

## Керування, вплив та захист БПЛА

Вінницький національний технічний університет;

**Анотація:** *як працюють дрони і що являє із себе технологія дронів?*

**Ключові слова:** БПЛА, дрон, система, електронні, лідарний, камери;

**Abstract:** *How do drones work and what is drone technology?*

**Keyword:** UAV, drone, system, electronic, lidar, cameras;

### Вступ

Технологія БПЛА охоплює все: від аеродинаміки дрона і матеріалів виготовлення до друкованих плат, чіпсета і програмного забезпечення, які є мізками дрона. Одним з найпопулярніших дронів на ринку є DJI Phantom 3. Цей дрон був дуже популярний серед професійних повітряних операторів. Хоча зараз він вважається застарілим, в ньому використані передові технології, які присутні в самих моделях БПЛА.

Метою роботи є аналіз того, чим являється дрон, як він працює, і де він застосовується.

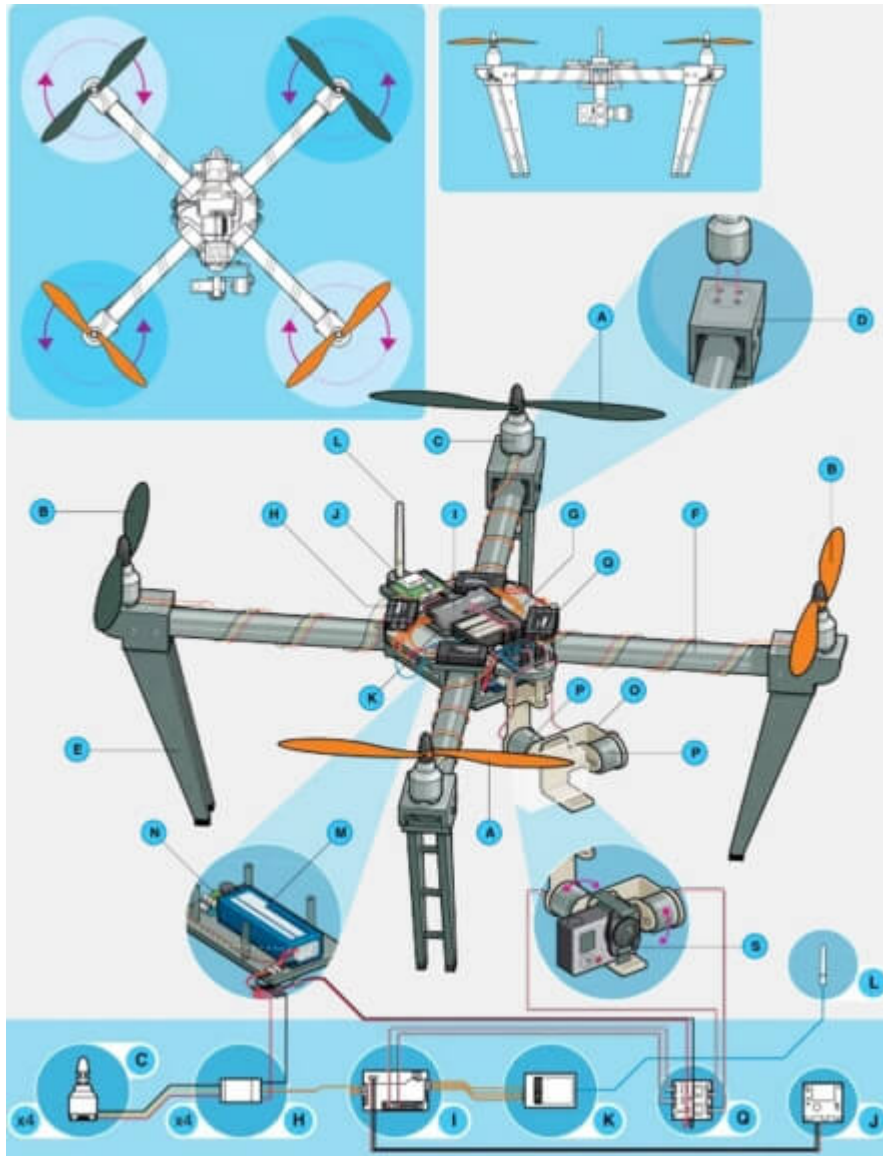
### Результати дослідження

#### Як працюють дрони

Типовий безпілотний літальний апарат буде виготовлено з легких композитних матеріалів з метою зменшення ваги і підвищення маневреності. Міцність композитного матеріалу дозволяє військовим дронам здійснювати польоти на надзвичайно великих висотах. Безпілотники оснащені різними сучасними технологіями, такими як інфрачервоні камери, GPS і лазер (побутовий, комерційний і військовий БПЛА). Дрон керується за допомогою систем дистанційного керування з землі (GSC), який також називається "наземний пульт управління". Система БПЛА включає: сам дрон і систему управління. У носовій частині дрона розташовані всі датчики і навігаційні системи. Так як немає необхідності в розміщенні людини всередині, інша частина корпусу заповнена системами БПЛА. Конструкційні матеріали, використані для створення дрона, являють собою дуже складні композити, призначені для поглинання вібрацій, які зменшують вироблений шум. Ці матеріали повинні бути дуже легкі.

