими мостами. У США кожен третій міст потребує ремонту або заміни. У Японії кількість застарілих мостів, які обмежують рух транспорту, зросла втричі між 2008 і 2019 роками. У Великобританії понад 3200 мостів потребують ремонту.

Перевірки мостів традиційними методами є виснажливими та вимагають значних людських зусиль. Однак застосування дронів зі штучним інтелектом може бути вирішенням для нашої пошкодженої інфраструктури. Безпілотні апарати спрощують складне завдання перевірки та обслуговування критичних конструкцій, таких як мости.



Рис 1.1 Використання дрона на будівництві

Традиційно нафтогазові підприємства та комунальні компанії використовують вертольоти для огляду нафтопереробних заводів, морських бурових установок і ліній електропередач. Проте заміна гелікоптерів безпілотними апаратами робить ці завдання більш економічно ефективними та надійними. Багато компаній, що займаються відновлюваною енергетикою, використовують безпілотні літальні апарати зі зум-камерами для перевірки сонячних батарей і вітрових турбін. У гірничодобувній промисловості тепер дрони відправляються для огляду відкритих шахт, що допомагає знизити ризик для життя людей. В цих галузях використання дронів стає неот'ємною частиною бізнес-операцій, що підвищує ефективність та безпеку.

У пошуку поранених або заблукалих людей в пустелі час має вирішальне значення. Для цих цілей безпілотні апарати, що оснащені тепловізорами, зум-камерами та ліхтарями, можуть швидко пролітати на великі відстані, знаходити заблукалих туристів і надсилати їх до безпечного місця. За даними Асоціації гірських рятувальників Північної Америки, близько 80% її членів використовують дрони як невід'ємний інструмент у процесі пошуку та рятування.

Перед використанням безпілотних апаратів фермери ручним способом перевіряли свої поля, що може займати дні. Цей тривалий процес ставить під загрозу сотні акрів посівів. Завдяки дронам фермери тепер можуть миттєво виявляти проблеми з врожаєм та швидко реагувати на них. Аналогічно комунальним і енергетичним компаніям, великі сільськогосподарські підприємства можуть контролювати свої активи з висоти, щоб забезпечити мінімальний час відключення для ремонту.

Оскільки комерційні безпілотні апарати використовуються по всьому світу для різних видів перевірок, значення безпілотних апаратів зростає в багатьох галузях. Використання дронів у перевірках підвищує точність, ефективність і

захист працівників. Очікується, що в найближчі роки все більше галузей будуть використовувати ці засоби для максимізації своїх бізнес-операцій у зв'язку з розвитком технології безпілотних апаратів.

Коли природні погодні умови спричинюють руйнування будинків та майна, використання дронів може допомогти страховим компаніям ефективно впоратися з великим потоком страхових вимог. Наприклад, дрон може здійснити огляд пошкодженого будинку до приїзду консультанта страхової компанії для оцінки збитків, таких як пошкодження даху. Цей спрощений процес дозволяє заощадити час та гроші страхових компаній. При взаємодії з фахівцями з ремонту даху, які працюють в мережі, зображення, отримані з дрона, можуть бути використані для показу власникам стану їх даху та обговорення планів відновлення.

Використання дронів для інспекцій нафтопереробних заводів, морських бурових установок і ліній електропередач дозволяє енергетичним та комунальним компаніям зробити ці операції більш доступними та екологічно чистими, замінивши традиційні вертольоти. Використання дронів дозволяє здійснювати детальну інспекцію важкодоступних місць, вимірювати параметри і збирати дані безпосередньо з повітря. Це значно знижує витрати на операції та ризик для персоналу.

Окрім того, компанії, що займаються відновлюваною енергетикою, використовують дрони для дослідження сонячних панелей і вітрових турбін. Дрони дозволяють проводити регулярні перевірки енергетичних систем, виявляти можливі дефекти, контролювати ефективність роботи обладнання та виконувати необхідні обслуговування. Це допомагає забезпечити максимальну продуктивність відновлюваних джерел енергії та знижує час і витрати на інспекції.

Загалом, використання дронів в енергетичній та комунальній сферах має багато переваг, включаючи зниження витрат, покращення безпеки персоналу та екологічну чистоту операцій.

Крім того, дрони можуть використовуватися для сповіщення співробітників про катастрофи, такі як розрив трубопроводу, а також для перевезення корисних вантажів, що виявляють витік газу. Використання безпілотних літальних апаратів допомагає запобігти потенційним екологічним та економічним катастрофам, оскільки вони можуть охоплювати значно більші площі землі швидше, ніж людські команди. Це також допомагає знизити ризик для життя людей, оскільки дрони перевіряють небезпечні зони.

Використання дронів у цих галузях економіки сприяє підвищенню продуктивності та безпеки щоденних операцій.

1.3 Технологічний процес

Технологічний процес виробництва дронів включає в себе такі кроки:

1- Проектування: Цей етап включає розробку концептуального дизайну дрона, вибір необхідних компонентів, розміщення електроніки та механізмів, а також створення схеми з'єднань.

2- Виробництво: Після завершення проектування виробництво дрона розпочинається зі збирання його компонентів. Це включає з'єднання електронних плат, встановлення сенсорів, моторів та актуаторів, монтаж рами та інших деталей.

3- Програмування: Для роботи дрона потрібно написати програмне забезпечення, яке керуватиме його рухами та функціональністю. Це включає розробку алгоритмів керування, обробки даних з сенсорів, комунікації з пультом керування та виконання інших завдань.

4- Тестування: Після завершення збирання та програмування дрон потребує тестування для перевірки правильності його роботи. Це може включати перевірку руху дрона у різних напрямках, перевірку функцій сенсорів,

комунікації з пультом керування та інші технічні випробування.

5- Калібрування: Після тестування може знадобитися калібрування дрона, щоб досягнути оптимальної працездатності. Це включає налаштування параметрів контролера, сенсорів та інших компонентів для забезпечення точності та стабільності рухів.

Технологічний процес керування дроном включає декілька етапів(рис 1.2):

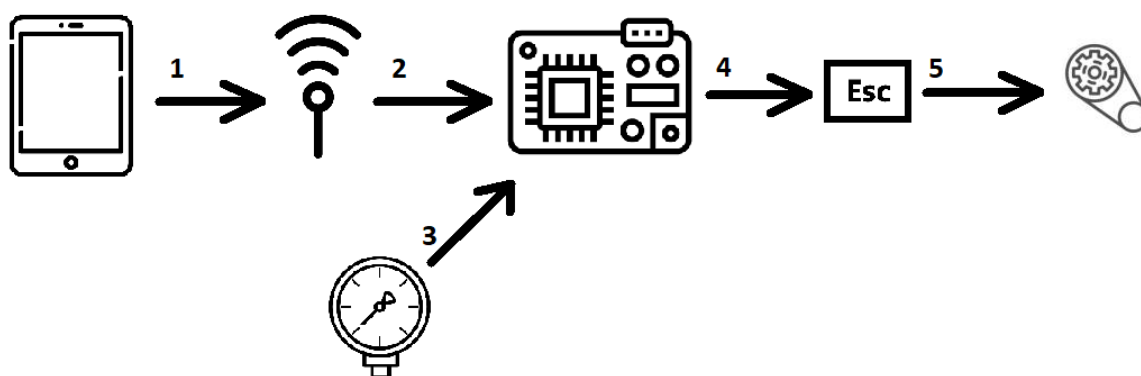


Рис 1.2 Технологічний процес керування дроном

1- Послідовний порядок виконання функцій управління дроном можна описати наступним чином: радіомодуль отримує команди від оператора і передає їх до мікроконтролера за допомогою інтерфейсу UART.

2- У мікроконтролері отримані дані з акселерометра, барометра, гіроскопа та GPS модуля використовуються для порівняння фактичного положення дрона, його вектора руху та бажаного вектора руху. У випадку, якщо оператор не вказав керуючий сигнал, мікроконтролер розраховує положення дрона відносно заданого положення у просторі. Після коригування курсу, мікроконтролер надсилає керуючий сигнал до кожного окремого блоку ESC.

3- Кожен блок ESC змінює швидкість обертання двигунів, регулюючи рівень напруги, що керує вектором польоту дрона.

4- Послідовність дій включає в себе передачу команд від оператора через радіомодуль до мікроконтролера, обробку даних з датчиків у мікроконтролері та розрахунок поточного положення та вектора руху дрона. Після цього мікроконтролер визначає потрібні корекції та надсилає керуючі сигнали до

вимірювання положення відносно сили тяжіння та камеру, яка за допомогою обробки зображень розпізнає горизонтальний рух. Вимірювання сенсорів передаються до системи керування польотом.

1.5 Об'єкт керування

Об'єктом керування є безпосередньо сам дрон.

1. Радіомодуль: Це пристрій, який отримує сигнали від оператора дрона за допомогою радіоканалу. Радіомодуль передає ці сигнали до мікроконтролера для подальшої обробки та виконання відповідних команд.

2. Мікроконтролер: Це основний розумовий центр дрона, який отримує команди від радіомодуля та координує роботу всіх інших компонентів. Мікроконтролер отримує дані з різних датчиків, таких як акселерометр, барометр, гіроскоп та GPS модуль, і використовує їх для визначення поточного положення, орієнтації та вектора руху дрона.

3. Блоки ESC (Electronic Speed Controllers): Ці блоки відповідають за керування швидкістю обертання двигунів дрона. Вони отримують керуючі сигнали від мікроконтролера і регулюють рівень напруги, яка керує швидкістю обертання кожного двигуна. Зміна швидкості обертання двигунів дозволяє змінювати вектор польоту дрона.

4. Датчики: квадрокоптер оснащений різними датчиками, такими як акселерометр, барометр, гіроскоп. Акселерометр вимірює прискорення, барометр вимірює атмосферний тиск, гіроскоп вимірює кутову швидкість зміни орієнтації. Ці дані використовуються мікроконтролером для точного визначення положення, орієнтації та шляху руху дрона.

1.5.1 Структура об'єкта керування

Структура об'єкта керування включає наступні вхідні та вихідні сигнали.

Вхідні сигнали:

- Сигнали від 4 безщіткових двигунів (BLDC)

Вихідні сигнали:

- Прискорення дрона
- Тиск повітря навколо дрона
- Температура навколо дрона
- Дані місцеположення з GPS
- Відеосигнал
- Керуючий вплив оператора

1.6 Формулювання задачі дослідження

Головним завданням проекту є розробка системи керування зльотом БПЛА. Для досягнення цього мети, планується розробка програмного забезпечення на мові C#, яке буде отримувати дані з датчиків, обробляти їх і керувати швидкістю обертання двигунів згідно зовнішнього впливу.

1.7 Висновки

В цьому розділі ми розібралися зі структурою об'єкта керування та визначили актуальність використання дронів в різних галузях промисловості.

2. РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1. Розробка структурної схеми системи керування

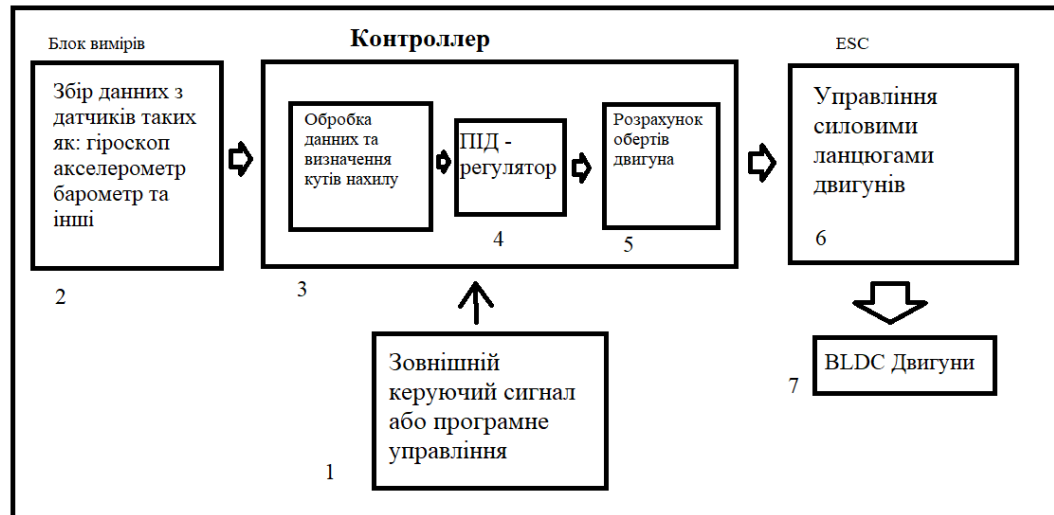


Рис 2.1 Структурна схема об'єкта керування

В якості об'єкту керування в даній кваліфікаційній роботі обрано квадрокоптер.

До складу структури системи стабілізації орієнтації БПЛА у просторі входять наступні вхідні і вихідні сигнали.

Вхідні сигнали:

- Прискорення коптеру, м/с
- Тиск повітря навколо коптеру, мбар 300...1200
- Температура навколо коптеру, С° -40...+85
- Дані місцеположення GPS, мГц
- Відеосигнал, мГц
- Керуючий вплив оператора

Вихідні сигнали:

- BLDC двигун №1, В/Вт ~5/~20
- BLDC двигун №2, В/Вт ~5/~20
- BLDC двигун №3, В/Вт ~5/~20

- BLDC двигун №4, В/Вт ~5/~20

2.2. Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1. Вибір датчиків

FPV (перегляд в першій особі) система для дрона дозволяє пілоту спостерігати за польотом дрона в реальному часі через відеопередавачі і віртуальні окуляри або екран.

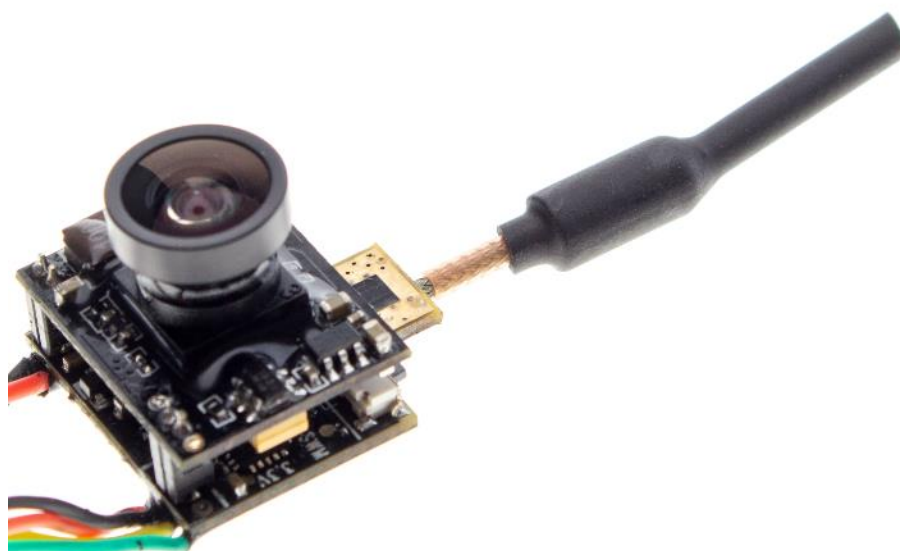


Рис 2.2 Fpv система

Таблиця 2.1 характеристики Fpv системи

| № | Характеристика | Опис |
|----|--------------------------|---|
| 1) | Відеопередавач | 5.8 ГГц бездротовий відеопередавач |
| 2) | Віртуальні окуляри/екран | Підтримує будь-які FPV окуляри або FPV екрани |
| 3) | Зворотний канал | Немає |
| 4) | Роздільна здатність | 720p (HD) |
| 5) | Затримка | <10 мс |
| 6) | Передавальна потужність | 25 мВт |
| 7) | Дальність передачі | До 300 метрів (залежить від умов та перешкод) |
| 8) | Антени | SMA-приймач та SMA-передавач зовнішні антени |
| 9) | Компанібельність | Сумісний з більшістю типів дронів та пультів управління |

Основним для дрона є датчик GPS . Датчик GPS (глобальна система позиціонування) використовується у квадрокоптерах для визначення їх географічного положення і навігації.



Рис 2.3 датчик GPS

Таблиця 2.2 характеристика GPS

| № | Характеристика | Опис |
|-----|---------------------------|---|
| 1) | Модель | NEO-6M-0-001 |
| 2) | Виробник | u-blox |
| 3) | Розмір | 16 мм × 12.2 мм × 2.4 мм |
| 4) | Вага | Приблизно 1 г |
| 5) | Операційна напруга | 3.3 В |
| 6) | Канали | 50 каналів |
| 7) | Частота оновлення | До 5 Гц |
| 8) | Підтримка протоколів | NMEA 0183, UBX |
| 9) | Чутливість | -162 дБм |
| 10) | Точність | Горизонтальна: 2.5 м; Вертикальна: 5 м |
| 11) | Вихідний інтерфейс | UART (TTL рівень) |
| 12) | Підтримка активної антени | Так |
| 13) | Вбудований EEPROM | 32 Кб |
| 14) | Робоча температура | -40°C до +85°C |
| 15) | Сумісність | Arduino, Raspberry Pi та інші мікроконтролери |

Цей модуль використовується для отримання географічних координат з супутників GPS і може бути інтегрований в різні проекти, такі як навігація, моніторинг автомобілів, геолокація та інші.

Також присутній датчик тиску BMP180 GY-68



Рис 2.4 датчик тиску

Таблиця 2.3 характеристики датчику тиску

| № | Характеристика | Опис |
|-----|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1) | Діапазон вимірювання тиску | 300 до 1100 гектопаскал (гПа) |
| 2) | Роздільна здатність тиску | 0.01 гПа |
| 3) | Робоча напруга | 1.8V - 3.6V |
| 4) | Робочий струм | 0.5 мА (під час вимірювання) |
| 5) | Інтерфейс зв'язку | Цифровий I2C |
| 6) | Розміри | 3.6 мм x 3.8 мм |
| 7) | Точність температури | $\pm 1^{\circ}\text{C}$ |
| 8) | Роздільна здатність температури | 0.1°C |
| 9) | Швидкість передачі даних | До 3.4 Мбіт/сек |
| 10) | Точність тиску | ± 1 гПа (в діапазоні 700-900 гПа) |
| 11) | Енергозберігаючі режими | Так |
| 12) | Діапазон вимірювання тиску | 300 до 1100 гектопаскал (гПа) |
| 13) | Роздільна здатність тиску | 0.01 гПа |

Щодо акселерометра ,який використовується ,то це ADXL345.

Акселерометр - це датчик, який вимірює прискорення, зокрема, гравітаційне прискорення і лінійні прискорення, що виникають від руху об'єкта.

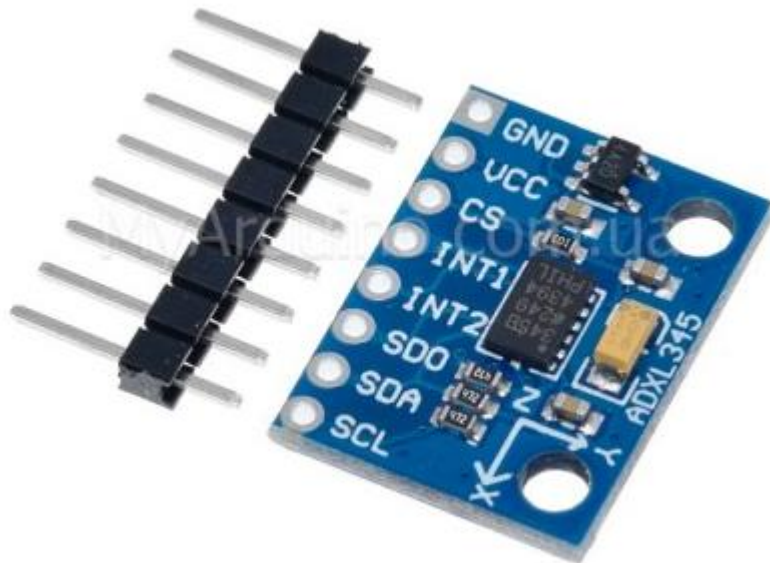


Рис 2.5 акселерометр

Таблиця 2.4 характеристики акселерометра

| № | Характеристика | Значення |
|-----|------------------------------|---|
| 1) | Діапазон вимірювання | $\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g$ |
| 2) | Роздільна здатність | 10 біт |
| 3) | Кількість осей | 3 осі (X, Y, Z) |
| 4) | Інтерфейс зв'язку | Цифровий I2C/SPI |
| 5) | Швидкість передачі даних | До 3.2 кбіт/сек (I2C), До 10 Мбіт/сек (SPI) |
| 6) | Вихідний формат даних | 16-бітне двійкове число |
| 7) | Робоча напруга | 2.0V - 3.6V |
| 8) | Підтримка переривань | Так |
| 9) | Детекція подвійного торкання | Так |
| 10) | Енергозберігаючі режими | Так |
| 11) | Розміри | 3 мм x 5 мм x 1 мм |

2.2.3. Вибір виконавчих пристроїв

Основною частиною квадрокоптера зазвичай є безщітковий двигун.



Рис 2.6 двигун

Таблиця 2.6 характеристики двигуна

| № | Характеристика | Опис |
|-----|--------------------------------|--|
| 1) | Розмір | 30 мм × 27 мм |
| 2) | Вага | Приблизно 20 г |
| 3) | Напруга | 3.7–7.4 В |
| 4) | Тип | Безщітковий мотор |
| 5) | Кількість полюсів | 12 полюсів |
| 6) | Кількість обертів на вольт | 1450 КВ |
| 7) | Максимальний струм | 1.5 А |
| 8) | Максимальна потужність | 10.5 Вт |
| 9) | Тягова сила | 350 грам (при напрузі 7.4 В і пропелері 8x4.3) |
| 10) | Робочий температурний діапазон | -10°C до +50°C |
| 11) | Вал | Діаметр 3 мм, довжина 10 мм |

Цей мотор використовується в багатороторних літальних апаратах, таких як квадрокоптери, для надання тягової сили та керування рухом. Він може бути використаний у різних проектах з моделювання, досліджень, зйомок з повітря та інших застосуваннях.

Таблиця 2.7 – Виконавчі пристрої

| № | Назва параметру | Назва виконавчого пристрою | Принцип дії | Тип | Діапазон змінення | Лінійність | Значення входу | Період оновлення | Напруга живлення | Потужність споживання |
|---|-----------------|----------------------------|-------------|------|-------------------|------------|----------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 1 | Рух | Безколектронний двигун | BLDC | Дис. | 0 - 4000 об/хв | | | | 4.7 В | 19 Вт |

Також важливо відмітити, що для зміни швидкості обертання двигуна та керування положенням БПЛА в повітрі використовується регулювання швидкості за допомогою шим сигналу. Цей сигнал формується мікроконтролером і передається на ESC, що впливає на вихідну напругу. Таким чином, швидкість обертання двигуна може бути точно налаштована для досягнення потрібного положення або руху БПЛА.



Рис 2.8 електронний контроллер швидкості

Таблиця 2.8 характеристики ESC

| № | Характеристика | Опис |
|----|---------------------------------|---------------|
| 1) | Струм | 160 А |
| 2) | Моментальний максимальний струм | 200 А |
| 3) | Напруга | Від 5 до 8 В |
| 4) | Вага | 88 грамів |
| 5) | Розміри корпусу | 5,2 на 3,2 см |

2.2.4 Вибір пульта оператора

В якості управляючого пристрою оператор використовує портативний комп'ютер, який працює під управлінням операційної системи Windows і має встановлене необхідне програмне забезпечення, розроблене на мові програмування C#, або планшет.

Таблиця 2.9. Перелік пультів оператора та їх характеристик

| № | Назва панелі оператора | Напруга живлення | Потужність споживання |
|---|--|------------------|---------------------------|
| 1 | Портативний ПК на базі системи Windows | 220 В | Залежить від моделі |
| 2 | Планшет | 100-220 В | Зазвичай від 5 до 15 ватт |

2.2.5. Вибір пристрою керування

Для управління використовується мікроконтролер від компанії Microchip - PIC32MX795F512L. Цей мікроконтролер повинен мати підтримку UART, оскільки дані з пульта керування передаватимуться через цей інтерфейс.



Рис 2.8 мікроконтролер

Таблиця 2.8 характеристики мікроконтролера

| № | Характеристика | Опис |
|-----|-------------------------------------|--|
| 1) | Модель | PIC32MX795F512L |
| 2) | Виробник | Microchip |
| 3) | Архітектура | MIPS |
| 4) | Частота | До 80 МГц |
| 5) | Кількість ядер | 1 |
| 6) | Кількість вбудованої пам'яті | 512 Кбайт Flash, 128 Кбайт RAM |
| 7) | Напруга живлення | 2.3 В - 3.6 В |
| 8) | Кількість вводу-виводу (I/O) | 83 |
| 9) | Підтримка інтерфейсів | UART, SPI, I2C, USB, Ethernet та інші |
| 10) | АЦП (аналого-цифровий перетворювач) | 16-біт, 16 каналів, до 500 конвертацій/с |
| 11) | Таймери | 5 16-біт таймерів, 1 32-біт таймер |
| 12) | Розміри | 10 мм x 10 мм x 1.5 мм |
| 13) | Робоча температура | -40°C до +85°C |

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вищезазначеного технологічного процесу можна описати функціональну схему автоматизації:

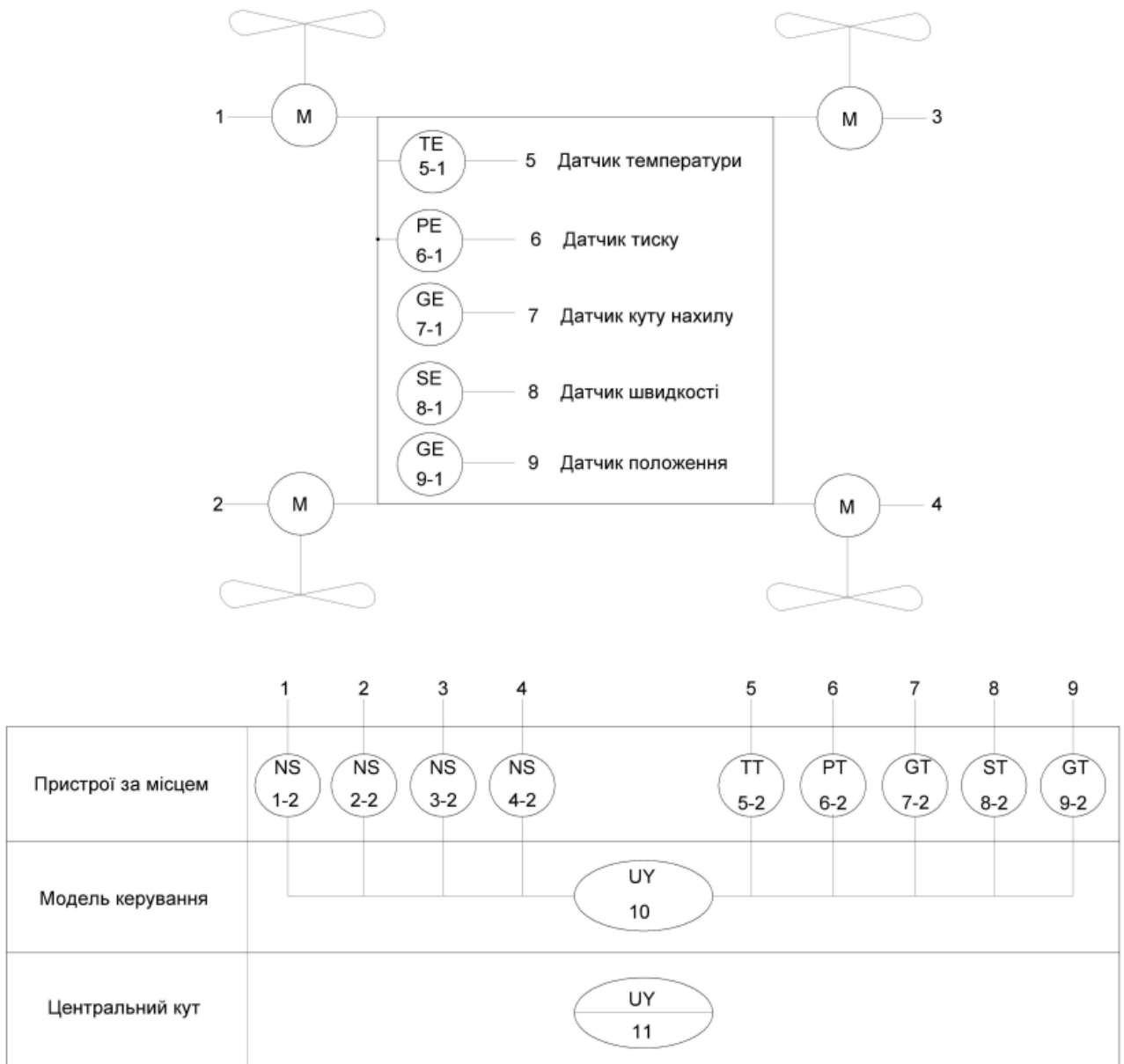


Рис.2.9 Функціональна схема

2.4. Розробка схеми електричної принципової

На основі розробленої функціональної схеми автоматизації була розроблена принципова електрична схема об'єкту керування.

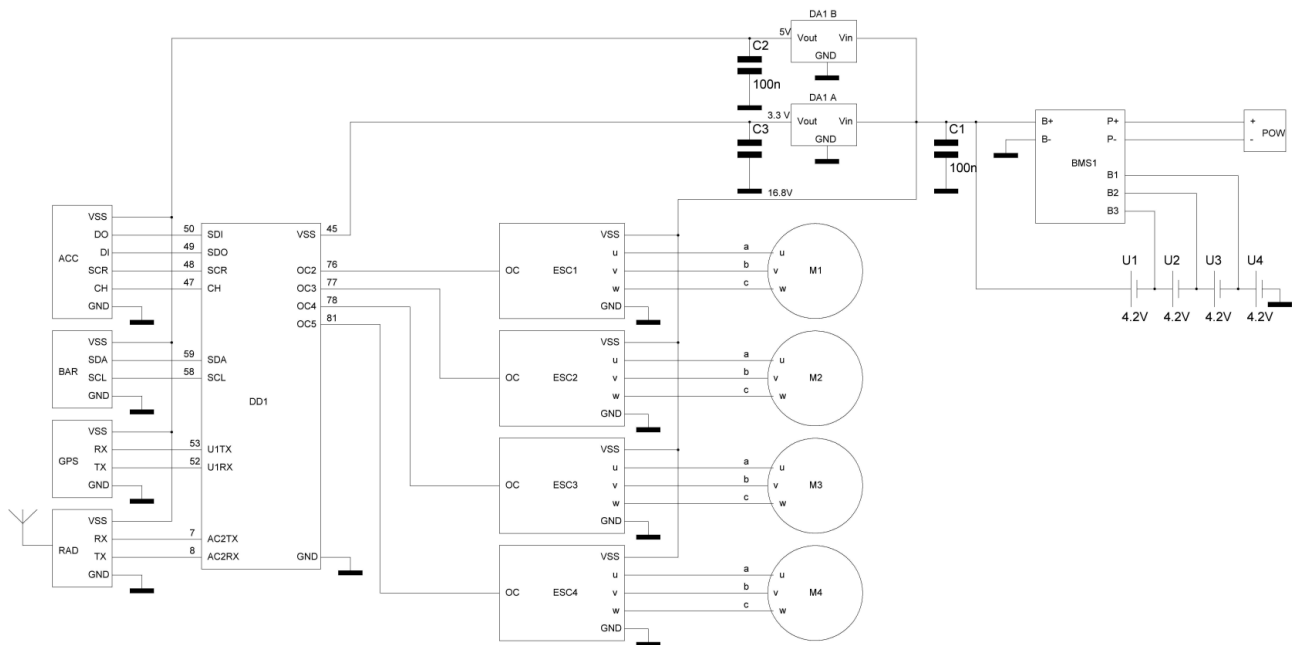


Рис 2.10 Електрично – принципова схема.

2.5. Висновки за розділом

Було визначено компоненти квадрокоптера та розроблено функціональну схему автоматизації та на її основі електрично-принципову схему.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Підготовка даних

Було отримано експериментальні данні з привода пропелера квадрокоптера згідно яких буде проведена ідентифікація. Буде визначена модель привода яка описує збільшення обертів пропелера .



Рис 3.1 Розгінна характеристика привода пропеллера з 2 відрізками

Ідентифікація буде проходити за двома відрізками які зображені на рисунку 3.1

Дані для першої ділянки:

$$x1=[20 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30];$$

$$y1=[800 \ 956 \ 1167 \ 1234 \ 1221 \ 1207 \ 1200 \ 1200 \ 1200];$$

Де $x1$ це керуючий вплив у відсотках, а саме синя крива зображена на рисунку 3.1, а $y1$ це дані обертів двигуна привода пропелера, а саме червона крива на тому ж рисунку.

Дані для другої ділянки:

```
x2=[30 35 35 35 35 35 35];
y2=[1207 1278 1399 1423 1421 1427 1430]
```

Де x_2 це керуючий вплив у відсотках, а саме синя крива зображена на рисунку 3.1, а y_2 це дані обертів двигуна, а саме червона крива на тому ж рисунку.

Для виконання ідентифікації нам потрібно більше значень, тобто ми проведемо інтерполяцію(додання точок)даних.