## Що таке дрон

Нижче ми розглянемо наукове обґрунтування і технології, використані в безпілотнику DJI Phantom 3. Також, ми володіємо інформацією про технології, які застосовуються в новітніх моделях на ринку дронів. Усі деталі та компоненти безпілотників життєво необхідні для плавного та безпечного польоту. Знання частин безпілотника додасть вам додаткової впевненості під час польоту. Також потрібно знати, які компоненти потрібно регулярно перевіряти, і деталі безпілотників, які легко замінити або модернізувати.



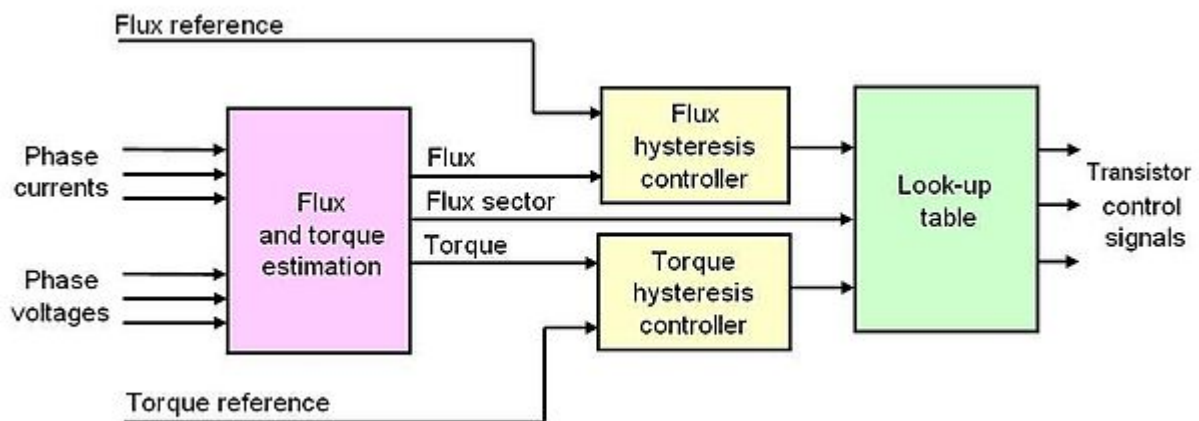
Усі деталі аналізувати немає сенсу, тому нижче буде приведено огляд декількох ключових деталей та принципу їх роботи.

Деталь під літерою А. Пропелер «трактора» - це пропелер на передній частині квадрокоптера. Ці пропелери тягнуть квадрокоптер по повітрю, як трактор. У той час як деякі дрони, такі як DJI Phantom, виглядають більш-менш однаково з будь-якого кута, є спереду і ззаду. Більшість пропелерів безпілотників виготовлені з пластику, а кращої якості - з вуглецевого волокна. Конструкція гвинтокрила - це область, де є багато інновацій. Вдосконалений дизайн опори допоможе плавному польоту та збільшує час знаходження апарату в повітрі. Існує також велика інновація у відношенні пропелерів із низьким рівнем шуму.

Деталь під літерою D. Кріплення двигуна - Кріплення безпілотного двигуна іноді вбудовується в комбіновану арматуру з посадковими підпірками або може бути частиною рами БПЛА. Таких деталей досить багато, та їх легко замінити на більшості дронів.