Щоб провести інтерполяцію ми скористаємося функцію `interp1` .

```
i=0:50:300;
i_interp = 0:10:300;
x1_interp = interp1(i,x1,i_interp);
y1_interp = interp1(i,y1,i_interp);
```

для першої пари даних

```
i=0:50:200;
i_interp = 0:10:200;
x2_interp = interp1(i,x2,i_interp);
y2_interp = interp1(i,y2,i_interp);
```

для другої пари

```
20 22 24 26 28 30 30 30 30 30 30 30
30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
30 30 30 30 30
800 831,200000000000 862,400000000000 893,600000000000
924,800000000000 956 998,200000000000 1040,400000000000
1082,600000000000 1124,800000000000 1167 1180,400000000000
1193,800000000000 1207,200000000000 1220,600000000000
1234 1231,400000000000 1228,800000000000 1226,200000000000
```

```

1223,60000000000    1221 1218,20000000000    1215,40000000000
1212,60000000000    1209,80000000000    1207 1205,60000000000
1204,20000000000    1202,80000000000    1201,40000000000
1200 1200 1200 1200 1200 1200 1200 1200 1200 1200 1200

```

Інтерпольовані данні для першого відрізка всього 41 пара

```

31  32  33  34  35  35  35  35  35  35  35  35
35  35  35  35  35  35  35  35  35  35  35  35
35  35  35  35  35  35
1207 1221,20000000000    1235,40000000000    1249,60000000000
1263,80000000000    1278 1302,20000000000    1326,40000000000
1350,60000000000    1374,80000000000    1399 1403,80000000000
1408,60000000000    1413,40000000000    1418,20000000000
1423 1422,60000000000    1422,20000000000    1421,80000000000
1421,40000000000    1421 1422,20000000000    1423,40000000000
1424,60000000000    1425,80000000000    1427 1427,60000000000
1428,20000000000    1428,80000000000    1429,40000000000

```

1430 Інтерпольовані данні для другого відрізка всього 21 пара

```

x1=[20 30 30 30 30 30 30 30 30];
y1=[800 956 1167 1234 1221 1207 1200 1200 1200];
i=0:50:400;
plot(i,x1), grid
figure
plot(i,y1), grid
i_interp = 0:10:400;
x1_interp = interp1(i,x1,i_interp);
plot(i,x1,i_interp,x1_interp), grid
y1_interp = interp1(i,y1,i_interp);
figure
plot(i,y1,i_interp,y1_interp), grid

```

```

x2=[30 35 35 35 35 35 35 ];
y2=[1207 1278 1399 1423 1421 1427 1430];
i=0:50:300;

```



```

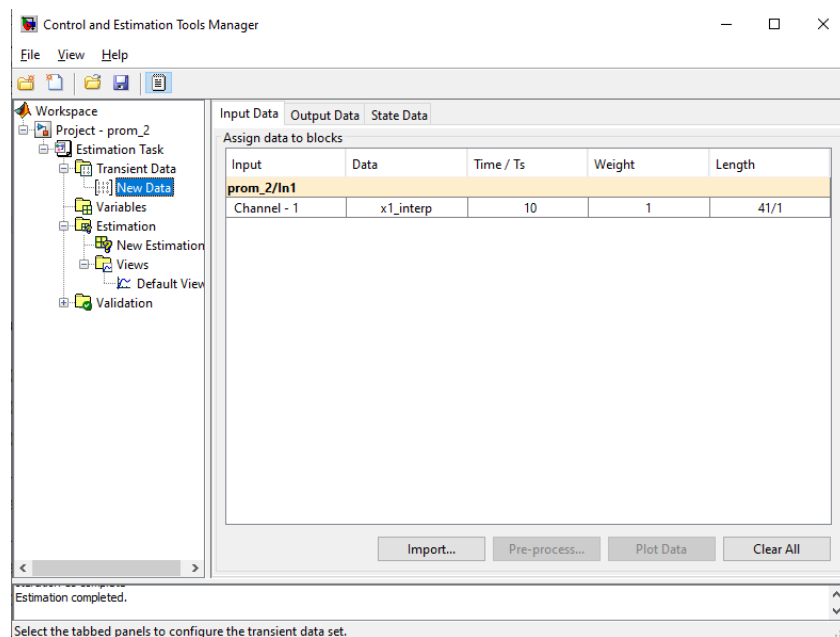
plot(i,x2), grid
figure
plot(i,y2), grid
i_interp = 0:10:300;
x2_interp = interp1(i,x2,i_interp);
plot(i,x2,i_interp,x2_interp), grid
y2_interp = interp1(i,y2,i_interp);
figure
plot(i,y2,i_interp,y2_interp), grid

```

3.2 Ідентифікація

Ідентифікація буде проводитись за допомогою додатку Control and Estimation Tools Manager , який використовують через його більшу кількість можливостей, на відміну від інших додатків.

В пункті New Data вводяться вхідні данні Рис 3.3 за таким способом відповідно вводимо данні і для другого відрізка



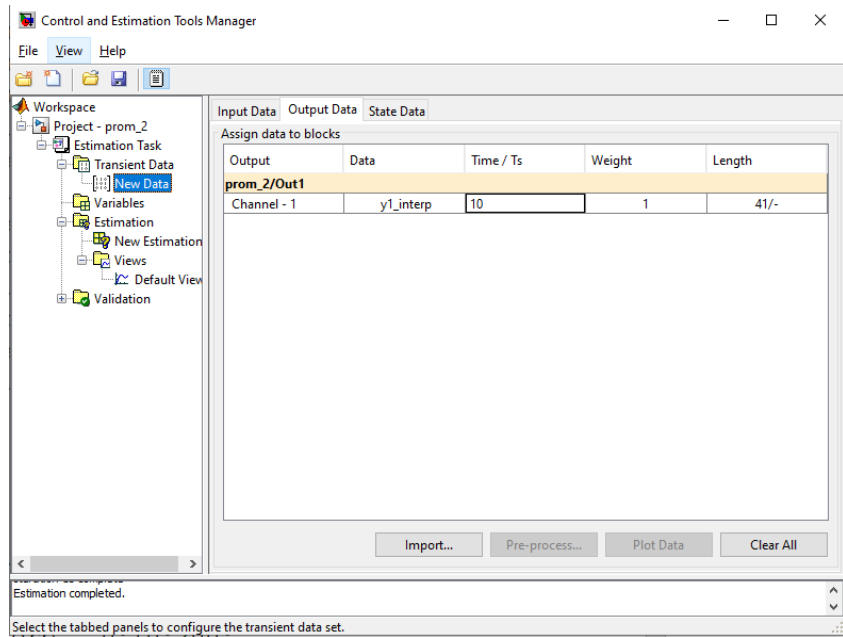


Рис 3.3 Введення даних

Також для проведення ідентифікації нам потрібна буде математична модель з додатку Simulink рис 3.4

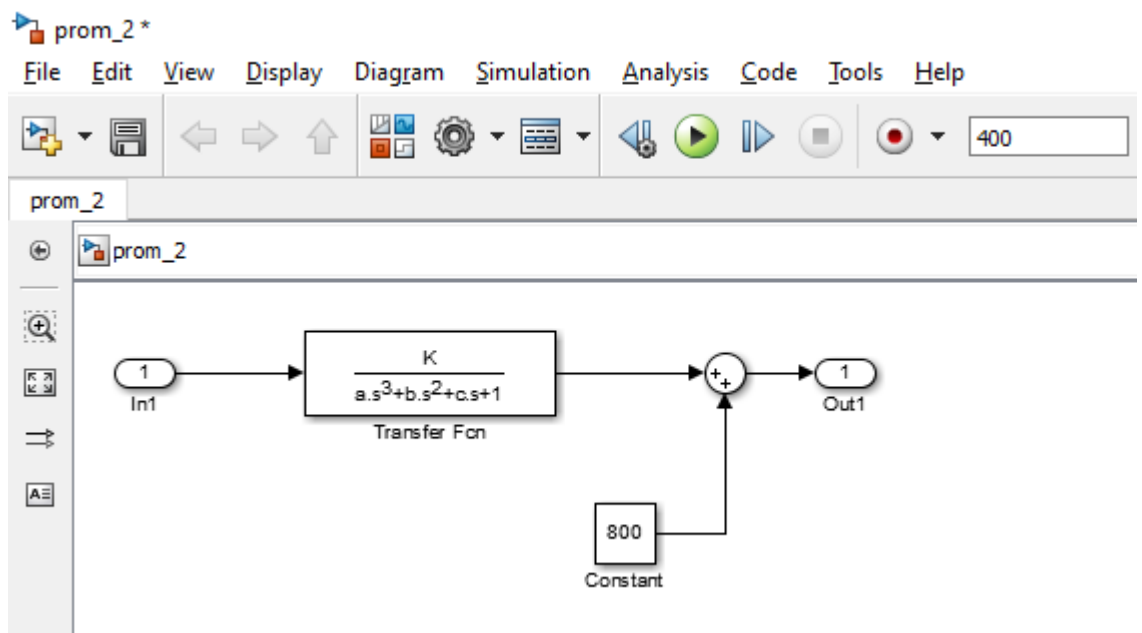


Рис 3.4 математична модель

Для блоку TransferFcn нам знадобиться ще 4 змінні ,а саме
 $K=10$ $b=10$ $c=10$ $a=10$

Щоб провести моделювання нам потрібно затвердити параметри які ми будемо використовувати рис 3.5

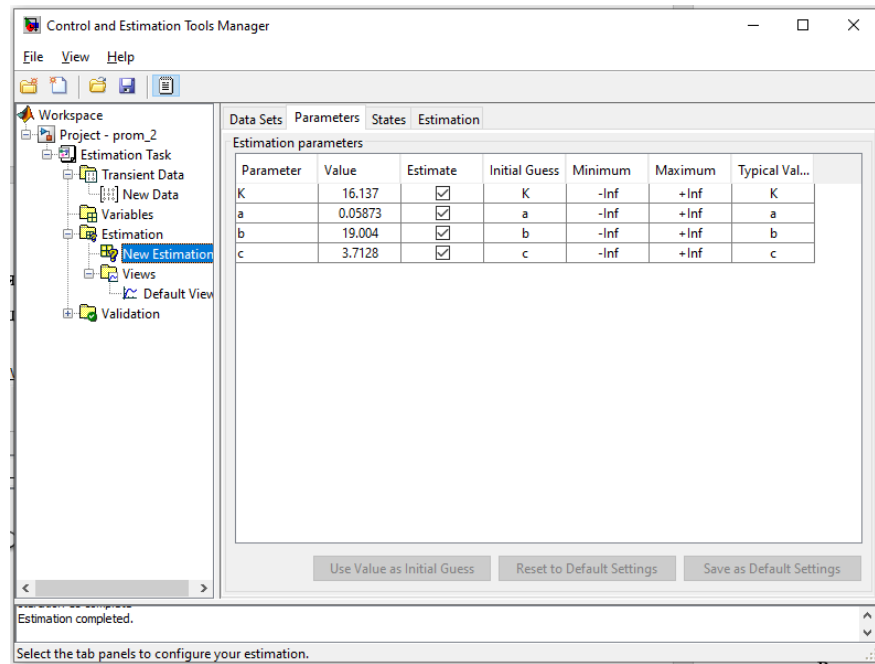
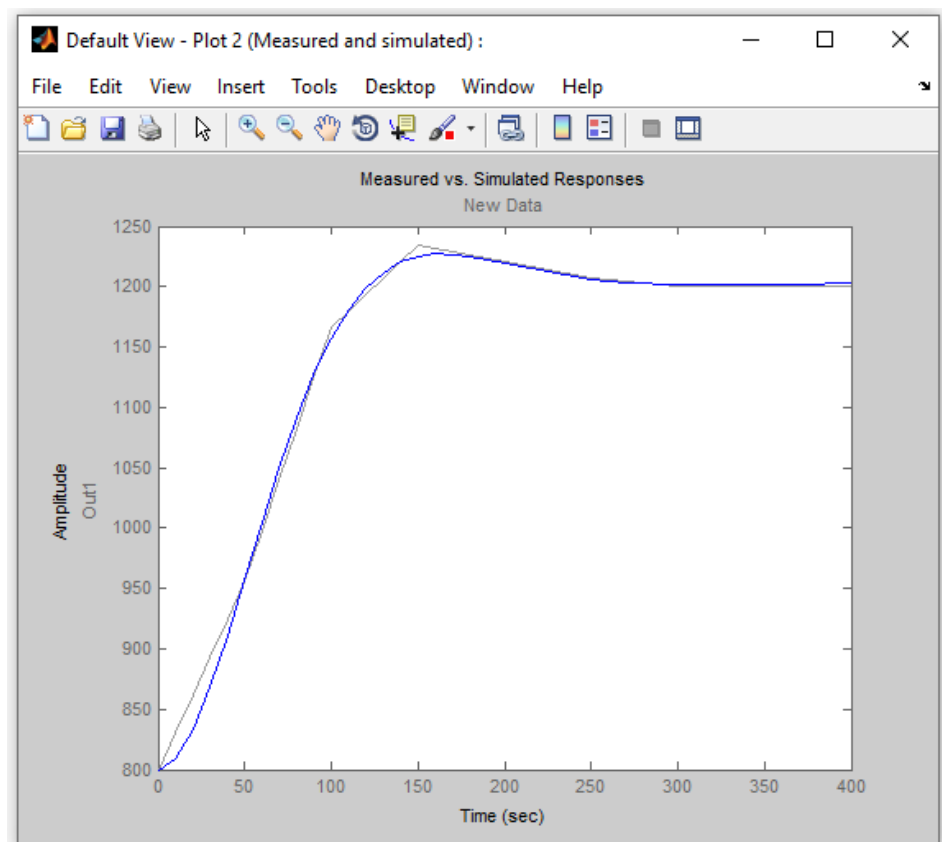