### Деталь під літерою Н. Електронні контролери швидкості (ESC)

Електронний регулятор швидкості або ESC - це електронний ланцюг з метою зміни швидкості руху електричного двигуна, його напрямку і, можливо, також, щоб діяти як динамічне гальмо. Він перетворює живлення акумулятора постійного струму в трифазний змінного струму, для управління двигунами. Електронні контролери швидкості є важливою складовою частиною сучасних квадрокоптерів (усі багатомоторні двигуни), які пропонують двигунам великої потужності, високої частоти, високої роздільної здатності змінного струму в надзвичайно компактному мініатюрному пакеті. Масовий стрибок в інноваціях ESC стався на моделі DJI Inspire 1, який використовує нові електронні контролери швидкості синусоїдальних приводів, щоб замінити більш квадратний хвильовий привід традиційних ESC. Inspire 1 іде далі, використовуючи контроль крутного моменту із замкнутим циклом та чітку функціональну надмірність, що додає двигунам додаткову ефективність та надійність.



Деталь під літерою J. GPS-модуль часто поєднує GPS-приймач і магнітометр, щоб забезпечити широту, довготу, висоту та загін компаса з одного пристрою. GPS є важливою вимогою до навігації в маршрутних точках та багатьох інших автономних режимах польоту. Без GPS, безпілотники мали б дуже обмежене використання. Поряд з FPV, безпілотники можуть пересуватися на великі відстані та використовуватися для захоплюючих додатків, таких як створення 3D-зображень за допомогою датчиків lidar та фотограмметрії. GPS означає глобальну систему позиціонування. Це американський стандарт, який надає інформацію про місце та час у будь-яких погодних умовах, у будь-якій точці Землі або поблизу, де є безперешкодна лінія зору до чотирьох і більше GPS-супутників. Деякі з останніх безпілотників додали Glonass, що є російським еквівалентом GPS. Це означає, що ваш безпілотник майже гарантовано знайде набагато більше супутників, щоб отримати своє позиціонування. З обома системами ви можете літати точніше, а також летіти безпечніше, оскільки знаєте, що не будете втрачати супутниковий зв'язок.

Вихід в задану точку за допомогою РЛС і функція повернення додому. Більшість останніх моделей дронів оснащені подвійними глобальними навігаційними супутниковими системами (GNSS), такими як GPS і ГЛОНАСС. Дрони можуть літати як в GNSS, так і в не супутникових режимах. Наприклад, дрони DJI можуть літати в режимі P (GPS & ГЛОНАСС) або ATTI, який не використовує супутникову навігацію. Високоточна навігація дуже важлива при польоті, особливо, якщо дрон застосовується для створення 3D-карт, зйомки ландшафту і місії SAR (Search & Rescue). При першому включенні, квадрокоптер шукає і виявляє супутники GNSS. По суті, супутникова угруповання - це група супутників, що працюють синхронізовано, і забезпечують скоординоване покриття. Захід (проходження) і покриття - це періоди, протягом яких супутник видно над місцевим горизонтом. Радіолокаційна технологія буде сигналізувати на дисплеї пульта дистанційного керування про наступне;

- виявлення достатньої кількості супутників GNSS і готовність до польоту
- поточний стан і місце розташування дрона по відношенню до пілота
- фіксування вихідної точки для функції «Повернення додому».

Більшість останніх моделей безпілотних літальних апаратів мають 3 типи технології «Повернення додому»:

- Пілот ініціював повернення додому, натиснувши кнопку на пульті дистанційного керування або в додатку.

- Низький рівень заряду батареї, при якому безпілотник автоматично летить назад у вихідну точку.
- Втрата передачі між БПЛА і пультом дистанційного керування, коли БПЛА автоматично повертається у вихідну точку.

Новітня функція Mavic Air RTN дозволяє виявляти перешкоди під час автоматичного повернення додому. Mavic Air RTN дозволяє уникнути перешкод, якщо недостатньо освітлення;

1. Mavic Air сповільнюється при виявленні перешкоди
2. Він зупиняється і зависає в повітрі, а потім летить назад і піднімається вгору, поки не виявить, що перешкод на шляху немає.
3. Потім процес RTN відновлюється, і Mavic Air повертається у вихідну точку на новій висоті.



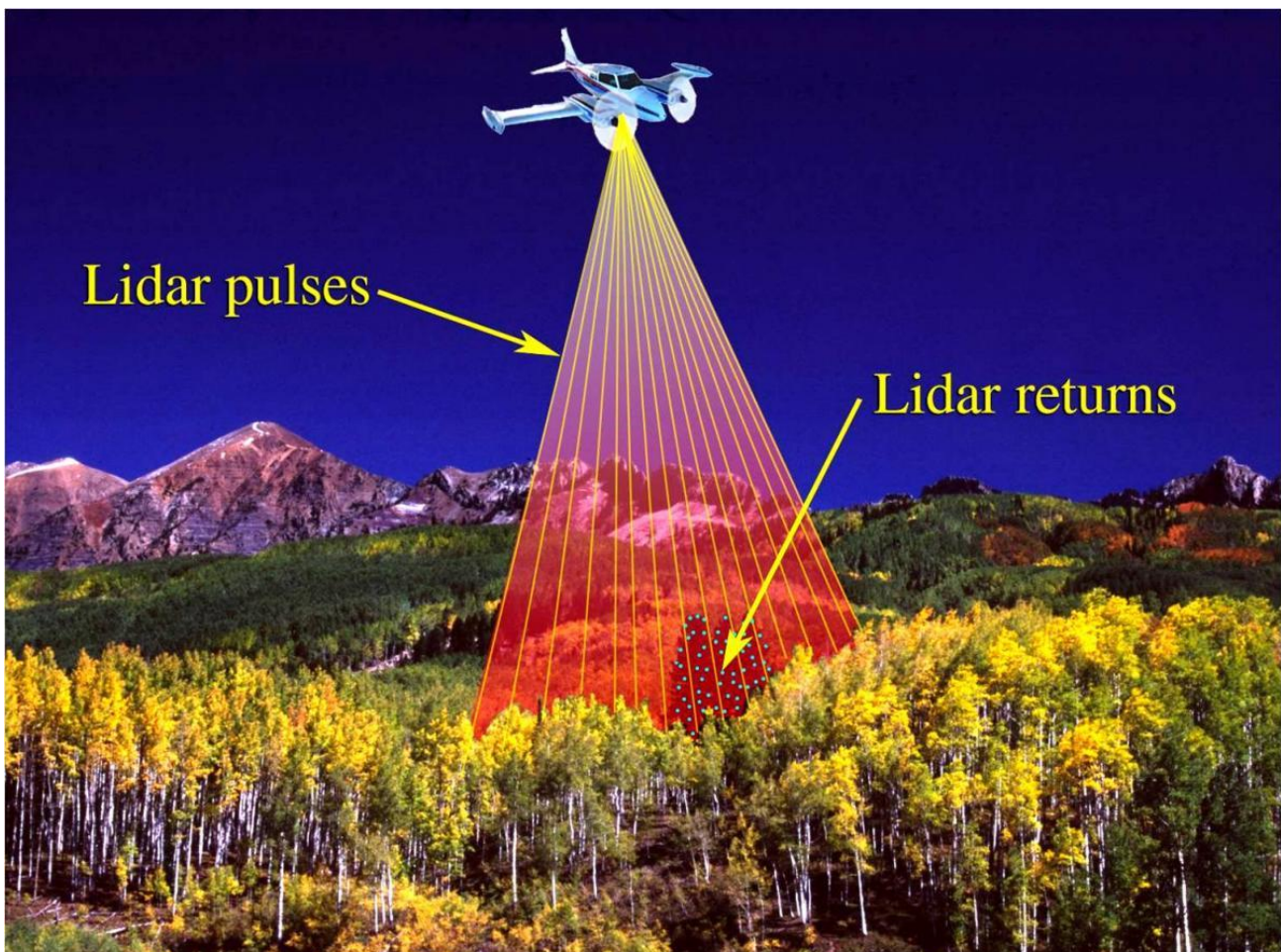
### **Технологія виявлення перешкод і запобігання зіткнень**