Рис 3.5 Введення допоміжних змінних

Далі нам потрібно промоделювати аби знайти невідомі змінні a, b, c, K , Які є параметрами передаточної функції рис 3.6.



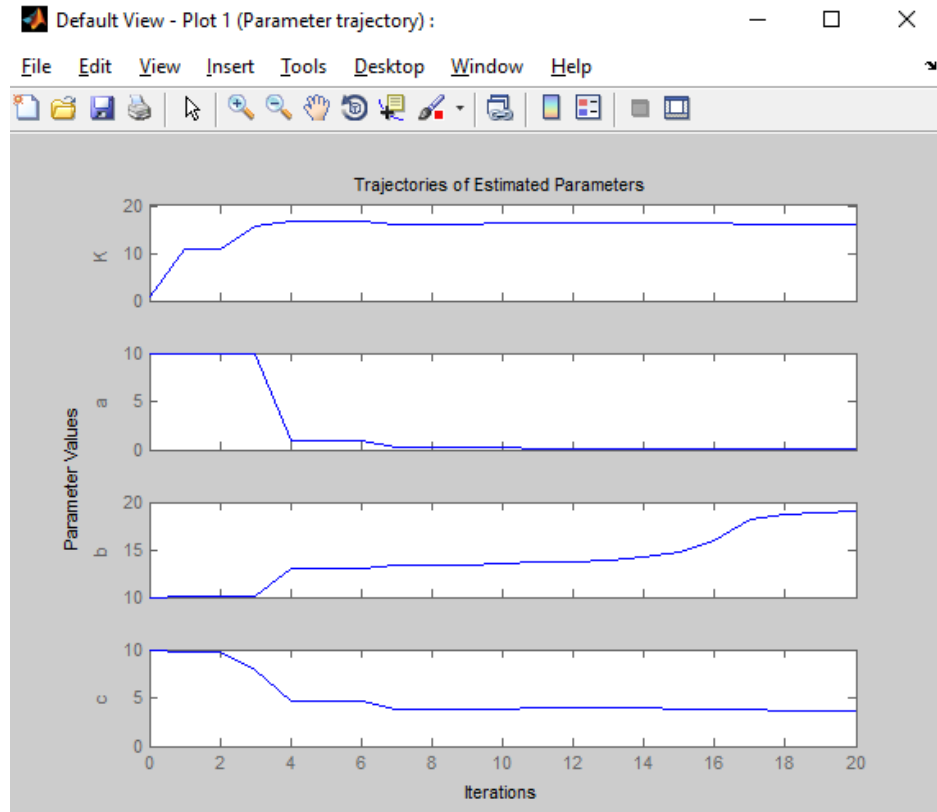


Рис 3.6 Результат пошуку в додатку Control and Estimation Tools Manager

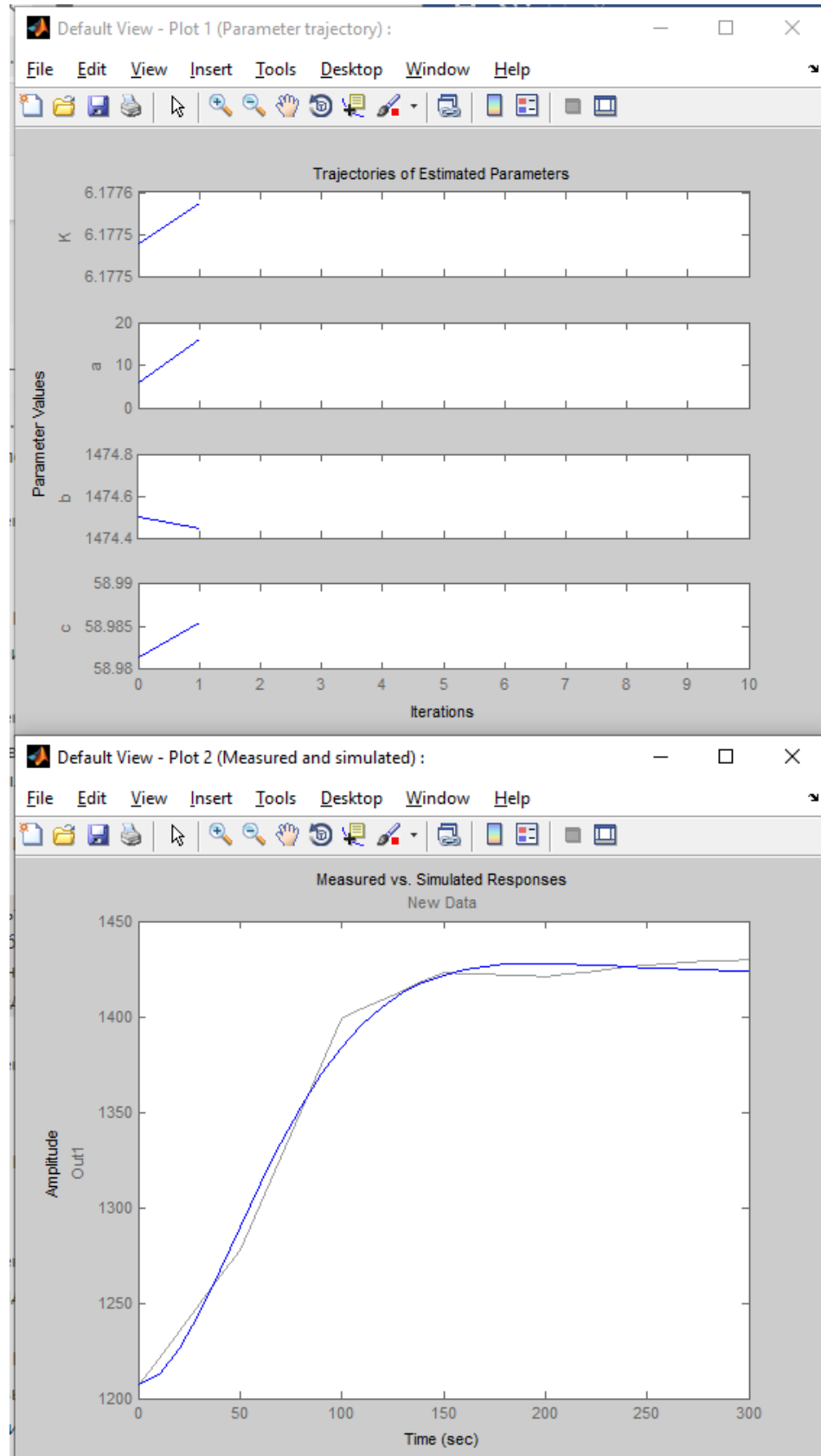


Рис 3.7 Результат пошуку даних для другого відрізка

3.3 Перевірка моделі на адекватність

Перевірка моделі на адекватність буде здійснюватися за допомогою функції

Goodness-of-Fit за допомогою якої ми порівняємо вектори вхідних даних та змодельованих.

Для цього нам потрібно доробити математичну модель аби ми могли скористатися та виокремити вихідні данні промодельованого відрізка

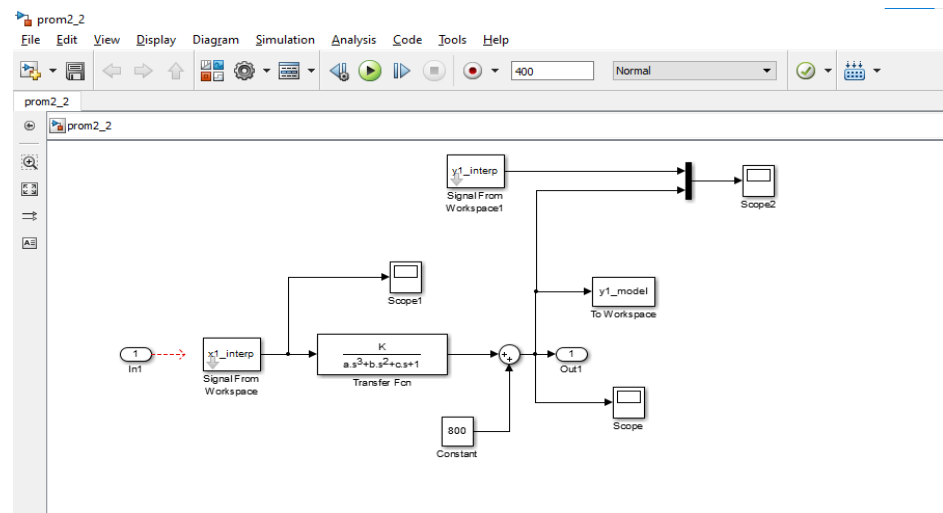


Рис 3.8 Допрацьована математична модель в додатку Simulink

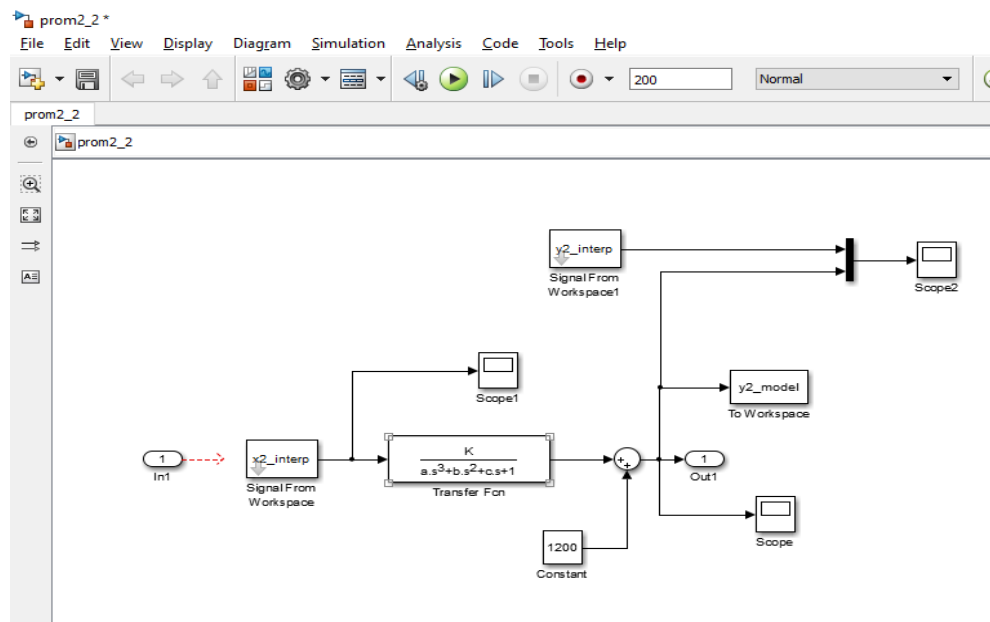


Рис 3.9 модель для 2 графіку

За допомогою функції оцінюється рівень збігу графіків

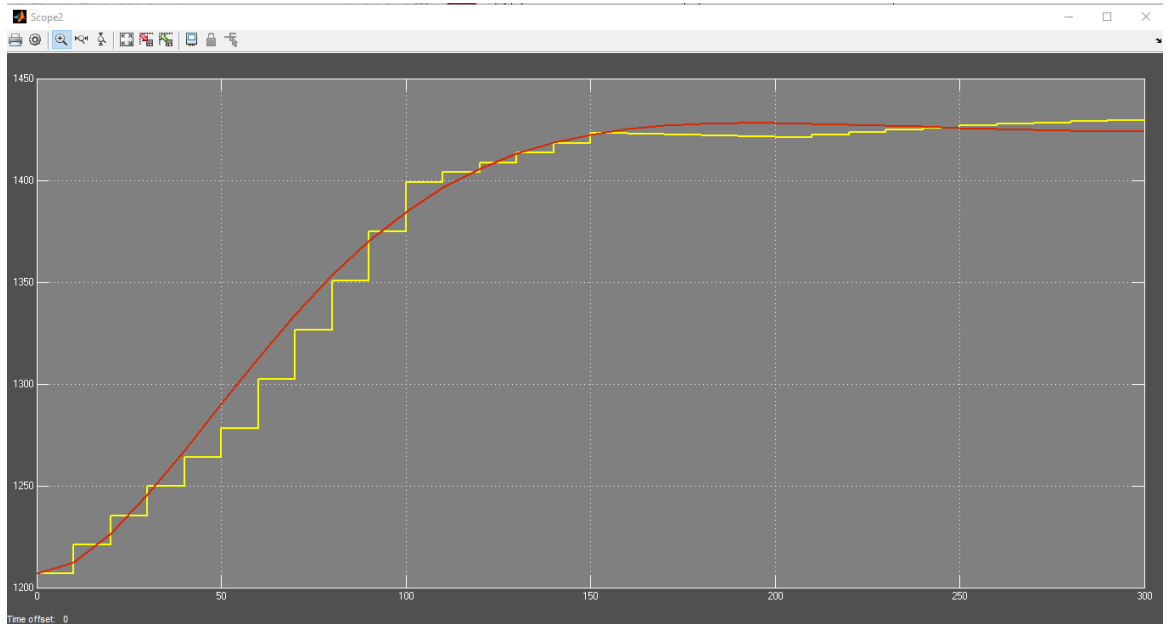


Рис 3.10 Графік двох кривих в score 2(рис 3.8) для другої пари даних

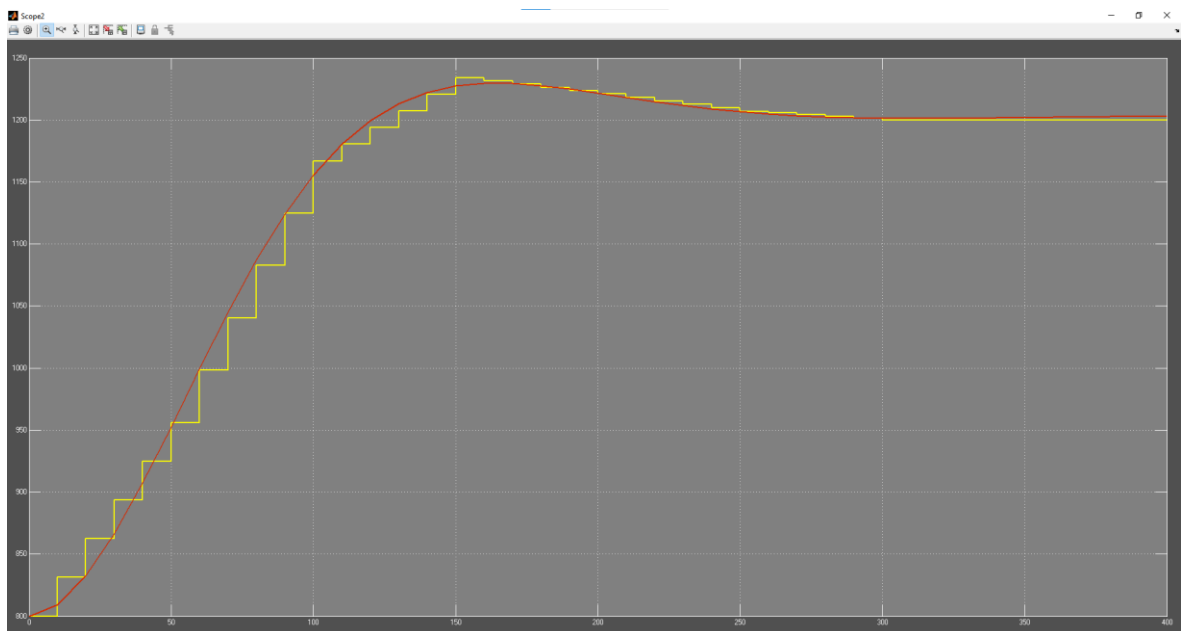


Рис 3.11 Графік двох кривих в score 2(рис 3.9) для першої пари даних

Щоб використати функцію Goodness-of-Fit ми повинні спочатку привести в норму данні з застосунку у нормальний вигляд, бо з застосунку ми отримуємо вектор у формі матриці. Для того щоб провести аналіз було розроблено програму

```

for i = 1:length(y1_interp);
    y_mod(i)=y1_model(:, :, i);
end
i=1:length(y1_interp);
plot(i,y1_interp,i,y_mod), grid
goodnessOfFit(transp(y1_interp),transp(y_mod), 'NRMSE')

```

Рис 3.12 Програма для використання даних у функції Goodness-of-Fit

Вихідне значення підтверджує відповідність даним на 93.45 відсотки.

ans =

0.9345

```

for i = 1:length(y2_interp);
    y_mod(i)=y2_model(:, :, i);
end
i=1:length(y2_interp);
plot(i,y2_interp,i,y_mod), grid
goodnessOfFit(transp(y2_interp),transp(y_mod), 'NRMSE')

```

Рис 3.13 Програма для використання даних у функції Goodness-of-Fit для
другого відрізка

Вихідне значення підтверджує відповідність даним на 91.74 відсотки, 100 відсотків це випадок коли повністю співпадають дві криві, (а саме експериментальна крива та графік моделі яку ми визначили) які ми спостерігаємо на рисунку 3.10 та 3.11 відповідно

ans =

0.9174

| | | | |
|-----|------------|-----|------------|
| K | 6.1776 | K | 13.4261 |
| a | 15.9457 | a | 0.1404 |
| ans | 0.9174 | ans | 0.9340 |
| b | 1.4744e+03 | b | 1.3341e+03 |
| c | 58.9855 | c | 47.1460 |

Рис 3.14 порівняння даних для другого і для першого відрізка

3.4 Висновки за розділом

Провівши ефективну параметричну ідентифікацію моделі привода пропелера квадрокоптера з використанням застосунку Control and Estimation Tools Manager математичного пакету Matlab, при цьому доведено що модель привода яка описує збільшення обертів пропелера з великою точністю описується передаточною функцією 3-го порядку. Доказом ефективності проведеної ідентифікації є відносно високий рівень збігу кривих експериментальних та графіку моделі, де для першої 93.45 відсотків та 91.74 для другої відповідно.

Для моделі яка описує збільшення в динаміці обертів пропелерів характерна зміна параметрів(рис 3.14) тобто параметри не є стаціонарними, вони є змінними величинами через вплив поки що недосліджених факторів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

Впровадження автоматизованої системи зльоту дрона дає можливість зменшити рівень необхідної кваліфікації оператора та шанси аварійних ситуацій порівняно з БПЛА, які не мають подібних систем.

Автоматизована система зльоту дрона БПЛА (безпілотного літального апарату) у просторі, яка розглядається в кваліфікаційній роботі, має наступні переваги:

Ефективність: Автоматизована система зльоту дрона забезпечує швидкий і ефективний процес підготовки до польоту. Замість ручного налаштування і запуску дрона, система може автоматично виконувати послідовні кроки, що скорочує час, потрібний для готовності до польоту.

Точність і повторюваність: Автоматизована система забезпечує більш точні і повторювані процедури зльоту дрона. Це дозволяє досягти більш високої точності у встановленні параметрів польоту, координат і траєкторії руху дрона.

Автоматизація завдань: Завдяки автоматизованій системі зльоту, дрон може виконувати певні задачі автономно без постійного контролю оператора. Це особливо корисно у випадках, коли потрібно виконати багаторазові повторювані місії або моніторинг на великій площі.

Зниження людського впливу: Автоматизована система зльоту дрона дозволяє знизити залежність від людського фактора і помилок оператора. Це сприяє покращенню надійності і стабільності польоту дрона.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та

впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}} \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грн.);

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Вартість основного та допоміжного обладнання

| № | Найменування | Одиниці виміру | Кількість | Вартість (грн.) | Сума (грн.) |
|-----|---|----------------|-----------|-----------------|-------------|
| 1. | BLDC двигун вантажопідйомністю 4 кг | з од. | 4 | 1 113,95 | 4 255,80 |
| 2. | Планшетний ПК на базі Windows | од. | 1 | 2 000,00 | 22 00,00 |
| 3. | ESC V-Good A32 2-6s LIPO | од. | 4 | 1336,74 | 5 446,96 |
| 4. | Рама алюмінієва | од. | 1 | 1 000,00 | 1 200,00 |
| 5. | Акумулятор 24 ah | од. | 1 | 2 400,00 | 2 200,00 |
| 6. | Плата з контролером PIC32MX795F512L | од. | 1 | 8 000,00 | 8 234,00 |
| 7. | Лопаті композитні | од. | 4 | 1 000,00 | 4 000,00 |
| 8. | HC-12 SI4463 433 МГц бездротовий UART подовжувач 433 МГц HC-12 | од. | 1 | 250,00 | 250,00 |
| 9. | GPS модуль NEO-6N-0-001 | од. | 1 | | 200 |
| 10. | Барометр BMP180 GY-68 | од. | 1 | 165 | 100 |
| 11. | ADXL345 датчик прискорення, 3-х осьовий гіроскоп і 3-х осьовий акселерометр | од. | 1 | 200 | 170 |
| 12. | FPV система | од. | 1 | 2 000,00 | 2 350,00 |
| | Разом | | | | 28 306,76 |

Вартість основного та допоміжного обладнання:

$$C_{\text{ОБ}} = 28\,306,76(\text{грн.})$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,08 \quad (4.2),$$

Вартість транспортно-заготівельних і складських робіт складає:

$$D_{\text{ТР}} = 28,306.76 \cdot 0,08 = 2,264.54(\text{грн.})$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,07 \quad (5.3),$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт складають:

$$M_{\text{МН}} = 28,306.76,76 \cdot 0,07 = 1,981.47(\text{грн.})$$

5.3. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

5.3.1. Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_0 + t_u + t_a + t_n + t_H + t_g \quad (5.4),$$

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);
 t_0 – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);
 t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.- год.);
 t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);
 t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);
 t_H – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
 t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.- год.).

Витрати праці визначаються на основі оцінки кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні, що використовується.

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p) \quad (5.5),$$

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
 q – кількість операторів у програмному забезпеченні;
 c – коефіцієнт складності програми ($c = 1,4$);
 p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки ($p = 0,1$).

Кількість операторів яка робить програмне забезпечення:

$$Q = 30 \cdot 1,4 \cdot (1 + 0,1) = 50$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_0 = 60$ (люд. —год.)

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються залежно від необхідності уточнення опису та рівня кваліфікації програміста:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \quad (5.6),$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці ($B = 1,5$);
 k – коефіцієнт кваліфікації програміста ($k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = \frac{50 \cdot 1,5}{96} = 0,8 \text{ (год.)}$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (5.7),$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = \frac{50}{24} = 2,1 \text{ (год.)}$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (5.8),$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = \frac{50}{24} = 2,1 \text{ (год.)}$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_H = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (5.9),$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_H = \frac{50}{4,8} = 10,4 \text{ (год.)}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до} \quad (5.10)$$

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{до}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k} \quad (5.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = \frac{50}{24} = 2,1 \text{ (год.)}$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др} \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 \cdot 2,1 = 1,6 \text{ (год.)}$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 2,1 + 1,6 = 3,7 \text{ (год.)}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 60 + 0,8 + 2,1 + 2,1 + 10,4 + 3,7 = 79,1 \text{ (год.)}$$

5.3.2. Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}} \quad (5.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}} \quad (5.14),$$

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення ($C_{\text{ПР}} = 100$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 79,1 \cdot 100 = 7910 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{\text{МІ}} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}} \quad (5.15),$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{МЧ}}$ – вартість машинного часу ($C_{\text{МЧ}} = 14$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 2,1 \cdot 14 = 29,40 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{ПЗ}} = 7910 + 29,4 = 7939,40 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p} \quad (5.16),$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

B_k – кількість розробників ($B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ год./міс.).

$$T = \frac{79,1}{176} = 0,45 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 28,306.76 + 2\,356,14 + 2\,061,63 + 7939,40 = 40,663.93 \text{ (грн.)}$$

4.4. Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_C + C_{PO} + C_{ee} + C_{\text{інш}} \quad (5.17),$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_C – відрахування на соціальні заходи (грн.);

C_{PO} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1. Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 3 роки.

При використанні методу нормального зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{1}{T} \cdot 100\% \quad (5.18)$$

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100\%} \quad (5.19),$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{ПКВ}$) (грн).

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33\%$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становить:

$$C_a = \frac{41\,808,97 \cdot 33\%}{100\%} = 13\,936,32 \text{ (грн.)}$$

4.4.2. Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{НР} = (T_K - T_{ВС} - T_B) \cdot T_3 \quad (5.20),$$

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

T_K – календарний фонд робочого часу ($T_K = 365$ (днів));

$T_{ВС}$ – вихідні дні та свята ($T_{ВС} = 114$ (днів));

T_B – відпустка ($T_B = 21$ (день));

T_3 – тривалість зміни ($T_3 = 8$ (год)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{НР} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1840 \text{ год}$$

У процесі керування задіяний 1 оператор БПЛА та 1 інженер.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

| № | Найменування професії | Число працюючих (чол.) | Годинна ставка (грн./год.) | Річний фонд робочого часу | Пряма заробітна плата (грн.) | Нарахування до заробітної плати 22% (грн.) | Всього заробітна плата (грн.) |
|--------|-----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|-------------------------------|
| 1 | Оператор | 1 | 70,00 | 1840 год | 128 800,00 | 28 336,00 | 157 136,00 |
| 2 | Інженер | 1 | 95,00 | | 174 800,00 | 38 456,00 | 213 256,00 |
| Всього | | | | | | | 370 392,00 |

Заробітна плата персоналу проектної системи керування становить 370 392,00 грн.

4.4.3. Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_C = C_3 \cdot 22\% \quad (5.21),$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_C = 370\,392.00 \cdot 22\% = 81\,486,24 \text{ (грн.)}$$

4.4.4. Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = K_{ПКВ} \cdot 5\% \quad (5.22),$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 40,663.93 \cdot 5\% = 2,033.20 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{РД} \cdot T_3 \cdot T_e \quad (5.23),$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування ($K_e = 0,58$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 8$ (год.));

$K_{РД}$ – кількість робочих днів у році ($K_{РД} = 365$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 1,68 грн. · кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,71$ (грн.)).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,58 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 2,71 = 4\,589,65 \text{ (грн.)}$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3 \quad (5.24),$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot 370\,392,00 = 14\,815,68$$

Річні експлуатаційні витрати становлять

$$C_e = 13\,936,32 + 370\,392,00 + 81\,486,24 + 2\,033,20 + 4\,589,65 + 14\,815,68 = 487\,310,34 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

| Назва показника | Сума, грн. |
|--------------------------------------|------------|
| 1. Амортизація | 13 936,32 |
| 2. Фонд заробітної плати | 370 392,00 |
| 3. Відрахування на соціальні виплати | 81 486,24 |
| 4. Ремонт та технічне обслуговування | 2 090,45 |
| 5. Електроенергія | 4 589,65 |
| 6. Інше | 14 815,68 |
| Загалом | 487 253,09 |

Таким чином експлуатаційні витрати становлять 487 253,09.

4.5 Висновок до розділу

Ми розрахували загальну кількість витрат та вартість основного та допоміжного обладнання.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі с двигуном

У роботі розглядається питання розробки автоматизованої системи керування технологічним процесом двигуна БПЛА.

Робота з безколекторними двигунами дронів може належати до потенційно небезпечних завдань, і важливо бути обізнаним з можливими ризиками та шкідливими факторами, щоб уникнути можливих негативних наслідків. Ось деякі з них:

1-Високі швидкості обертання: Безколекторні двигуни дронів працюють на високих швидкостях обертання, що може створювати небезпеку при прямому контакті з пропелерами. Ризик травм можна знизити, дотримуючись відповідних заходів безпеки та носячи захисні окуляри та одяг.

2-Електричний струм: Безколекторні двигуни вимагають високої напруги для роботи. Під час монтажу, обслуговування або ремонту дронів існує ризик ураження електричним струмом. Необхідно виконувати правила електробезпеки, такі як вимкнення живлення перед проведенням будь-яких робіт із системою безпеки, використання ізолюючих рукавичок та інструментів.

3-Нагрівання: Безколекторні двигуни можуть нагріватися під час тривалої роботи або під високими навантаженнями. Перегрівання може спричинити пошкодження двигуна або спалах пожежі. Важливо слідкувати за температурою під час роботи дрона та використовувати додаткове охолодження, якщо це необхідно.

4-Ризик порізів: Ротори безколекторних двигунів дронів можуть бути досить гострими та швидкими. Під час монтажу, налаштування або ремонту дрона необхідно бути обережним і уникати контакту з роторами. Для запобігання травмам рекомендується вимикати двигуни під час роботи з ними.

5- Високі оберти роторів: Безколекторні двигуни дрона можуть працювати з дуже високими обертами, що створює потенційний ризик для оточуючих

предметів та людей. У разі неправильного використання або виявлення дефектів у роторах може відбутися їх відламування, що може призвести до пошкодження майна або травмування.

6-Зовнішні впливи: Безколекторні двигуни можуть бути чутливі до зовнішніх впливів, таких як волога, пил, бруд або механічні пошкодження. Це може вплинути на їх ефективність та тривалість роботи. Рекомендується дотримуватися інструкцій виробника щодо захисту двигунів від небезпечних зовнішніх факторів.

7-Відмова двигуна: Жоден безколекторний двигун не є бездієсним відмовоустійчивим, і в разі його поломки або несправності дрон може втратити контроль і приземлитися неконтрольовано. Це може створити ризик для людей, майна та самого дрона.

8-Потенційні небезпеки для навколишнього середовища: Дрони, оснащені безколекторними двигунами, можуть мати вплив на навколишнє середовище, зокрема на птахів та інших тварин. Потужні повітряні потоки, що створюються роторами, можуть впливати на птахів, викликати стрес або навіть травмувати їх.

9-Висока швидкість реакції: Безколекторні двигуни дрона можуть забезпечувати швидку реакцію на команди оператора, що може вимагати високої вправності та уваги. Неправильне управління або недостатня підготовка можуть призвести до аварій або травм.

10-Електромагнітні перешкоди: Безколекторні двигуни дрона створюють сильне електромагнітне поле. Це може спричинити перешкоди в роботі інших електронних пристроїв, таких як GPS-навігація, радіо або Bluetooth-зв'язок. Перед використанням дрона важливо перевірити, чи немає впливу на навколишні пристрої та системи.

11-Викиди та шум: Безколекторні двигуни дронів генерують велику кількість шуму та створюють повітряні викиди. При тривалому використанні або роботі в недостатньо провітрюваних приміщеннях це може мати вплив на здоров'я оператора. Рекомендується використовувати захисні навушники та

працювати в добре провітрюваних приміщеннях або на відкритих просторах.

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці при роботі з дронами на безколекторних двигунах

Під час керування дроном на безколекторних двигунах, дотримання інженерно-технічних заходів з охорони праці є важливим для забезпечення безпеки оператора та оточуючих. Ось деякі рекомендації:

1-Завжди читайте та розумійте інструкції виробника: Ознайомтесь з інструкціями та рекомендаціями, наданими виробником дрона та безколекторних двигунів. Вони містять важливу інформацію щодо безпечного використання, монтажу та обслуговування.

2-Використовуйте захисне обладнання: Завжди носіть захисні окуляри або шолом з візором під час монтажу, обслуговування або ремонту дрона. Це допоможе захистити ваші очі від потенційних поранень.

3-Уникайте контакту з роторами: Будьте уважні під час монтажу, налаштування або ремонту дрона. Вимикайте двигуни під час роботи з ними, а також тримайте пальці подалі від роторів, щоб уникнути порізів чи травм.

4-Працюйте на відкритому просторі або в добре провітрюваних приміщеннях: Завжди намагайтесь працювати на відкритому просторі, де ризик накопичення шкідливих викидів та шуму менший. Якщо ви працюєте у закритому приміщенні, переконайтеся, що є достатня вентиляція.

5-Забезпечте належну вентиляцію: При тривалому використанні дрона на безколекторних двигунах може створюватися тепло. Забезпечте належну вентиляцію для охолодження двигунів та уникнення перегріву.

6-Заряджайте акумулятори безколекторного двигуна відповідно до інструкцій виробника та використовуйте лише рекомендовані зарядні пристрої. Уникайте перезарядки акумуляторів, оскільки це може призвести до їх перегріву та нестабільної роботи.

7-Зберігайте акумулятори в безпечному місці: Зберігайте літій-полімерні

аккумулятори (LiPo) в огорожених, пожежонебезпечних контейнерах, при дотриманні вимог щодо температури та вологості. Не залишайте їх без нагляду під час зарядки або розрядки.

8-Проводьте регулярне обслуговування: Періодично перевіряйте стан безколекторних двигунів, роторів та електричної системи дрона. Вчасно виявляйте потенційні проблеми, такі як пошкодження або ослаблення з'єднань, та вживайте заходів для їх виправлення.

9-Проводьте практику безпеки під час польоту: Дотримуйтесь правил безпілотних літальних апаратів (БПЛА), встановлених регуляторними органами та місцевими законами. Завжди оберігайте навколишніх людей та майно, дотримуючись відстані та безпечних меж польоту.

10-Запобігайте перевантаженню системи: Дотримуйтесь максимальних навантажень, встановлених виробником для безколекторних двигунів та дрона в цілому. Уникайте надмірного підвищення швидкості або підняття великих вантажів, що може перевантажити систему та призвести до нестабільності.

11-Резервна система безпеки: Розгляньте можливість встановлення резервних систем безпеки, які допоможуть уникнути аварійних ситуацій. Наприклад, встановлення парашутної системи або автоматичного системи повернення дрона до базової позиції у разі втрати зв'язку.

12-Захист від електромагнітних перешкод: Для забезпечення стабільної роботи безколекторних двигунів уникайте наближення до сильних джерел електромагнітних сигналів. Наприклад, тримайтеся подалі від високовольтних ліній живлення, сильних радіо- або магнітних полів.

13-Контроль температури: Будьте уважні до температури безколекторних двигунів та їх оточення. Уникайте працювати з дроном в екстремально високих або низьких температурах, які можуть негативно вплинути на роботу двигунів та аккумуляторів.

14-Освітлення та сигналізація: Для безпеки оператора та оточуючих використовуйте відповідне освітлення та сигналізацію на дроні.

1-Ознайомлення з правилами: Перед початком польоту ознайомтеся з правилами та обмеженнями, встановленими локальними регуляторними органами. Визначте дозволені зони польоту, висоту та відстань від громадських споруд та аеропортів.

2-Тренування та практика: Здійснюйте достатню підготовку та набувайте досвіду в керуванні дроном до польотів в обмежених або вимогливих умовах. Виконуйте тренувальні польоти на відкритих просторах та використовуйте симулятори для вдосконалення навичок.

3-Перевірка перед польотом: Перед кожним польотом перевірте стан дрона. Переконайтеся, що батареї заряджені, ротори та кріплення в нормальному стані, а також перевірте наявність сигналу зв'язку та GPS.

4-Враховуйте погодні умови: При плануванні польоту враховуйте погодні умови. Уникайте польоту при сильному вітрі, дощі, тумані або сильному сонячному світлі, які можуть негативно вплинути на стабільність та видимість.

5-Будьте свідомими про оточуючих: Завжди стежте за оточуючими людьми та майном під час польоту. Уникайте надлишкової близькості до людей, тварин або об'єктів, які можуть постраждати від роторів дрона.

6-Зберігайте відстань від повітряних суден: Уникайте зближення з повітряними суднами, такими як літаки або гелікоптери. Дотримуйтеся встановлених правил безпілотних літальних апаратів щодо безпеки польоту вблизи аеропортів та інших зон повітряного руху.

7-Застосування системи повернення до базової позиції: Будьте знайомі з функцією автоматичного повернення дрона до базової позиції в разі втрати зв'язку або низького заряду батареї. Встановіть цю функцію та переконайтеся, що вона працює належним чином.

8-Будьте обережні з батареями: Батареї безколекторного двигуна можуть бути небезпечними, тому використовуйте їх з обережністю. Уникайте надмірного нагрівання, перезаряджання або пошкодження батарей. Зберігайте їх

в безпечному місці та віддільно від легкозаймистих матеріалів.

9-Резервне живлення: Розгляньте можливість встановлення додаткових батарей або генераторів, які забезпечать резервне живлення дрона. Це може бути корисним в разі несподіваного вимкнення основного джерела живлення.

10-Перевірка місця призначення: Перед польотом перевірте місце, де плануєте керувати дроном. Виявіть можливі перешкоди, обмеження та потенційні небезпеки, які можуть вплинути на безпеку польоту.

11-Захист від несанкціонованого доступу: Забезпечте безпеку вашого дрона, захищаючи його від несанкціонованого доступу. За можливості використовуйте систему блокування або шифрування.

5.3 Пожежна профілактика

Запобігання пожежі є важливою складовою безпеки під час роботи з дронами. Ось кілька рекомендацій щодо запобігання пожежі під час роботи з дроном:

1-Вибір відповідного місця для польоту: Завжди вибирайте безпечне місце для польоту дроном. Уникайте польоту біля сухої рослинності, запальних матеріалів або будь-яких інших джерел вогню.

2-Перевірка дрона перед польотом: Перед кожним польотом перевірте дрон на наявність пошкоджень або ненормальної роботи. Переконайтеся, що всі елементи дрона, включаючи батареї, безпечні та належно підтримуються.

3-Бережливе поводження з батареями: Батареї дрона можуть бути потенційним джерелом пожежі. Використовуйте лише рекомендовані батареї та зарядні пристрої. Ніколи не залишайте заряджені батареї без нагляду, особливо під час зарядки.

4-Управління перегрівом: Під час тривалої роботи дрона слід бути обережним щодо перегріву електронних компонентів. Перегрів може спричинити пожежу. Дотримуйтесь рекомендацій щодо тривалості польоту та виконайте перерви для охолодження дрона, якщо це необхідно.

Запобігання пожежі під час роботи з акумуляторами дрона є важливою безпечною практикою. Дотримання деяких основних правил може допомогти зменшити ризик виникнення пожежі. Щодо запобігання пожежі при роботі з акумуляторами дрона потрібно слідкувати виконання таких вимог:

1- Не використовуйте пошкоджені або несумісні зарядні пристрої або батареї.

2-Перед початком роботи перевірте стан акумулятора. Уникайте використання пошкоджених або зіпсованих акумуляторів. Якщо акумулятор має ознаки пошкодження, такі як деформація, протікання або незвичайні запахи, не використовуйте його і повідомте про це виробника.

3-Завжди дотримуйтесь інструкцій з безпечної зарядки акумулятора. Використовуйте лише зарядні пристрої, призначені для конкретного типу акумулятора дрона. Не залишайте акумулятори без нагляду під час зарядки і не заряджайте їх під подушкою або на горючій поверхні.

4- Уникайте зберігання акумуляторів в близькості до горючих матеріалів або на прямому сонячному світлі.

5-Під час польоту дроном слід уникати передозування акумулятора. Не залишайте дрон без нагляду під час зарядки або використання акумулятора. Якщо помітите будь-які ознаки перегріву акумулятора (наприклад, незвичайний запах або дим), негайно вимкніть дрон та відключіть акумулятор.

6-Якщо виникає пожежа під час роботи з акумулятором дрона, негайно відійдіть на безпечну відстань і викличте пожежну службу. Не намагайтеся гасити пожежу водою, оскільки це може бути небезпечно. Використовуйте вогнегасники, якщо вони є в нагоді та ви вмієте їх використовувати.

5.4 Висновок до розділу

У цьому розділі були розглянуті причини виникнення небезпечних ситуацій та запобігання виникнення таких ситуацій .

ВИСНОВКИ

Дослідження спрямоване на вивчення та аналіз можливостей автоматизації процесу керування під час зльоту безпілотного літаючого апарата.

Основний предмет дослідження - процес керування під час зльоту безпілотного літаючого апарата, зокрема системи навігації, стабілізації, безпеки та комунікації.

Об'єктом дослідження є безпілотний літаючий апарат, його складові системи та процеси керування під час зльоту.

Для досягнення цілі дослідження використовується комбінація науково-дослідницьких методів, включаючи аналіз літературних джерел, вивчення існуючих технологій, моделювання та експериментальні дослідження.

Результати дослідження включають зібрані характеристики ротора з пропелером та математичну модель об'єкта керування, перевірку на адекватність та визначення зміни параметрів при збільшенні обертів пропелерів.

Результати дослідження матимуть практичне значення для розробників та операторів безпілотних літаючих апаратів, забезпечуючи зменшення втрат часу та ресурсів, підвищення точності та безпеки операцій, а також сприяючи розвитку сучасних технологій авіації та квадрокоптерів.

А також треба взяти до уваги, що дана кваліфікаційна робота є частиною комплексної роботи. Ця частина розглядає автоматизований процес керування безпілотного літаючого апарату при зльоті, тому для більш повної картини, треба дивитися інші частини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) В.В. Ткачов, О.О. Бойко та ін. Кваліфікаційна робота бакалавра. Методичні рекомендації до виконання здобувачами вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Електрон. Текст. Дані – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 28 с.
- 2) Методичні рекомендації до лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування» для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» / М.М. Трипутень – Дніпро: НТУ «ДП», 2020. – 99 с
- 3) Hrishitva patel. (2022). Design and Testing of a Pid Controller on a Parrot Minidrone. Journal of Eduvest. Vol 2(9): Page 1943-1954 (дата звернення 01.05.2023).
- 4) Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів автоматизації. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Ч. 2. [Електронний ресурс] / О.О. Бойко, Є.К. Воскобойник; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Електрон. Текст. Дані – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 63 с.
- 5) ДСТУ EN ISO 7010:2019 "Система стандартів безпеки праці. Знаки безпеки.
- 6) ДБН А.3.2-2-2009 "Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Електрична ізоляція."
- 7) ДСТУ 8828:2019 "Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги."
- 8) ДСТУ ENV 25349-2001 "Електромагнітна сумісність. Істотність Вимірювань.
- 9) A Review of Quadrotor Unmanned Aerial Vehicles: Applications,

Architectural Design and Control Algorithms Moad Idrissi¹ & Mohammad Salami¹ & Fawaz Annaz (дата звернення 18.05.2023)

- 10) Теорія і практика застосування безпілотних літальних апаратів (дронів) Видавництво "ЛІТЕРА" Рік видання 2023.
- 11) Новицький І. В., Ус С. А. Сучасна теорія керування. Навчальний посібник. — К. : м-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 263 с.

ДОДАТОК А
Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

| № рядка | Позначення | Позначення | Найменування | Кількість | Шифр документа | Примітка |
|-----------|------------|-------------------------|--------------------------------|-----------|---|----------|
| 1 | | | <u>Документація</u> | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | A4 | КФІВС.КВР.151.19.01 ПЗ | Пояснювальна записка | | ПЗ | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | <u>Графічна частина</u> | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | A2 | КФІВС.КВР.151.19.01 Е2 | Функціональна схема | | | |
| 8 | | | автоматизації | 1 | Е2 | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | A2 | КФІВС.КВР.151.19.01 Е3 | Схема електрична | | | |
| 11 | | | принципова | 1 | Е3 | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | A4 | КФІВС.КВР.151.19.01 ПЕЗ | Перелік елементів | 1 | ПЕ | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | A4 | КФІВС.КВР.151.19.01 Д | Презентація | | Д | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | КФІВС.КВР.151.19.01 ВДЕ | Носій інформації | 1 | ВДЕ | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |
| | | | Підп. | Дата | КФІВС.КВР.151.19.01.ТП | |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | | | | |
| Розробив | | Жук | | 23.05.23 | Літ. | Аркуш |
| П. конс. | | Зибалов | | | | 1 |
| Н. контр. | | Воскобойник | | | | 1 |
| | | | | | Національний ТУ «Дніпровська Політехніка», ЕТФ, 151-19-1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
_____ Бубліков А.В.
« _____ » _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему
« Автоматизація процесу керування при зльоті безпілотного літаючого апарата»,
здобувача вищої освіти, групи 151-19-1, Жук Дмитро Олександрович.
Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає
_____ сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи
“<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є
меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про
систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному
університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер, _____ Воскобойник Є.К.
посада, ас. каф. КФІВС (підпис)
ступінь _____
(дата)