Багато дронів оснащені системами запобігання зіткнень. В системі штучного зору використані датчики виявлення перешкод для сканування навколишнього середовища, в той час як програмні алгоритми і технологія SLAM переносять зображення в тривимірні карти, дозволяючи контролерам польоту виявляти об'єкт і

уникати його. Ці системи об'єднують один або кілька наступних датчиків для виявлення і обходу перешкод;

- Датчик зображення
- Ультразвуковий
- Інфрачервоний
- Лідар
- Час польоту (ToF)
- Монокулярний зір

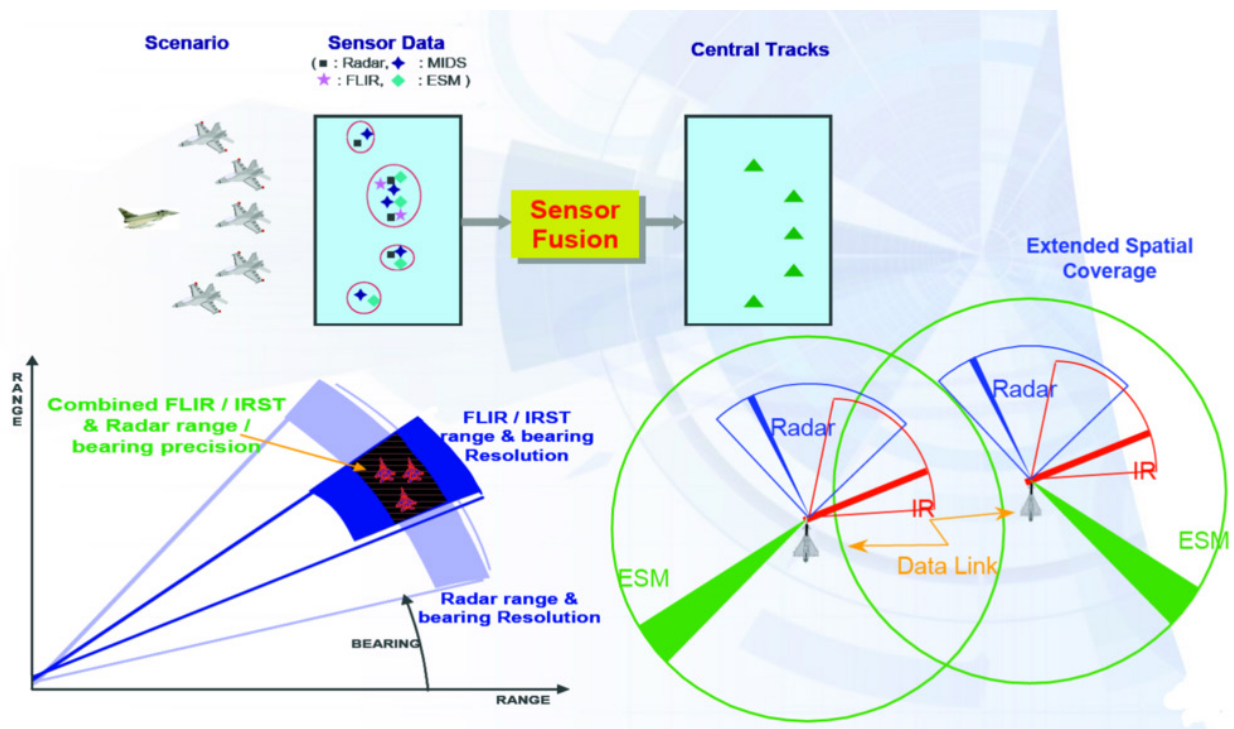
Лідар - технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища поглинання і розсіяння світла в оптично прозорих середовищах. Лідар як прилад являє собою, як мінімум, активний далекомір оптичного діапазону. Приклад роботи сенсора:



## Дрони з сенсорами для створення 3D карт і моделей з використанням Sensor Fusion

Лідарні, мультиспектральні і фотограмметричні датчики використовуються для створення тривимірних моделей будівель і ландшафтів. Датчики нічного бачення для роботи при слабкому освітленні і тепловізійні датчики використовуються для сканування будівель і ландшафтів і для надання допомоги в сільському господарстві, пожежогасінні, пошукових і рятувальних операціях. У більшості дронів присутні різні датчики з програмним забезпеченням, що об'єднують отримані дані для кращого результату.

Sensor fusion - це програмне забезпечення, яке комбінує дані, отримані з декількох датчиків, наприклад, з тепловізорів і датчиків RGB-камери, з метою поліпшення продуктивності додатка або системи. Об'єднання даних отриманих з декількох датчиків знижує похибки окремих датчиків при розрахунку точної інформації про стан і напрямок руху дрона. Наприклад, мультиспектральні датчики на дроні можуть створювати цифрові карти рельєфу (DEMS), щоб надавати точні дані про стан сільськогосподарських культур, квітів, фауни, чагарників і дерев. У 2016 році на ринку з'явилися дрони з Time-of-Flight (ToF) камерами.



Камери ToF з лідарними датчиками можуть використовуватися окремо або з RGB і звичайними лідарними датчиками для виконання цілого ряду функцій. ToF-камери можуть використовуватися для сканування об'єктів, навігації в замкнутому просторі, обходу перешкод, розпізнавання жестів, відстеження об'єктів, вимірювання обсягів, для вимірювання висоти, для 3D-зйомки, для ігор з доповненою реальністю і т.д.

Time-of-Flight камери з лідарними датчиками мають величезну перевагу перед іншими технологіями, так як здатні вимірювати відстані до об'єктів в межах зони за один знімок. За допомогою лідарного і фотограмметричного картографування дрон запрограмований на польоти над певною областю з використанням автономної навігації по GPS. Камера на дроні робитиме фотографії з інтервалом 0,5 або 1 сек. Ці фотографії потім з'єднуються разом за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для створення 3D-зображень. DroneDeploy є одним з лідерів у створенні програмного забезпечення для 3D картографування. Їх мобільний додаток і карти в реальному часі використовуються в багатьох секторах для створення 3D-карт і моделей. У них є спеціалізоване рішення для сільськогосподарського сектора, і їх програмне забезпечення працює з більшістю новітніх дронів.

Захоплення зображень з високою роздільною здатністю на стабілізованому дроні дуже важливо. Використання кращого програмного забезпечення фотограмметрії для обробки зображень в реальні карти і моделі також важливо. Нижче наведені одні з кращих програм для картографування з використанням дронів:

- DroneDeploy 3D Mapping Solutions
- Pix4D Mapper Фотограмметрія
- AutoDesk ReCap Фотограмметрія
- Карти Made Easy - ортофото і 3D-моделі
- 3DF Zephyr Фотограмметрія
- Agisoft PhotoScan Фотограмметрія
- PrecisionHawk Precision Mapper / Viewer
- Open Drone Map
- ESRI Drone2Map для ArcGIS



## Висновки

Технології, що використовуються в дронах надзвичайно різноманітні та отримують розвиток в десятках важливих галузях людської діяльності. Зародившись в військовій галузі під час Другої Світової Війни дрони знайшли використання для агрономічної галузі, машинобудівельної, в спорті та в десятках інших. Інвестиції в дронів виросли більше ніж на 50% в порівнянні з минулими роками, і ріст не планує зупинятись.

## Список використаної літератури

1. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/drone-components-parts-overview-with-tips/>
2. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: [https://ru.qwe.wiki/wiki/Direct\\_torque\\_control?ddexp4attempt=1](https://ru.qwe.wiki/wiki/Direct_torque_control?ddexp4attempt=1)
3. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://dronewars.net/aboutdrone/>
4. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.dronezon.com/aerial-photo-and-video/aerial-photography/remove-barrel-distortion-fisheye-effect-on-aerial-photos/>
5. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/learn-about-uav-antenna-fpv-live-video-transmitters-receivers/>
6. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.military.com/equipment/drones>
7. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://youtu.be/w2itwFJCgFQ>
8. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://youtu.be/AEozaNH9FRg>

*Сушко Денис Вікторович* — студент групи ІАКІТ-17б, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: deenech@yandex.ua

Науковий керівник: *Васюра Анатолій Степанович* — професор кафедри автоматики і інформаційно-вимірювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця

*Sushko Denis V.* — Department of Computer System and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: deenech@yandex.ua

Supervisor: *Vasyura Anatoliy S.* — Professor of Automation and Information and Measurement Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia