

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут аерокосмічних технологій
Кафедра авіа- та ракетобудування**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
В. о. завідувача кафедри
_____ Олександр БОНДАРЕНКО
«__» _____ 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»

зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

на тему: «Безпілотний літальний апарат спеціального призначення»

Виконав:

Студент VI курсу, групи АЛ-11мп
Стороженко Юрій Миколайович _____

Керівник:

Доцент, к.т.н., В. О. завідувача кафедри
Бондаренко Олександр Миколайович _____

Консультант: _____

Рецензент:

к.т.н., доцент, доцент кафедри СКЛА
Бобков Юрій Володимирович _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут аерокосмічних технологій
Кафедра авіа- та ракетобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Олександр БОНДАРЕНКО

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Стороженку Юрію Миколайовичу

1. Тема дисертації «Безпілотний літальний апарат спеціального призначення», науковий керівник дисертації Бондаренко Олександр Миколайович, к.т.н., затверджені наказом по університету від «___» _____ 2022 р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації 05 грудня 2022 р.
3. Об'єкт дослідження: безпілотний літальний апарат спеціального призначення (далі – БПЛА).
4. Вихідні дані:
 - Корисне навантаження – до 1 кг з урахуванням оптичної системи.
 - Максимальна дальність польоту до 40 км.
 - Максимальний час польоту до 45 хв.
 - Крейсерська швидкість до 100 км/год.
 - Злітна маса – не більше 3.5 кг.
 - Схема старту – «з рук».
5. Перелік завдань, які потрібно розробити
 - 5.1. Огляд аналогів.
 - 5.3. Опис сценарію застосування.
 - 5.4. Розрахунки основних характеристик.
 - 5.7. Розроблення конструкції (креслення загального виду).
 - 5.8. Розроблення стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

6.1. Огляд аналогів

6.3. Результати розрахунку. Аеродинаміка.

6.4. Конструкція літака (Кресленик загального виду)

6.5.Компонувальна схема.

6.6. Опис сценаріїв експлуатації.

7. Орієнтовний перелік публікації

7.1. Доповідь на науково-технічній конференції з публікацією тез.

8. Дата видачі завдання 08.11. 2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд аналогів.	до 30.09.2022 р.	
2.	Підготовка опису сценарію застосування.	до 10.10.2022 р.	
3.	Розрахунки основних характеристик	до 31.10.2022 р.	
4.	Розроблення конструкції БПЛА (Креслення загального виду).	до 15.11.2022 р.	
5.	Розробка стартап-проекту.	до 30.11.2022 р.	
6.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу. Попередній захист	до 05.12.2022 р.	
7.	Доопрацювання матеріалів дисертації. Перевірка на плагіат	до 10.12.2022 р.	

Студент

Юрій СТОРОЖЕНКО

Науковий керівник

Олександр БОНДАРЕНКО

РЕФЕРАТ

Актуальність теми.

У військовій сфері одним з найважливіших видів військового забезпечення є розвідувальна операція. Вона проводиться з метою розширення відомостей про місцевість, погоду та бойові можливості противника, для подальшого планування тактики та стратегії бою.

Розвідувальна авіація – один з типів розвідки, яка надає можливість швидко та оперативно проникати у ворожу місцевість та максимально досліджувати великі райони. З розвитком протиповітряної оборони дана операція стає дедалі небезпечною. Тому на заміну класичним літакам все частіше використовують безпілотні літальні апарати (БпЛА).

З початком повномаштабної війни на Україні БпЛА показали себе з найкращої сторони, забезпечивши корегування вогню, розвідку та ударні сили.

Таким чином, вдосконалення вже існуючих технологій БпЛА, та конструювання нових є актуальним та важливим завдання сьогодення.

В роботі проведено розрахунок масово-центрових та аеродинамічних параметрів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота пов'язана з науковими програмами, планами та темами, що розробляються на кафедрі.

Мета та завдання дослідження.

Метою роботи є проектування ударного літального безпілотного апарату класу міні, який відповідає вимогам існуючих стандартів.

Для реалізації поставленої мети, необхідно вирішено наступні завдання:

1. Провести порівняльний аналіз механічних властивостей сучасних БПЛА, що дозволяють спрогнозувати технологічні властивості майбутнього апарату.

2. Розробити геометричні та математичні моделі для розрахунку масово-центрових та аеродинамічних параметрів, обґрунтування вибору двигуна, розміщення гвинта, підбір профілю крила та розрахунок розподіленого навантаження по площі крила.

3. Виконати розрахунок масово-центрових та аеродинамічних параметрів.

Літальний апарат є об'єктом дослідження, а предметом даної роботи є дослідження математичних та геометричних моделей для розрахунку масово-центрових та аеродинамічних параметрів.

Особистий внесок здобувача: дослідження властивостей різних типів БПЛА; підбір профілю крила, розробка моделі для аеродинамічних та масово-центровочних розрахунків.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг дисертації становить 74 сторінок. Робота включає _____ рисунка, _____ таблиць, список використаної літератури з _____ найменувань.

Ключові слова: БПЛА, двигун, профіль крила, аеродинамічні параметри.

ABSTRACT

Actuality of theme.

In the military sphere, one of the most important types of military support is an intelligence operation. It is conducted in order to expand information about the terrain, weather and combat capabilities of the enemy, for further planning of battle tactics and strategy.

Reconnaissance aviation is one of the types of reconnaissance that provides an opportunity to quickly and efficiently penetrate into enemy territory and explore large areas as much as possible. With the development of air defense, this operation becomes increasingly dangerous. That is why unmanned aerial vehicles (UAVs) are increasingly being used to replace classic aircraft.

With the beginning of a full-scale war in Ukraine, UAVs showed themselves at their best, providing fire correction, reconnaissance and strike forces.

Thus, improving existing UAV technologies and designing new ones is an urgent and important task today.

In the work, the center of mass and aerodynamic parameters are calculated.

Connection of work with scientific programs, plans, topics.

The work is related to scientific programs, plans and topics developed at the department.

The purpose and objectives of the research.

The purpose of the work is to design a mini-class impact flying unmanned aerial vehicle that meets the requirements of existing standards.

To realize the set goal, it is necessary to solve the following tasks:

1. To conduct a comparative analysis of the mechanical properties of modern UAVs, allowing to predict the technological properties of the future apparatus.

2. Develop geometric and mathematical models for calculating the center of mass and aerodynamic parameters, justifying the choice of engine, placement of the propeller, selection of the wing profile and calculation of the distributed load over the wing area.

3. Calculate the center of mass and aerodynamic parameters.

_____ is the object of research, and the subject of this work is _____

Personal contribution of the acquirer: research on the properties of various types of UAVs; wing profile selection.

Structure and scope of work.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions and a list of references. The total volume of the dissertation is 74 pages. The work includes 29 figures, ___ tables, a list of used literature from _____ titles.

Keywords: UAV, engine, wing profile, aerodynamic parameters.

ЗМІСТ

СПИСОК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1. ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ТА ОГЛЯД АНАЛОГІВ	12
1.1. Дрон-камікадзе «Switchblade»	12
1.2. БПЛА-«камікадзе» (баражуючий боєприпас) Shahed 136.....	19
1.3. Kargu-2 - турецький дрон-камікадзе	24
1.4. Ударний БПЛА "Грім"	27
1.5. Ударний БПЛА Uvision Hero 120.....	32
Висновки до розділу.....	36
2. ОПИС СЦЕНАРІЮ ЗАСТОСУВАННЯ	37
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	49
3.1. Обґрунтування розміщення гвинта.....	50
3.2. Вибір двигуна.....	53
3.3. Розрахунок масово-центрових та аеродинамічних параметрів.....	57
3.3.1. Визначення повної злітної маси в першому наближенні.	57
3.3.2. Визначення повної зльотної маси в другому наближенні.	58
3.3.3. Визначення необхідної площі крила	59
3.3.4. Визначення геометричних параметрів горизонтального оперення і руля висоти.	59
3.3.5. Визначення геометричних параметрів вертикального оперення.....	61
4. АЕРОДИНАМІЧНА ЧАСТИНА.....	63
4.1. Підбір профілю крила.	63
4.2. Розрахунок діаметра повітряного гвинта	68
5. МІЦНІСТЬ.....	71
5.1. Розрахунок розподіленого навантаження по площі крила	71
5.2. Визначення координат перерізів крила	71
5.3. Побудова епюри поперечних сил та згинальних моментів.....	72
7. Вибір програмного забезпечення для управління БПЛА в польоті.....	76
8. Розробка стартап-проекту	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84

АЛ11МПО9.16.00.0000 ПЗ				
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
		Розроб. Стороженко		
		Перев. Бондаренко		
		Н.контр. Поваров		
Безпілотний літальний апарат спеціального призначення			Арк	Арк
			Масштаб	
			КПІ ім. Ігоря Сікорського	

СПИСОК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ

БпЛА – безпілотний літальний апарат;

ISR – розвідка, спостереження та розвідка

BLOS – цілі за межі прямої видимості

GPS – система глобального позиціонування

SUAS – малі безпілотні літальні апарати

ВСТУП

Безпілотний літальний апарат (скор. БпЛА або дрон) — літальний апарат, який може злітати, здійснювати політ і сідати без фізичної присутності пілота на його борту.

Дрон (англ. *drone* — трутень) — безпілотний літальний апарат_має військове або цивільного призначення, тобто це мобільний, автономний апарат, запрограмований на виконання якихось завдань (наприклад, автономні системи, створені для польоту, розроблені для виконання місій, потенційно небезпечних для людини).

Політ БпЛА проводиться за допомогою дистанційного керування людини-оператора або автономно за допомогою автопілоту, аж до повністю самостійного, який не передбачає втручання людини.

Перший безпілотний літальний апарат було створено у США в 1948 році.

Існують десятки різних типів безпілотних літальних апаратів; вони в основному діляться на дві категорії:

- для використання для розвідки і спостереження;
- для ураження озброєнням (ракети і бомби). Вони діляться на ударні та дрони-камікадзе.

БпЛА ударного типу (англ. *kamikaze drone*) — це тип безпілотних літальних апаратів з інтегрованою бойовою частиною, які здатні тривалий час в режимі очікування знаходитися в повітрі в районі цілі та оперативно атакувати її після отримання відповідної команди від

оператора, або виконувати завдання, що передбачене закладеним в ньому алгоритмом.

БпЛА ударного типу ще називають боеприпасом, що баражує (БПБ) або баражуючий боеприпас (англ. *loitering munition*, дослівно «бродячий боеприпас»), іноді курсуючий боеприпас.

Ідея створення БПБ виникла наприкінці 70-х років ХХ сторіччя. Такі комплекси мають в своєму складі авіаційні засоби ураження, що повинні поєднати в собі переваги безпілотного літального апарату та бойової частини авіаційної бомби.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ТА ОГЛЯД АНАЛОГІВ

1.1. Дрон-камікадзе «Switchblade»

Switchblade (укр. *Викидний ніж*, «Світчблейд») — це тактичний ударний безпілотний авіаційний комплекс призначений для ураження противника методом самознищення. Може бути класифікований як «літак-снаряд» чи «дрон-камікадзе» або ж «баражуючий боєприпас».

Switchblade — це мініатюрна високоточна ударна тактична ракетна система, розроблена компанією AeroVironment, насамперед для армії США та Корпусу морської піхоти США у 2011 році, призначена для ураження нерухомих і рухомих цілей у ворожому середовищі.

Система озброєння оснащена можливостями розвідки, спостереження та розвідки (ISR), що дозволяє їй вражати цілі за межами прямої видимості (BLOS).

Безпілотники Switchblade відносяться до різновиду систем озброєння з автономним боєприпасом, що можуть зависати ("хитатись") над заданою площиною в пошуках цілі і атакувати її після виявлення. За принципом дії ці баражуючі боєприпаси, або ж дрони-камікадзе, є бомбами, що вичікують у повітрі. Після запуску вони летять у задану точку, в якій має бути ціль. На місці дрони зависають у повітрі і сканують місцевість, очікуючи моменту удару по цілі. Виявивши об'єкт, вони буквально падають на нього з неба.

Завдяки своїм невеликим розмірам, звичайні засоби електронної боротьби ці безпілотники не помічають. Сьогодні практично проти цих дронів-камікадзе ще немає ефективних систем захисту.

Існують два варіанти Switchblade, які відрізняються максимальною відстанню ураження та типом боєголовки: Switchblade 300 і Switchblade 600.

Switchblade 300 – це малий ударний баражуючий боеприпас одноразового застосування для збільшення можливостей піхотних підрозділів з вогневого ураження (рисунок 1.1).

Використовується також для підтримки звичайних або сил спеціальних операцій у полі або у фіксованих оборонних позиціях.

Довжина його - 610 мм, вага 2,7 кг, включаючи чохол і пускову установку, що робить його невеликим і досить легким для транспортування на полі бою одним солдатом у звичайному рюкзаку.



Рисунок 1.1 - Switchblade 300

Перевірена в боях Switchblade 300 із запатентованою функцією відкидання хвилі є ідеальною баражуючою ракетою для використання проти цілей за межами прямої видимості.

Ракета Switchblade інтегрована з відеокамерою для надання кольорових та інфрачервоних відеозображень у реальному часі та системою глобального позиціонування (GPS) для виявлення цілей.

Switchblade 300 швидко розгортається з повітряних, морських або наземних платформ (рисунок 1.2), забезпечуючи високу точність ураження завдяки GPS-координатам у реальному часі та відео для точного націлювання з низькими побічними ефектами. Switchblade Sensor to Shooter (S2S) поєднує в собі неперевершені можливості ISR малих безпілотних літальних апаратів (SUAS) AeroVironment із можливостями точного удару регульованої ракетної системи Switchblade.

За допомогою програмного забезпечення S2S координати цілі миттєво передаються від SUAS до Switchblade через міжмашинний зв'язок, скорочуючи часові рамки взаємодії та когнітивне навантаження оператора.

S2S надає операторам Switchblade відео в реальному часі для централізованого перегляду зони роботи та можливості зіставляти кадри SUAS ISR і камери Switchblade 300 на одному екрані.

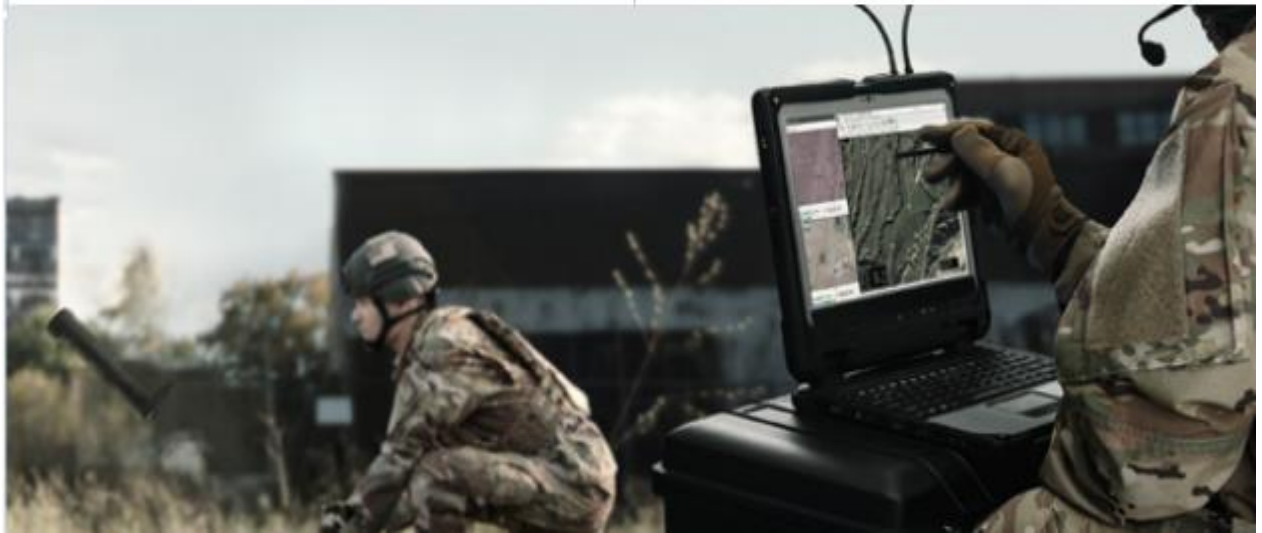


Рисунок 1.2 – розгорнутий комплекс.

Він складається всередині спеціального пускового контейнера, а його крила розгортаються після пуску, коли ударний снаряд потрапляє в повітря. Керування ним здійснюється на відстані до 10 км.



Рисунок 1.3 – запуск БПЛА.

Боєголовка має заряд вибухівки, еквівалентний 40-мм гранаті, для знищення легкої бронетехніки та особового складу. Він є досить зручною зброєю в боротьбі проти БМП, БТР та броньованих машин.

Боєголовка Switchblade 300 спеціально розроблена для керованої вогневої потужності. Можливий не тільки спрямований вибух, але і детонація на певній висоті. Важливо, що всі параметри можна змінити на льоту тобто, оператор може на ходу міняти ціль та напрямок удару. Крім наземних цілей, він може націлюватися і знищувати також і ворожі безпілотники.

Ударний снаряд приводиться в рух електричним двигуном, тому його невеликі розміри та безшумний політ надзвичайно ускладнюють його виявлення або спробу перехопити, що дозволяє йому наблизитися до цілі зі швидкістю до 160 км/год у момент удару.

Технічні характеристики Switchblade 300:

- Довжина ракети - 610 мм;
- Дальність дії: 10 км;
- Тривалість польоту: 15 хв;
- Вага: 2,5 кг (5,5 фунтів),
- Висота польоту: 150-4500 м;
- Двигун – електричний;
- Крейсерська швидкість: 100 км/год
- Спосіб запуску: автономний наземний запуск

Switchblade 600 – відноситься до нового покоління дронів-камікадзе, це великий переносний баражуючий боєприпас з високочастотною оптикою, вагою 23 кілограм. Він розрахований на політ на відстань до 40 км за 20 хвилин, потім може баражувати у повітрі ще 20 хвилин (даючи йому загальну дальність до 80 км) і атакувати зі ударною швидкістю до 185 км/год.

Switchblade 600 (рисунок 1.4) розроблений у 2020 році в рамках армійської програми США по створенню єдиної багатоцільової ударної ракети.

Оснащений кращими в своєму класі датчиками EO/IR з високою роздільною здатністю та вдосконаленим точним керуванням польотом, забезпечує швидке та просте розгортання за допомогою трубного пуску, а також здатність літати, відслідковувати та вражати цілі з лінії руху. Запатентована можливість переривання та повторного залучення, дозволяє операторам перервати місію в будь-який час, а потім повторно атакувати ті самі або інші цілі кілька разів за командою оператора.



Рисунок 1.4 - Switchblade 600.

Switchblade 600 оснащений протиброньовою боєголовкою, для знищення або виведення з ладу бронетехніки, при цьому він має більшу дальність і коштує менше, ніж протитанкові ракети, зокрема FGM-148 "Джавелін".

Система керування вогнем на основі планшета з сенсорним екраном може керувати боєприпасом вручну або автономно, і за допомогою бортових зашифрованих каналів передачі даних і модуля GPS із селективною доступністю, вона захищена проти GPS-спуфінгу із запрограмованою можливістю відключення.

Switchblade 600 може бути встановлено на наземну транспортну платформу шістьма комплектами, також існує можливість пуску з повітря, тобто виконувати роль боєприпасу типу повітря-поверхня.

Технічні характеристики Switchblade 600:

Оптика прицілювання: осьовий, 4-сенсорний кардан (подвійний EO та ІЧ) вбудований датчик люкс через інтуїтивно зрозумілу систему управління вогнем (FCS) планшета з сенсорним екраном

- Розміри корпусу: 180 см x 46 см x 43 см
- Спосіб запуску: автономна пускова установка - наземна, повітряна та морська
- Вплив на ціль: протитанкові та протипіхотні ефекти
- Дальність дії: радіус польоту - 40 км, радіус ураження – понад 90 км;
- Тривалість польоту - 40 хв;
- Вага системи: 54,4 кг (з них дрон – 22,7 кг, ракета -14,97 кг);
- Висота польоту: 150-4500 м;
- Швидкість: крейсерська - 110 км/год, максимальна (ударна) - 185 км/год;
- Двигун – електричний;
- Час налаштування – 10 хв.

Особливості Switchblade 600:

- прихована, низька акустична, візуальна та теплова характеристики;
- високопродуктивний набір датчиків EO/IR;
- точне керування польотом;
- більше 40 хвилин польоту завдяки електричній силовій установці.
- спостереження та виявлення цілей (RSTA), що дає ракеті можливість літати на відстань до 50 миль (80 км), а потім здійснювати автономне підтвердження орбіти цілі.
- нова система керування вогнем (FCS) із сенсорним екраном на основі планшета, яку оператор може використовувати для спрямування дрона до цілі простим натисканням на екран.
- планшетна система також включає в себе симулятор, планувальник місій, а також зв'язок із Switchblade 600 через безпечне цифрове шифрування AES-256 і системи SAASM GPS.

1.2. БПЛА-«камікадзе» (баражуючий боєприпас) Shahed 136

БПЛА-«камікадзе» (баражуючий боєприпас) Shahed 136 — призначений для ураження стаціонарних наземних об'єктів шляхом контактного підриву бойової частини дрона.

Розроблений компанією "Shahed Aviation Industries" в 2020 році. Дрон Shahed-136 (рисунок 1.5) не є ноу-хау іранців чи їх великим досягненням. Він розроблений по зразку американського дрона фірми Lockheed Industries, який зник у 2011 році в Афганістані.



Рисунок 1.5 - Shahed-136.

Дрон має велике дельтоподібне крило зі стабілізувальними рулями на кінцях. Фюзеляж зливається з крилами. Носова частина містить боєголовку, а також оптику, необхідну для керованої атаки. Двигун розташований у задній частині фюзеляжу приводить у рух дволопатеви «штовхаючий» гвинт.

На Shahed-136 стоїть поршневи чотирициліндрови авіаційни двигун іранської фірми Mado MD-550 — копія німецького двигуна L550 від фірми Limbach. Двигун має потужність 50 к.с. та питому витрату пального на рівні 340—440 г/к.с год.

Характерною візуальною особливістю Shahed-136 у повітрі є його характерне трикутне крило, що робить його схожим на праску - розмах крила менший за довжину.

Вони здатні тривалий час у режимі очікування перебувати в повітрі в районі цілі та оперативно атакувати її після отримання команди від оператора. Також дрон здатний виконувати завдання, на яке його запрограмували автоматично.

Shahed-136 призначений для ураження цілей на дальній відстані. Наводиться дрон на стаціонарну ціль за супутниковими координатами. Запускається з пускової платформи, має двигун, за допомогою якого набирає швидкість та висоту. Ціль вражає боєголовка в носовій частині дрона.

Ці безпілотники невеликі за розміром та літають низько, тому системам ППО важко їх відстежити. Можуть долати відстань до 2,5 тис. км, зазвичай їх запускають парами чи навіть зграями.

Shahed-136 мають модифікації з камерами спостереження, які здатні завдавати високоточних ударів. Однак більш поширеним є варіант без камер, що наводиться за супутниковими координатами та вражає лише стаціонарні об'єкти.

Дрон має конфігурацію дельта-крила зі стабілізуючими кермами на кінцях. Елегантна форма досягається за рахунок централізації фюзеляжу та поєднання його з елементами крила. Носова частина утримує боєголовку і необхідну для високоточного удару оптику. Двигун розташований у задній частині фюзеляжу і приводить в дію штовхаючий пропелер з двома лопатями.

Матеріал виготовлення - гетінакс (композит на основі паперу), а штовхаючий гвинт виготовлений з дерева. Це дозволяє одночасно здешевити його конструкцію і ускладнює його виявлення радарми

БПЛА запускаються майже горизонтально з помірним нахилом вгору, а на першому етапі польоту їм допомагає зліт з ракетою (RATO). Одразу після запуску ракета відкидається, а звичайний двигун дрона бере на себе роботу. Завдяки мобільності пускової установки та колекції безпілотників весь блок можна встановити на задній частині майже будь-якої військової чи комерційної машини, що дозволяє здійснювати мобільні операції «удар і втік», які можуть кинути виклик контрзаходам.

Дрони запускаються з пускової стійки (рисунок 1.6) групами від п'яти одиниць. Запускається з пускової платформи (установку для запуску, як правило виготовляється у вигляді контейнера, замасковано під вантажівку, вагони поїздів; одночасно в ній може бути п'ять безпілотників.



Рисунок 1.6 – пускова стійка.

Невеликі за розміром безпілотники літають низько, тому системам ППО буває важко їх відстежити. Виявляють дрони часто завдяки гучному двигуну — він шумить, як на мопеді чи бензопилі. Зазвичай їх запускають парами — один нижче, другий вище, тобто якщо перший збивають, то на ціль заходить другий — чи навіть зграями. Shahed-136 мають модифікації, здатні завдавати високоточних ударів.

Технічні характеристики Shahed 136

- Довжина – 3,5 м;
- Розмах крил – 2,5 м;
- Вага – 200 кг;
- Двигун – Mado MD550 або 3W;
- Потужність — 50 к.с. (37 кВт);
- Дальність польоту — 1000 км;
- Максимальна дальність польоту — до 2500 км;
- Крейсерська швидкість – 185 км/год;
- Висота польоту – 60-4000 м;
- Основне озброєння — осколково-фугасне, вагою 40-50 кг
- Система наведення – інерціально-дистанційна (це зменшує його точність).
- Бойова частина – ударно вибухова боеголовка (великокаліберний снаряд, здатний знищити танк і завдавати серйозних руйнувань будинкам);

Росія закуплені в Ірані БпЛА Shahed 136 перейменувала на «Герань-2»

1.3. Kargu-2 - турецький дрон-камікадзе

Kargu — турецький БПЛА (рисунок 1.7). Розробник і виробник — турецька оборонна компанія STM (Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret AŞ). Kargu є дроном-камікадзе вертолітного типу. Поставляється до турецької армії з 2017 року. У 2019 році розпочато випуск удосконалених дронів Kargu-2.

Kargu-2 - це портативний ударний безпілотник з гвинтовим крилом, призначений для забезпечення тактичного ISR і можливостей високоточного удару для наземних військ.

Система KARGU складається з платформи Attack Drone Platform і Mobile Ground Control Station. Платформа здатна наносити точні удари по цілях, що знаходяться за межами прямої видимості. Завдання з точного удару повністю виконується оператором за принципом «Людина в петлі». Платформа також здатна виявляти та вражати статичні або рухомі цілі з високою точністю вдень і вночі.



Рисунок 1.7 - Kargu-2

Можливості БПЛА:

- Можливість денних і нічних місій
- Точний удар з мінімальними побічними збитками
- Конструкція платформи з низьким RCS (радарним перерізом)
- Кілька варіантів бойових частин
- Оптичне та фізичне відстеження цілі
- Високопродуктивна автономна система навігації та управління польотом
- Керується одним персоналом
- Можливості припинення польоту та повернення додому
- Безконтактний запобіжник розроблений STM
- Автоматична система розпізнавання цілей, розроблена STM

Kargu-2 важить 15 кг, може перебувати у повітрі до півгодини і розвивати швидкість до 150 км/год.

Управління здійснюється оператором із землі, він може направляти дрон на будь-які об'єкти, у тому числі рухомі. У випадку, якщо дрон не знищив ціль, він може повернутися до оператора для подальшого використання. Також дрон має напіваавтономний режим польоту та пошуку, так що Kargu-2 може самостійно виявляти та вражати цілі, а оператору залишається лише направити його у певну зону. Оператор при необхідності може скасувати атаку дрона або перенаправити його на іншу мету.

Боєзаряд масою 1,5 кг може бути осколковим для ураження особового складу противника та інших неброньованих цілей, кумулятивним для атаки на легкоброньовану техніку, термобаричним для ураження цілей у замкнутому просторі.

Апарат може переносити одна особа як в автономному, так і в ручному режимах. Його можна ефективно використовувати проти статичних або рухомих цілей завдяки його можливостям обробки зображень у реальному часі та алгоритмах машинного навчання, вбудованих на платформу. У Kargu є система розпізнавання обличчя, завдяки якій він може шукати конкретних людей.

Для ефективної роботи Kargu можна об'єднувати в ланки до 20 одиниць (рисунок 1.8), що спростить роботу оператора і підвищить ефективність атак.



Рисунок 1.8 – ланка БПЛА Kargu-2.

Технічні характеристики:

- Розміри (в розкладеному стані, без пропелерів) - 707x707x409 мм (Д×Ш×В)
- У складеному вигляді (включно з пропелерами) - 471×463×210 мм (Д×Ш×В)
- Діагональна колісна база 1000 мм

- Геометрична конфігурація Quad (4 двигуни)
- Злітна маса (електрооптичний, корисне навантаження) - 7,6 кг
- Злітна маса теплового корисного навантаження - 7,8 кг
- Витривалість з корисним навантаженням -30 хв
- Максимальна висота польоту - 3000 м над рівнем моря
- Крейсерська швидкість - 72 км/год
- Стійкість до вітру 10 м/с
- Робоча температура від -20 °С до 50 °С (від -4 °F до 122 °F)
- Час зарядки акумулятора 60 хвилин
- Дальність зв'язку – 10 км;
- Ємність корисного навантаження (боєголовка) – 1.3 кг;
- Двигун – електричний;
- Запуск / Зліт - вертикальний зліт/посадка (VTOL);
- Екіпаж: 0 на борту, 1 на наземній станції;
- Вага: 7060 г;
- Сервісна стеля: 500м
- Експлуатаційна висота: 2,8м;
- Витривалість: 30 хвилин;

1.4. Ударний БПЛА "Грім"

"Грім" (експортна назва Silent Thunder) - це новий український ударний безпілотний авіаційний комплекс (рисунок 1.9), призначений для ураження цілі методом самознищення. Він також може бути класифікований як "літак-снаряд", "баражуючий боєприпас" (loitering munition) або "дрон-камікадзе". Розробкою "Грому" займається НВП "Атлон Авіа".

БпАК ST-35 “Грім” – це засіб високоточного ураження цілей. особливістю застосування даного комплексу є можливість ураження цілей на закритих позиціях та використання різних типів бойових частин. У порівнянні з традиційними артилерійськими засобами, використання високоточного баражуючого боєприпасу забезпечує виконання вогневого завдання з максимальною ефективністю та мінімальними супутніми втратами, зокрема серед цивільного населення та інфраструктури.



Рисунок 1.9 – БПЛА Грім-2.

БпАК ST-35 “Грім” розроблений із застосуванням сучасних технологічних рішень для досягнення високих експлуатаційних показників та рівня радіолокаційної, візуальної й акустичної малопомітності. При створенні комплексу було використано багаторічний досвід у розробці, виробництві та підтримці життєвого циклу безпілотних авіаційних систем військового призначення, що використовуються у військових конфліктах.

ST-35 “Грім” може використовувати широкий спектр бойових частин (осколково–фугасні, термобаричні, запалювальні, кумулятивні)

для ураження особливо важливих цілей та об'єктів критичної інфраструктури, в т.ч. РЛС, комплексів РЕБ, елементів систем зв'язку та управління, складів боєприпасів та ПММ і т.д.

Аеродинамічна схема з Х-подібним компонуванням забезпечує високі точнісні характеристики при наведенні на ціль для її ураження по вертикальній траєкторії.



Рисунок 1.10 – БПАК в боєготовому виді.

Типовий носимий комплект БПАК для місій складається з 3-х боєприпасів (рисунок 1.11) , які переносять у рюкзаках, загальною вагою 15 кг кожний.



Рисунок 1.11 – боєкомплект БПАК.

Комплектація ST-35 “Грім”: наземний пункт управління (планшет), оптичний модуль, бойова частина, мультиротор, модуль скидання, модуль ретранслятора, наземний антенний комплекс, ремкомплект.

Для збільшення тривалості і дальності польоту, до складу комплексу входить мультикоптер, що призначений для вертикального запуску баражуючого боєприпасу та подальшої ретрансляції сигналів управління та даних корисного навантаження.

Баражуючий боєприпас знаходиться в двох головних фазах польоту: горизонтальний політ при наближенні до району цілі і пікірування після наведення на ціль. Ураження цілі відбувається на кутах, близьких до нормалі, тобто майже вертикально зверху. Для підвищення керованості пікірування у фазі апарат виконаний за схемою біплана з двома наборами Х-образних площин, які встановлені на фюзеляжі.

Корпус безпілота виконаний з композитних матеріалів (скло - і вуглепластик). Бойова частина розташована в носовій частині, має довжину близько 300 мм і ширину 90-100 мм. Планований радіус бойового застосування - 30 км. У носовій частині боєприпасу розташований оптико-електронний блок наведення, який виконаний змінним: при необхідності чи бажанні можна встановити телевізійну або інфрачервону голівку.

Оператор бере участь у знищенні об'єкта виключно до моменту, коли ціль виявлена і підтверджена - далі комплекс працює автономно: сам апарат обробляє відеопотік і автоматично коректує траєкторію до моменту влучання в ціль.

Комплекс розробляється з мінімальною прив'язкою до систем навігації GPS/GLONASS, які можуть глушитися у зоні бойових дій засобами радіоелектронної боротьби.

Технічні характеристики:

- крейсерська швидкість: 120 км/год;
- тривалість польоту: 60 хв;
- ефективна робоча висота: 800-1200 м;
- радіус дії: 30-40 км;
- злітна вага: до 10 кг;
- бойова частина: 3,5 кг;
- типи бойової частини: термобарична, кумулятивна, осколково-фугасна;
- ймовірність ураження цілі: 0,95;
- кругове відхилення: до 2-3 м;
- час розгортання комплексу: 15-20 хв.
- спосіб наведення на ціль: автоматичний, по телевізійному/IR каналу;

- робоча висота: 800-1200 м.

1.5. Ударний БПЛА Uvision Hero 120

Uvision Hero 120 – ізраїльський військовий безпілотний літальний апарат ударного типу, розроблений компанією Uvision.

Ударний БПЛА Uvision Hero 120 (рисунок 1.12) призначений для патрулювання місцевості та знищення броньованої техніки потенційного супротивника. Завдяки високій ефективності свого застосування має велику популярність, як у Збройних силах Ізраїлю, так і у збройних силах інших країн.

Безпілотний літальний апарат моделі Uvision Hero 120 складається і корпусу з крилами, бойової частини і силової частини.

Аеродинамічна схема дрону: два Х-подібні набори площин, які встановлені на фюзеляжі великого подовження з оптико-електронним блоком в носовій частині і а силовій установці в хвості.



Рисунок 1.12 - Uvision Hero 120

Силова установка Uvision Hero 120 є одним електричним двигуном, який здатний розганяти дрон до максимальної швидкості переміщення 120 км/год., здійснюючи польоти на дистанціях до 40 кілометрів.

Довжина становить 1,5 метра, а власна маса дорівнює 12,5 кілограма, з яких 3,5 кілограма припадає на бойову частину.

Багатофункціональна система з покращеними аеродинамічними характеристиками дозволяє завдавати ударів по захищених цілях (транспортним засобам, танкам, зміцненим спорудам) та живій силі на середній дальності в населених пунктах з мінімальними побічними збитками.

Боєприпас може виконувати політ на високій швидкості в зону баражування та вести патрулювання на низькій швидкості, забезпечуючи миттєве реагування на чутливі до часу цілі. Компактний і маневрений апарат може перебувати в повітрі більше години і вражати цілі на відстані до 40 км під різними кутами.

Маючи низьку акустичну, візуальну та теплову сигнатуру, оснащену стабілізованою електронно-оптичною денною та нічною станцією спостереження та покращеним каналом передачі даних, можуть застосовуватися з повітря, суші і моря.

Hero-120 забезпечує високу ситуаційну обізнаність командування, також має інтегровані функції відмови від атаки в польоті та перенацілювання.

Hero-120 запускається з одно осередкової або восьми осередкової пускової установки (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – пускова установка

8-осередкова архітектура пускової установки, побудована за модульним принципом, який можна адаптувати до чотирьох- або шестиосередкової конфігурації та інтегрує її в USMC 8×8 Light Armored Машина-міномет (LAV-M), легка тактична машина 4×4 (JLTV) і безпілотний надводний корабель великої дальності (LRUSV).

Технічні характеристики: Uvision Hero 120:

- Довжина: 1,5 м;
- Ширина: 0,6 м;
- Висота: 0,6 м;
- Максимальна злітна вага: 12,5 кг;
- Вага боєприпасу: 3,5кг;
- Крейсерська швидкість польоту: 100 км/год;
- Максимальна швидкість польоту: 120 км/год;
- Максимальна дальність польоту: 40 км;

- Максимальна висота польоту: 3100 м;
- Тривалість польоту: 60 хв;
- Тип авіадвигуна: електричний;
- Спосіб пуску: пусковий контейнер

Таблиця 1.1. - Технічні характеристики БпЛА

Характеристика	Назва БпЛА					
	Switchblade 300	Switchblade 600	Shahed 136	Kargu-2	ST-35 «Грім»	Hero-120
Довжина	0,6 м	1,3м	3,5 м	0,6 м	0,3м	1,5 м
Розмах крил	1.2 м	1,0м	2,5 м	60 см	Немає даних	60 см
Дальність польоту	10 км	90 км	до 2500 км	5 км	40 км	40 км
Тривалість польоту	15 хв	40 хв	6 год.	30 хв	60 хв	60 хв
Вага	2,5 кг	54,4 кг	200 кг	7060 г	10 кг	12,5 кг
Вага заряду	екв.ручні гранаті	екв. FGM-148 Javelin	50 кг	1,3 кг	3,5 кг	3,5 кг
Висота польоту	150-4500 м	150-4500 м	60-4000 м	500 м	800-1200 м	3100м
Крейсерська швидкість	100 км/год	110 км/год	185 км/год	150 км/год	120 км/год	100 км/год
Двигун	електричний	електричний	Mado MD550	електричний	електричний	електричний
Система наведення	GPS	GPS	інерціальна	автономна	автономна по телеканалу	автономна
Тип бойової частини	осколково-фугасна	термобар., осколково-фугасна	осколково-фугасна	уламково-фугасна	термоб., кумулятивна, уламково-фугасна	уламково-фугасна з ударним ядром

Висновки до розділу

Аналізуючи представлені баражуючі боєприпаси їх тактико-технічні характеристики та їх застосування не можливо однозначно визначити який з них кращий чи гірший, адже кожен із них має своє призначення і ціну.

Перебуваючи в повітрі, баражуючі боєприпаси можуть шукати ціль під керуванням людини, автономно літати, завдаючи ударів по певним цілям, або використовувати комбінацію цих методів. Деякі моделі можна відновлювати після запуску, якщо вони не вразили ціль, але, як правило, випущений боєприпас вважається витраченим.

Для застосування цієї зброї солдатам не потрібні аеродроми чи великі відкриті майданчики. Спосіб запуску боєприпасу залежить від його типу: це може бути навісна або наземна катапульта, модифікована мінометна труба або вертикальний підйомник. Після зльоту система розрахована на тривале перебування у повітрі. Час перебування у повітрі залежить від моделі.

В Україні розпочато виготовлення дронів-камікадзе, але дуже прикро що ми маючи такий людський і технічний потенціал ще відстаємо від світових лідерів з виробництва БпЛА.

2. ОПИС СЦЕНАРІЮ ЗАСТОСУВАННЯ

БПЛА призначено для враження живої сили, техніки і інфраструктури ворога. Звідси передбачено наступні сценарії застосування:

1) Враження неукритої живої сили противника.

Для враження групи ворожих комбатантів оператор запускає БПЛА по заздалегідь виявленим координатам, та коригує його в польоті, якщо ціль являється рухомою та/або виявлена неточність заздалегідь виявлених координат. Для якомога ефективнішого враження цілі, оператор може обрати режим вибуху (в повітрі над ціллю/при зіткненні з поверхнею).

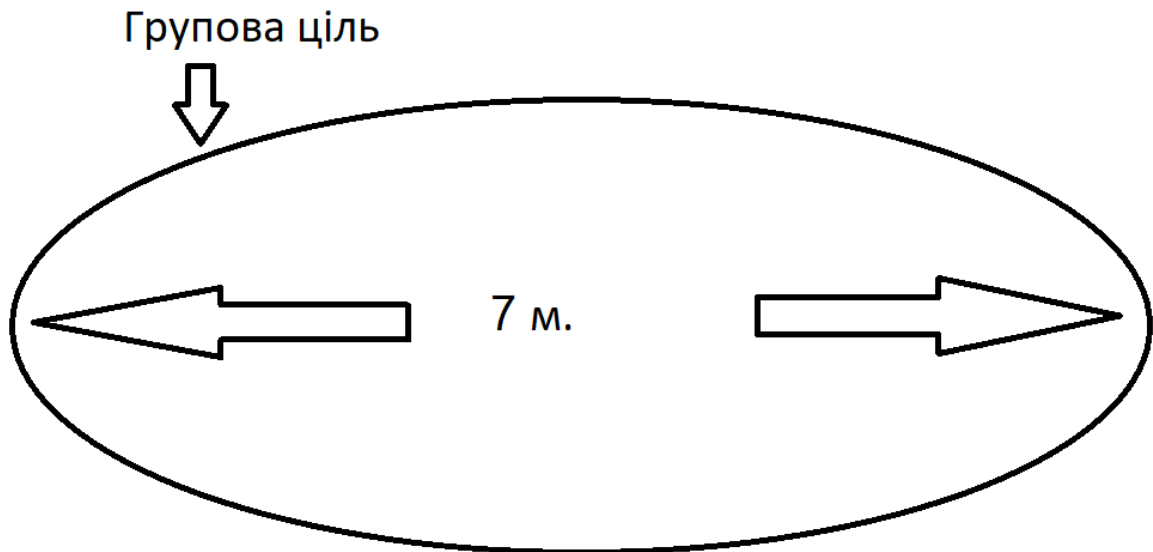


Рисунок 2.1 - умовне зображення неукритої піхоти ворога.

2) Ураження укритої піхоти в легких бліндажах та фургонах типу «КШМ».

Блінда́ж (фр. blindage, від blinder — «покривати заслонами, бронювати») — укриття, влаштоване на бойових позиціях для захисту групи воїнів від артилерійського та іншого вогню противника.

Бліндаж — заглиблена в землю фортифікаційна споруда, має міцне покриття з балок (дерев'яних, залізобетонних, ін.) прикритих шаром ґрунту, і міцні двері.

З появою атомної зброї, бліндажі будують зі спеціальної хвилястої сталі і збірного залізобетону.

Бліндаж призначений для захисту від звичайних засобів ураження і розрахований на короткочасне перебування в ньому особового складу, головним чином в період вогневої підготовки. В умовах хімічного нападу особовий склад, що знаходиться у бліндажі, використовує засоби індивідуального захисту.

Залежно від наявних матеріалів бліндаж зводять з тонкомірних колод і підтоварника, земленосних мішків та оболонок, елементів хвилястої сталі. Місткість бліндажу складає 4-8 чоловік.

Бліндаж безврубної конструкції на відділення або екіпаж зводять з круглого лісу діаметром 8-16 см з довжиною основного приміщення: для відділення — 3,6 м (місце для відпочинку лежачи — 4, для відпочинку сидячи — 4), для екіпажу — 2,5 м (місце для відпочинку лежачи — 3, для відпочинку сидячи — 1); ширина по низу — 90 см, по верху — 130 см; висота — 150 см. Стіни бліндажа влаштовують з накатника діаметром 8 см, встановленого вертикально на дно котловану з невеликим нахилом в бік глухого торця.

Для обігріву особового складу в холодну пору року можуть обладнуватись обігрівальні печі — табельні або такі, що виготовляються на місці з відер, металевих банок тощо. Для вентиляції бліндажа роблять

вентиляційний короб з лісоматеріалу, отвір якого закривають найпростішими захисними пристроями.

Елементи стін кінцями впирають у верхню та нижню розпірні рами, які складаються з поздовжніх колод діаметром 14 см, розпірок діаметром 14 см та опорних елементів діаметром 16 см на кінцях рам. Нижня розпірна рама вкладається на дно котловану, а верхня (шириною 130 см) у зібраному вигляді підвішується до трьох елементів нахату за допомогою дротяних скруток. Накат бліндажа робиться з колод діаметром 14 см, довжиною 3 м, котрі кінцем спираються на поверхню ґрунту зі знятим шаром дерну. Вхідний торець бліндажа з обох боків дверної пройми закривають опірними стійками діаметром 18-20 см, а дверну пройму шириною 50 см — дверним щитом із жердин і герметизуючою завісою з брезенту чи плащ-палатки. Замість дверного щита може встановлюватись захисний герметичний вхід «Лаз» промислового виготовлення.

Ділянку ходу сполучення, що примикає до входу в бліндаж, перекривають колодами діаметром 14 см, довжиною 3 м. Довжина перекритої ділянки 2,5-3 м. По нахату бліндажа та перекритій ділянці ходу сполучення насипають захисну товщу з ґрунту шаром 130 см.

Бліндаж безврубної конструкції зводить вручну обслуга у складі відділення. Елементи і деталі бліндажа виготовляють завчасно, відповідно до специфікації, при цьому для виготовлення елементів використовують лісові матеріали різних видів.

Основні роботи по зведенню бліндажа полягають у: відриванні котловану, збиранні остову бліндажа із заготовлених елементів, засипання котловану, обвалування всієї споруди ґрунтом та маскування.

Крім такого укриття можуть влаштовуватись бліндажі податливої конструкції трикутного (шатрового), прямокутного, трапецієвидного типів,

бліндаж з елементів хвилястої сталі з входом «Лаз», легка каркасно-тканинна споруда (ЛКТС).

Для враження бліндажу оператор проводить запуск БПЛА за попередніми координатами його розташування та корегує курс БПЛА в польоті за даними отриманими з камер оптичного комплексу та/або БПЛА-навідника. Вибух відбувається при контакті з поверхнею після удару. Для пояснення дивись рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 - умовна схема ураження бліндажу противника.

3) Ураження понтонних переправ противника.

Понтонний міст (рисунок 2.3), також відомий як наплавний міст, використовує поплавці або човни з невеликою осадкою для підтримки суцільної палуби для пересування пішоходів і транспортних засобів.

Плавучість опор обмежує максимальне навантаження, яке вони можуть нести.



Рисунок 2.3 - понтонний міст.

Більшість понтонних мостів є тимчасовими і використовуються у воєнний час і в надзвичайних ситуаціях. Існують постійні понтонні мости, які використовуються для цивільного використання, через які можна перевозити автомобільний транспорт. Постійні наплавні мости корисні для захищених водних переходів, якщо економічно недоцільно підвішувати міст до закріплених опор. Для таких мостів може знадобитися піднесена секція або її можна підняти або зняти, щоб пропустити водний транспорт.

Понтонні мости використовувалися з давніх часів і з великою перевагою використовувалися в багатьох битвах протягом історії, таких як битва при Гарільяно, битва при Ауденарде, переправа через Рейн під час Другої світової війни, операція Ірано-Іракської війни. Світанок 8, а останнім часом росіяни в Херсонській області під час російського

вторгнення в Україну у 2022 році після того, як усі переправи через Дніпро були знищені.

Для ураження понтонних мостів оператор обирає режим вибуху при зіткненні з поверхнею, та запускає БПЛА у напрямку фактичного розташування цілі. БПЛА може летіти в режимі автопілоту за заздалегідь заданими координатами, так і коригувати курс безпосередньо в польоті за допомогою комплексу оптичної розвідки та/або БПЛА-навідника. При зіткненні з поверхнею відбувається вибух, який руйнує елементи мосту та приводить його в непридатний стан. Для ясності дивись рисунок 2.4.

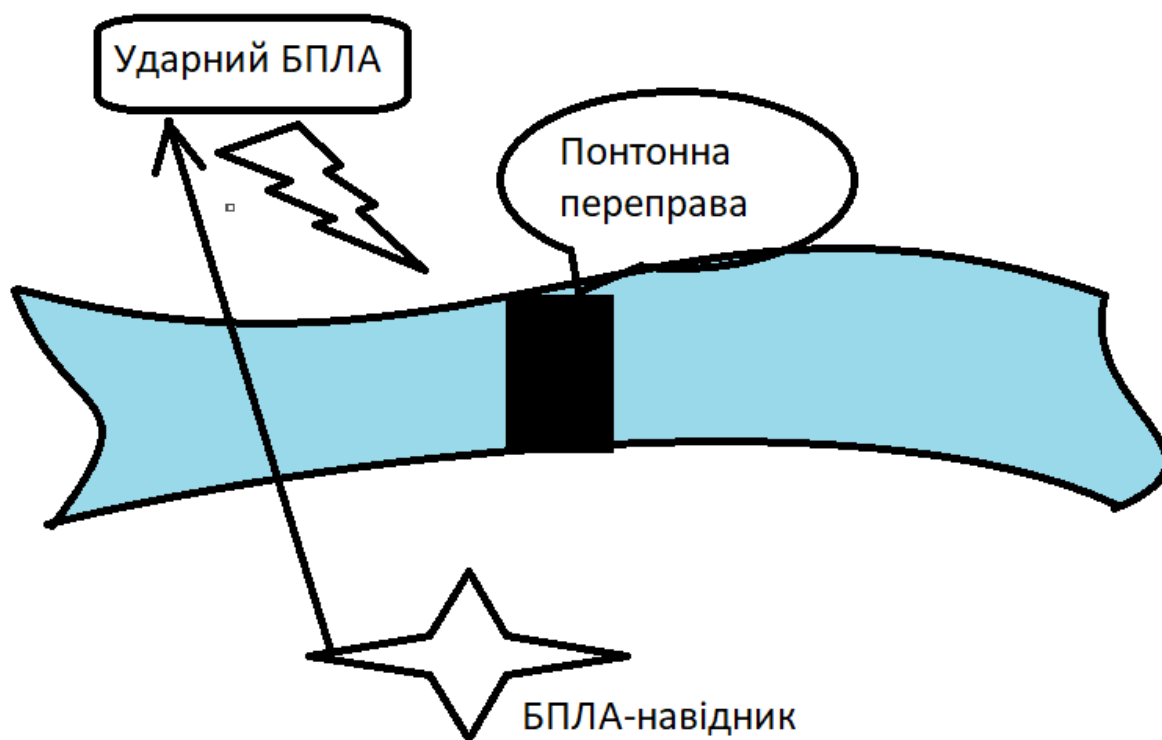


Рисунок 2.4 - умовна схема ураження понтонної переправи.

4) Ураження бензовозів противника, джерел енергоживлення, вузлів зв'язку, радарів, антен.

Бензовоз або автоцистерна (американською англійською мовою) або цистерною (британською англійською мовою) — автомобільний

транспортний засіб, призначений для перевезення рідин або газів дорогами. Найбільші такі транспортні засоби схожі на залізничні цистерни, які також призначені для перевезення рідких вантажів. Існує багато варіантів через різноманітність рідин, які можна транспортувати.

Вантажівки-цистерни, як правило, великі; вони можуть бути ізольованими або неізольованими; під тиском або без тиску; і призначені для одноразового або багаторазового завантаження (часто за допомогою внутрішніх перегородок у своєму баку). Деякі з них є напівпричепами. Ними важко керувати, і вони дуже сприйнятливі до перекидання через високий центр ваги та потенційний ефект вільної поверхні рідини, яка хлюпає в частково заповнений бак.

Для ураження перелічених цілей оператор переводить БПЛА в режим вибуху при контакті з поверхнею. Робота по рухомим цілям відбувається виключно за допомогою БПЛА-навідника. По стаціонарним цілям допускається наведення в автономному режимі за заздалегідь відомими координатами та/або коригуванням в польоті відносно даних отриманих з комплексу оптичної розвідки.

Для ясності дивись рисунок 2.5.

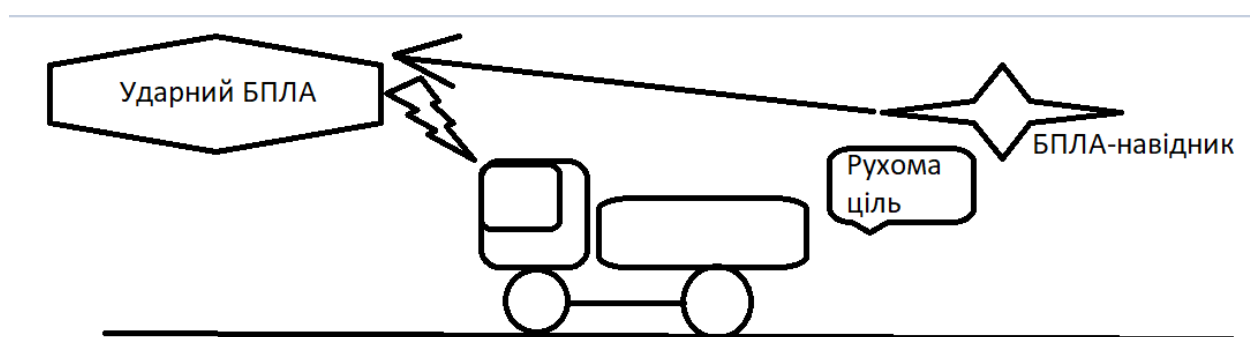


Рисунок 3.5 - схема враження рухомої цілі типу бензовоз.

Радар (спочатку аббревіатура від radio detection and ranging) — це система виявлення, яка використовує радіохвилі для визначення відстані (дальності), кута та радіальної швидкості об'єктів відносно місця (рисунок 2.6).



Рисунок 3.6 - радар ППО.

Його можна використовувати для виявлення літаків, кораблів, космічних кораблів, керованих ракет, автомобілів, погодних утворень і місцевості. Радарна система складається з передавача, що створює електромагнітні хвилі в радіо- або мікрохвильовій області, передавальної антени, приймальної антени (часто одна антена використовується для передачі та прийому), а також приймача та процесора для визначення властивостей об'єктів.

Радіохвилі (імпульсні або безперервні) від передавача відбиваються від об'єктів і повертаються до приймача, надаючи інформацію про розташування та швидкість об'єктів.

Радар був розроблений таємно для військового використання кількома країнами в період до та під час Другої світової війни. Ключовою розробкою став резонаторний магнетрон у Сполученому Королівстві, який дозволив створювати відносно невеликі системи з роздільною здатністю менше метра.

Термін RADAR був введений у 1940 році Військово-морськими силами Сполучених Штатів як аббревіатура від «радіовиявлення та визначення дальності». З тих пір термін радар увійшов в англійську та інші мови як загальний іменник, втративши всі великі літери. Сучасне використання радарів дуже різноманітне, включаючи управління повітряним і наземним рухом, радіолокаційну астрономію, системи протиповітряної оборони, протиракетні системи, морські радари для визначення орієнтирів та інших кораблів, системи запобігання зіткненням літаків, системи спостереження за океаном, космічний простір. системи спостереження та рандеву, моніторингу метеорологічних опадів, альтиметрії та системи управління польотом, системи визначення цілі керованих ракет, безпілотні автомобілі та георадар для геологічних спостережень.

Високотехнологічні радарні системи пов'язані з цифровою обробкою сигналів, машинним навчанням і здатні отримувати корисну інформацію з дуже високих рівнів шуму.

Інші системи, подібні до радару, використовують інші частини електромагнітного спектру. Одним із прикладів є лідар, який використовує переважно інфрачервоне світло від лазерів, а не радіохвиль. З появою транспортних засобів без водіїв очікується, що

радар допоможе автоматизованій платформі контролювати навколишнє середовище, таким чином запобігаючи небажаним інцидентам.

Радар як правило являється нерухомою ціллю, тому для його враження можна запускати безпілотник в режимі автопілотування за задалегідь відомими координатами. Та без використання БПЛА-навідника. Робочий режим БПЛА обирається як вибух при зіткненні з поверхнею. Для ясності дивись рисунок 2.7.

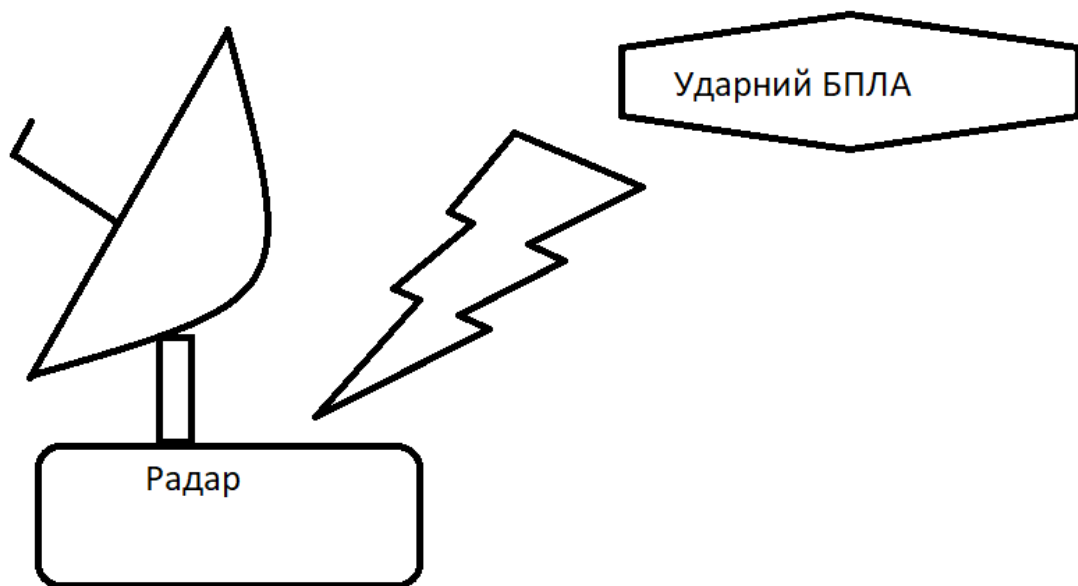


Рисунок 2.7 - умовна схема враження цілі типу радар/антена.

5) Ураження передових командних пунктів противника.

Командно-штабна машина (КШМ) - бойова машина на броньовій, танковій або автомобільній базі, яка призначена для забезпечення радіозв'язку та управління в тактичній ланці сухопутних військ (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 - командно-штабна машина.

Для враження цілі рухомої/нерухомої обирається режим вибуху при зіткненні з поверхнею. Корикування відбувається одночасно як за рахунок комплексу оптичної розвідки так і за допомогою БПЛА-навідника. Для ясності дивись рисунок 2.9.

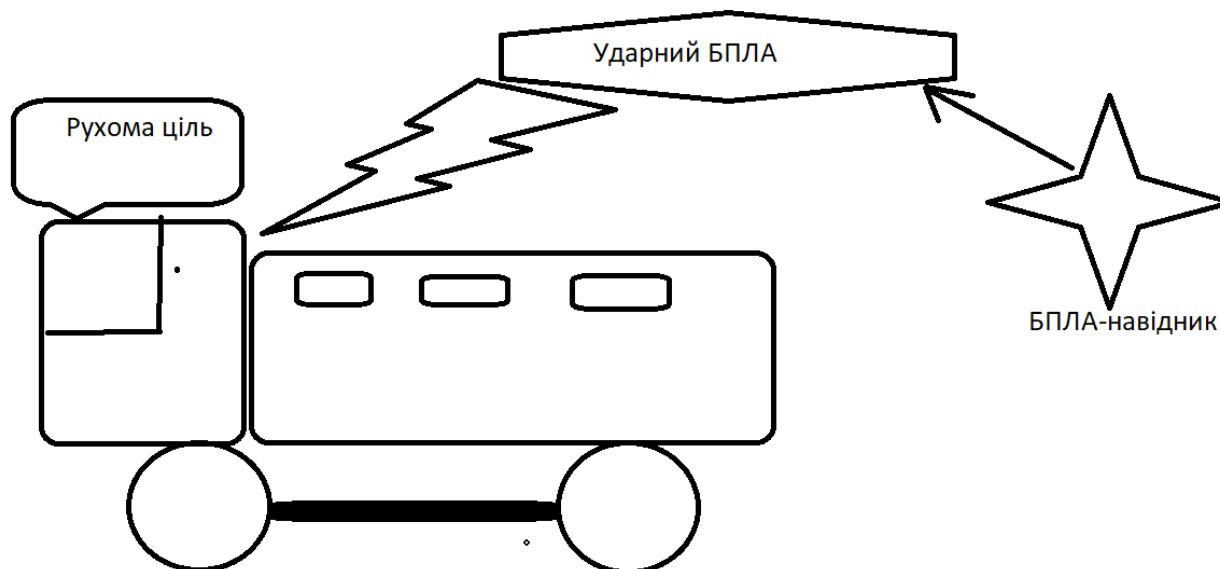


Рисунок 2.9 – умовна схема знищення рухомої цілі типу командно-штабна машина

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування розміщення гвинта.

Пропелер (пропелер) (англ. propeller, від propellere — «гнати вперед») — лопатевий гвинт (рисунок 4.1), що створює тягу під час обертання шляхом відкидання повітря з деякою додатковою швидкістю, що приводиться в рух двигуном і перетворює крутний момент тяги. сила двигуна.

Гвинти, які виконують (крім рухових функцій) додаткові або інші функції, мають спеціальні назви: гвинт, гвинт, гвинт (гвинтокрил), хвостовий гвинт, фенестрон, крильчатка, вентилятор, вітрогенератор, гвинтофан.

Пропелер використовується як пропелер для літальних апаратів (літаків, автожирів, цикложирів (циклокоптерів) і вертольотів з поршневыми і турбогвинтовими двигунами), а також в тій же якості для екранопланів, снігоходів, аерокатерів і суден на повітряній подушці. У автожирах і гелікоптерах гвинт також використовується як несучий гвинт, а у гелікоптерів — як хвостовий гвинт.

Гвинт, що працює як гвинт, у поєднанні з двигуном утворюють гвинтовий агрегат, який входить до складу силової установки.

Повітряні гвинти можна умовно розділити на два типи:

1. Тягучі – такі, в яких точка виникнення вектору тяги виникає перед літальним апаратом.

2. Штовхаючі – такі, в яких точка виникнення вектору тяги виникає позаду основних агрегатів літального апарату.



Рисунок 3.1 - повітряний гвинт.

В результаті, чим менше і менше за площею елементів конструкції літака, що обдуваються струменем гвинта, тим менше приріст опору і, відповідно, вище ефективна (або корисна) тяга двигуна. Для тягового гвинта неможливо уникнути здування струменя з елементів конструкції.

Це означає, що корисна тяга і ККД, відповідно, будуть знижені, але є варіанти штовхає гвинта. Для літальних апаратів початку

століття штовхач безумовно створював значний додатковий опір при охолодженні ферми фюзеляжу і всієї системи підрулювачів і підкосів.

Для сучасних літальних апаратів із двигуном, встановленим позаду або перед ним, штовхання гвинта може бути вигідним у цьому сенсі. Цей проект БПЛА є прикладом. Перешкод для струменя за пропелером практично немає.

Таке помітне зменшення аеродинамічного опору може позитивно вплинути на аеродинамічні якості літака та його крейсерські характеристики, а саме на дальність польоту, а також на тягучий гвинт, що обдуває крило, що означає, що літак отримує деяке збільшення підйомної сили, що може покращити, наприклад, злітно-посадкові характеристики.

Гвинт-штовхач не має цих властивостей, і він має додаткову «вільну» підйомну силу позбавлений. Однак при цьому додатковому обдуві хвостове оперення може бути оголене (якщо гвинт розташований попереду нього) [3, 5], що підвищує його ефективність. Хоча і тут є ложка дьогтю: цей ККД може цілком залежати від режиму роботи двигуна і гвинта, бути надмірним або недостатнім, що, звичайно, потрібно якось враховувати при створенні літака.

Але з іншого боку, якщо тяговий гвинт зазвичай сприймає і «обробляє» незбурений потік, то штовхаючий гвинт значною мірою позбавлений такої можливості. У площину, що омивається лопатями гвинта, цілком ймовірно, потрапляє потік, що взаємодіє з поверхнями, розташованими перед гвинтом, а значить, ймовірно, схвильований і містить вихори різної інтенсивності та об'єму.

Це, в свою чергу, негативно позначається на ефективності шнека і тепер знижує його ефективність, в деяких випадках досить помітно. Подібне явище може, наприклад, помітно проявлятися при встановленні двигунів на задній кромці крила. Водночас проблема зниження ККД може супроводжуватися збільшенням циклічних і вібраційних навантажень на елементи конструкції гвинта, оскільки на кожну з його лопатей циклічно впливає вихор, що відривається від краю крила, що створює не тільки завдання підвищення ККД гвинта, але і його міцності. У зв'язку з цим збільшення обсягу натискного гвинта практично гарантовано.

3.2. Вибір двигуна

Двигун обираємо на основі попереднього досвіду експлуатації БПЛА подібного класу. В нашому випадку це SunnySky X Series V3 X2814 V3 Brushless Motors (рисунок 4.2)



Рисунок 3.2 - двигун SunnySky X Series V3 X2814 V3 Brushless Motors.

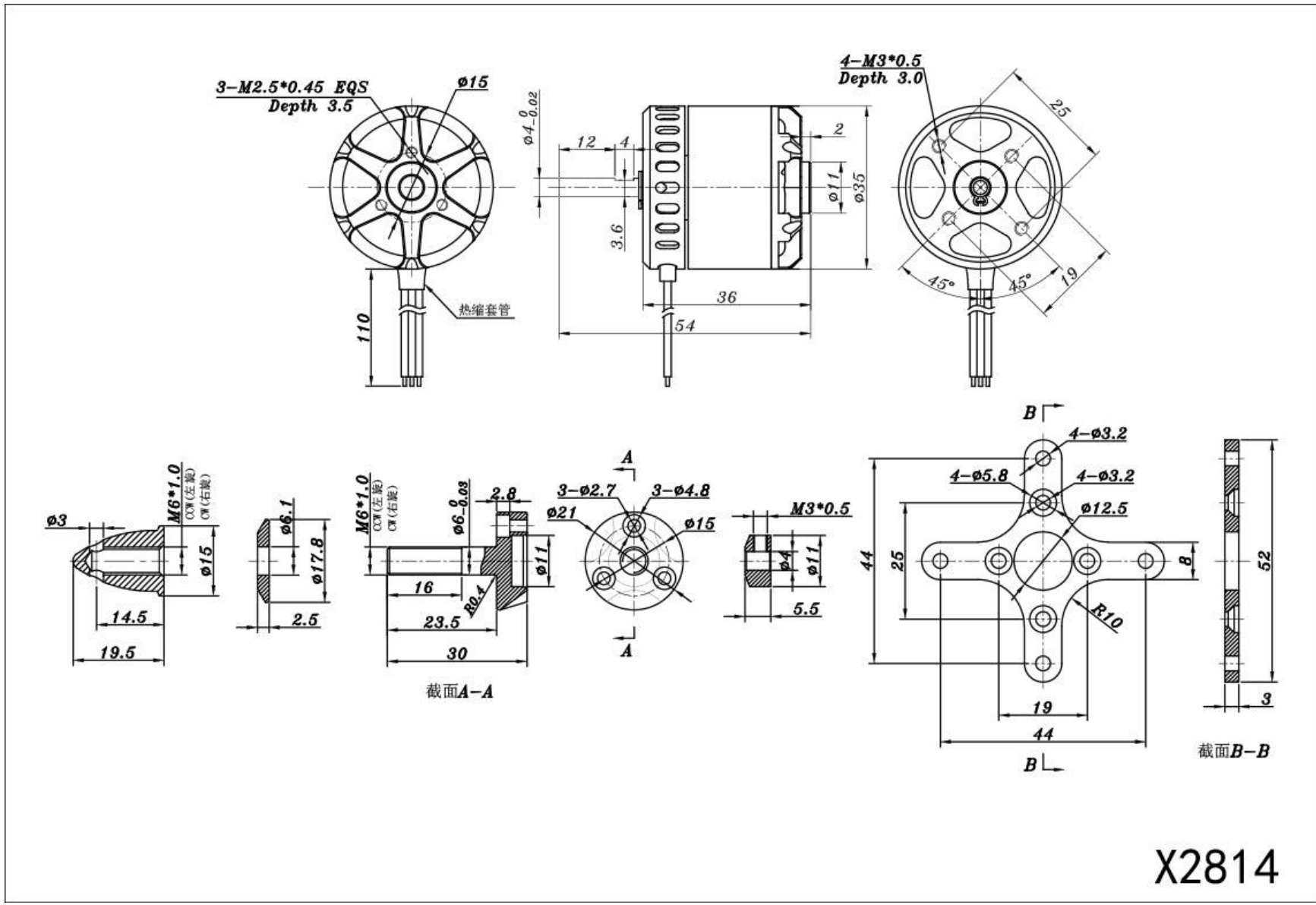
Технічні характеристики двигуна представлені на рисунку 3.3; рисунку 3.4. та рисунку 3.5. нижче.

Stator Diameter	28mm
Stator Thickness	14mm
No.of Stator Slots	12
No.of Rotor Poles	14
Motor Kv	900
No-load current	1.2A/10V
Motor Resistance	33.6m Ω
Max Continuous Current	50A/30s
Max Continuous Power	680W
Weight	108g

Рисунок 3.3 - загальні технічні характеристики двигуна.

Prop(inch)	Voltage(V)	Amps(A)	Thrust(gf)	Watts(W)	Efficiency(g/W)	RPM	Load temperature in 100% throttle
APC11*5.5	14.8	4.3	500	63.64	7.86	5430	65°C 10min
		7	750	103.6	7.24	6576	
		10.8	1000	159.84	6.26	7460	
		14.8	1250	219.04	5.71	8219	
		19.1	1500	282.68	5.31	9100	
		25.3	1750	374.44	4.67	9660	
		30.5	2000	451.4	4.43	10310	
		37.2	2299	550.56	4.18	10978	

Рисунок 3.4 характеристики двигуна для гвинта 11X5.5.



X2814

Рисунок 3.5 - кресленик двигуна

3.3. Розрахунок масово-центрових та аеродинамічних параметрів.

Розрахунок проводимо за методикою "Руководство для конструкторов летательных аппаратов самодеятельной постройки", Том 1, СибНИИА.

Вихідні дані для розрахунків.

Двигун: Sunny Sky X series V3 x2814 v3 kv900 – масою 110 грамів.

Бойова частина – 2 ВОГ-25 сумарною масою 500 грамів.

Оптична система GoPro HERO10 Black – масою 100 грамів.

Система управління на основі Raspberry Pi 4 – масою 100 грамів.

Елементи живлення типу 3.7V Li-ion 18650 Rechargeable Battery (8 штук) – сумарною масою 360 грамів.

Сумарна маса основних елементів: 1170 грамів, або 1.170 кг.

3.3.1. Визначення повної злітної маси в першому наближенні.

Повну злітну масу включаючи масу елементів конструкції приймаємо як 200% маси відомих елементів.

Звідси:

$$G_{\text{зл.}} = G_{\text{в.е.}} \times 2 = 1.170 \times 2 = 2.340 \text{ кг}$$

Де

G зл – повна злітна маса.

G в.е. – маса відомих елементів конструкції.

Визначення маси окремих елементів конструкції:

Визначаємо масу окремих елементів конструкції пропорційно, на основі емпірично визначених пропорцій.

Масу крила приймаємо як 17% повної зlotної маси:

$$G_{\text{кр.}} = 2.340 \times 0.17 = 0.398 \text{ кг.}$$

Масу фюзеляжу приймаємо як 15% повної зlotної маси:

$$G_{\text{фз.}} = 2.340 \times 0.15 = 0.351 \text{ кг}$$

Масу оперення приймаємо як 5% повної зlotної маси:

$$G_{\text{оп.}} = 2.340 \times 0.05 = 0.117 \text{ кг}$$

Масу систем БПЛА приймаємо як 5% повної зlotної маси:

$$G_{\text{с.}} = 2.340 \times 0.05 = 0.117 \text{ кг}$$

3.3.2. Визначення повної зlotної маси в другому наближенні.

Складаємо масу відомих елементів конструкції з масою елементів конструкції визначених емпіричним шляхом.

$$\begin{aligned} G_{\text{повна}} &= G_{\text{в.е}} + G_{\text{кр.}} + G_{\text{фж.}} + G_{\text{оп.}} + G_{\text{с.}} = \\ &= 1.170 \text{ кг} + 0.398 \text{ кг} + 0.351 \text{ кг} + 0.117 \text{ кг} + 0.117 \text{ кг} = 2.153 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Визначаємо різницю мас в першому і другому наближенні:

$$\Delta = 2.340 - 2.153 = 0.187 \text{ кг.}$$

Визначаємо похибку у відсотковому відношенні:

$$(\Delta \div G_{\text{зл.}}) \times 100\% = (0.187 \text{ кг} \div 2.340 \text{ кг}) \times 100\% = 8\%$$

Оскільки, уточнена маса менша від маси розрахованої в першому приближенні на 8%, а допустиме додатне відхилення не більше 5%. Для подальших розрахунків примажмо масу БПЛА як $G_{\text{повна}} = 2.153 \text{ кг.}$

3.3.3. Визначення необхідної площі крила

$$S = \frac{207 \times G_{\text{повна}}}{C_{ya \max} \times V^2} = \frac{207 \times 2.153 \text{ кг}}{1.1 \times 100 \text{ км/год}^2} = 0.4 \text{ м}^2$$

Визначаємо геометричні параметри крила

Визначаємо коефіцієнт подовження крила як 5.

Звідси:

$$L_{\text{кр.}} = \sqrt{5 \times S_{\text{кр.}}} = \sqrt{5 \times 0.4} = 1.41 \text{ м.}$$

$L_{\text{кр.}}$ – довжина крила.

7 – коефіцієнт подовження крила;

Визначаємо хорду крила:

$$b_{\text{сах}} = \frac{S_{\text{кр.}}}{L_{\text{кр.}}} = \frac{0.4 \text{ м}^2}{1.41 \text{ м}} = 0.28 \text{ м.}$$

Де

$b_{\text{сах}}$ – довжина хорди крила.

3.3.4. Визначення геометричних параметрів горизонтального оперення і руля висоти.

У першому наближенні площа горизонтального оперення може бути задана в розмірі 20% від площі крила. Рекомендоване подовження горизонтального оперення - 4 - 4,5, звуження - не більше 2, відносна товщина профілю - 8 - 10%. Плече горизонтального оперення (відстань від точки 25% хорди крила до 25% хорди горизонтального оперення) повинно складатися з 2-3 хорд крила.

В проекті розглянутого БПЛА площу горизонтального оперення приймаємо як 20% площі крила.

Звідси:

$$S_{\text{Г.О.}} = S_{\text{кр}} \times 0.2 = 0.4 \times 0.2 = 0.08 \text{ м}^2$$

Де

$S_{\text{Г.О.}}$ – площа горизонтального оперення.

Визначаємо довжину горизонтального оперення:

$$L_{\text{Г.О.}} = \sqrt{4 \times S_{\text{Г.О.}}} = \sqrt{4 \times 0.08} = 0.565 \text{ м.}$$

$L_{\text{Г.О.}}$ – довжина горизонтального оперення.

4 – коефіцієнт подовження.

Визначаємо хорду горизонтального оперення:

$$b_{\text{сах Г.О.}} = \frac{S_{\text{Г.О.}}}{L_{\text{Г.О.}}} = \frac{0.08 \text{ м}^2}{0.565 \text{ м}} = 0.141 \text{ м.}$$

Визначаємо ефективність горизонтального оперення через визначення коефіцієнту статичного моменту площі горизонтального оперення.

Використовуємо формулу:

$$A_{\text{Г.О.}} = \frac{S_{\text{Г.О.}} \times L_{\text{Г.О.}}}{S_{\text{кр}} \times b_{\text{сах}}} = \frac{0.08 \text{ м}^2 \times 0.565 \text{ м}}{0.4 \text{ м}^2 \times 0.28 \text{ м.}} = 0.45$$

Оскільки методика розрахунку вважає прийнятним діапазон коефіцієнтів від 0.44 до 0.5 вважаємо наш коефіцієнт таким що відповідає вимогам методики розрахунку.

Визначаємо геометричні параметри рулів висоти.

Приймаємо сумарну площу горизонтальних управляючих поверхонь, як 50% площі горизонтального оперення.

$$S_{\text{рулів висоти}} = S_{\text{г.о.}} \times 0.5 = 0.08 \times 0.5 = 0.04 \text{ м}^2$$

Де:

$S_{\text{рулів висоти}}$ – *площа горизонтальних управляючих поверхонь.*

3.3.5.Визначення геометричних параметрів вертикального оперення.

В першому наближенні визначаємо площу вертикального оперення як 10% площі крила:

$$S_{\text{в.о.}} = S_{\text{кр}} \times 0.1 = 0.4 \times 0.1 = 0.04 \text{ м}^2$$

Де:

$S_{\text{в.о.}}$ – *площа вертикального оперення.*

Визначаємо довжину вертикального оперення:

$$L_{\text{в.о.}} = \sqrt{4 \times S_{\text{в.о.}}} = \sqrt{4 \times 0.08} = 0.282 \text{ м.}$$

Визначаємо ефективність вертикального оперення через визначення коефіцієнту статичного моменту площі горизонтального оперення.

Використовуємо формулу:

$$B_{\text{в.о.}} = \frac{S_{\text{в.о.}} \times L_{\text{в.о.}}}{S_{\text{кр}} \times b_{\text{сах}}} = \frac{0.08 \text{ м}^2 \times 0.282 \text{ м}}{0.4 \text{ м}^2 \times 0.28 \text{ м}} = 0.041$$

Згідно методики розрахунку площа вертикального оперення являється ефективною за умови якщо коефіцієнт B коливається в межах 0.04 – 0.055. Коефіцієнт, що отриманий в нашому розрахунку відповідає цій умові.

Визначаємо площу вертикальної управляючої поверхні.

Приймаємо площу руля напрямку як 40% площі вертикального оперення:

$$S_{\text{руля напрямку}} = S_{\text{в.о.}} \times 0.4 = 0.04 \times 0.4 = 0.16 \text{ м}$$

Де:

$S_{\text{руля напрямку}}$ – площа вертикальної управляючої поверхні.

Визначення геометричних характеристик елеронів.

Визначаємо сумарний розмах елеронів як 50% розмаху крила, за формулою:

$$L_{\text{елеронів}} = L_{\text{кр.}} \times 0.5 = 1.41 \text{ м} \times 0.5 = 0.705 \text{ м.}$$

Довжина одного елерона становитиме 50% сумарної довжини елеронів.

$$L_{\text{елерона}} = L_{\text{елеронів}} \times 0.5 = 0.705 \text{ м} \times 0.5 = 0.352 \text{ м.}$$

Даних цього розділу достатньо для розробки креслення загального виду

БПЛА

4. АЕРОДИНАМІЧНА ЧАСТИНА.

4.1. Підбір профілю крила.

Профіль крила обраємо несиметричний, на основі попереднього досвіду експлуатації подібних БПЛА. Оскільки БПЛА не являється високоманевренним вибір симетричного профілю не має сенсу, з міркувань технологічної раціональності обираємо профіль Р-IIIА-15.

Визначаємо похідну коефіцієнту підйомної сили при безвідривному обтіканні.

Попередньо визначаємо коефіцієнт m_k для прямокутного крила за формулою:

$$m_k = \frac{C_{ya \text{ нескінченного}} \times b_{сах}}{4L_{кр}} = \frac{5.49 \times 0.28}{4 \times 1.41} = 0.272$$

Де:

$C_{ya \text{ нескінченного}}$ – коефіцієнт що береться із атласу профілів, для профілю Р-IIIА-15 становить 5.49.

Визначаємо похідну коефіцієнта підйомної сили при безвідривному обтіканні за формулою:

$$C_{ya}^a = \pi \times m_k \times L_{кр} \times 0.9 = 3.14 \times 0.272 \times 1.41 \times 0.9 = 1.08$$

Де:

0.9 - табличний коефіцієнт для крила подовження якого становить 4.

Визначаємо максимальний коефіцієнт підйомної сили.

Використовуємо формулу:

$$C_{ya \max} = 0.93 \times C_{ya \text{ поперечного перерізу } \max}$$

Де:

$C_{ya \text{ поперечного перерізу } \max}$ – значення коефіцієнту для конкретного профілю крила, що береться з атласу профілів, для профілю P-IIIА-15 становить 1.68.

Таким чином:

$$C_{ya \max} = 0.93 \times 1.68 = 1.56$$

Визначення критичного кута атаки звалювання:

Визначаємо критичний кут атаки звалювання за формулою:

$$a_{\text{кр}} = \left(\frac{57.3 \times C_{ya \max}}{C_{ya}^a} \right) + a_0 + 1^\circ$$

Де:

a_0 - значення кута задане в атласі профілів, для профілю P-IIIА-15 становить -3.5 градусів.

Таким чином:

$$a_{\text{кр}} = \left(\frac{57.3 \times 1.56}{1.08} \right) + (-3.5^\circ) + 1^\circ = 18^\circ$$

Визначаємо значення швидкості звалювання:

Визначаємо швидкість звалювання за формулою:

$$V_{\text{звалювання}} = \sqrt{\frac{207 \times G_{\text{зл}}}{C_{ya \max} \times S_{\text{кр}}}} = \sqrt{\frac{207 \times 2.153}{1.56 \times 0.4}} = 26 \text{ км/год}$$

Визначаємо число Рейнольдса для режиму максимальної швидкості:

Значення числа визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{V_{max} \times b_{сах}}{1.45 \times 10^{-5}}$$

Де:

V_{max} – максимальна швидкість, яку в першому наближенні приймаємо як 120 км/год.

Таким чином:

$$Re = \frac{120 \times 0.28}{1.45 \times 10^{-5}} = 23.17 \times 10^{-6}$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

Коефіцієнт тертя C_f визначається за наступним графіком залежно від точки переходу ламінарного переходу прикордонного шару в турбулентний (x_t) і числа Рейнольдса (Re).

Враховуючи невисоку якість поверхні крила ударних БПЛА рекомендується значення x_t приймати рівним 0 – 0,1.

Звідси:

$$C_f = 0.1$$

Визначення коефіцієнту визначаючого товщину профілю крила:

Коефіцієнт n_c , що враховує перехід від тертя плоскої пластини до тертя на криволінійних поверхнях крила визначається за наступним графіком залежно від відносної товщини профілю крила. Значення x_t як і попередньому кроці рекомендується приймати 0 - 0,1.

У нашому прикладі товщина профілю 15%, точку переходу приймаємо рівною 0,1 відповідно $n_c = 1,53$

Визначаємо опір ізольованого крила в режимі нульової підйомної сили:

Користуючись формулою визначаємо опір ізольованого крила в режимі нульової підйомної сили.

$$C_{\text{хар ізолюваного кр.}} = 1.85 \times C_f \times n_c = 1.85 \times 0.1 \times 1.53 = 0.0064$$

Визначаємо опір крила на режимі нульової підйомної сили:

Опір крила на режимі нульової підйомної сили визначаємо за формулою:

$$C_{\text{хар}} = C_{\text{хар ізолюваного кр.}} \times \left(1 - k_{\text{інт.}} \times \frac{S_{\text{кр.фж.}}}{S_{\text{кр.}}} \right)$$

Де

$k_{\text{інт.}}$ – коефіцієнт інтерференції що враховує взаємне розташування крила і фюзеляжу. Для високоплана (обрана схема нашого БПЛА) він становить 0.95.

$S_{\text{кр.фж.}}$ – частина площі крила, що перекривається фюзеляжем в нашому випадку приблизно становить 0.05 м^2 .

Підставляємо значення в формулу:

$$C_{\text{хар}} = 0.0064 \times \left(1 - 0.95 \times \frac{0.05}{0.4} \right) = 0.005$$

Визначення індуктивного опору крила

Користуючись формулою визначаємо індуктивний опір крила:

$$C_{\text{хай}} = 1 + B \times 4 \times \left(1 + \frac{S_{\text{кр.фж.}}}{S_{\text{кр.}}} \right) \times C_{\text{уа}}^a$$

Де:

B – коефіцієнт, що характеризує подовження і звуження крила. При коефіцієнті подовження 4 і прямокутному крилі він становить 0.045.

4 – коефіцієнт подовження визначений в розділах вище.

Таким чином:

$$C_{xai} = 1 + 0.045 \times 4 \times \left(1 + \frac{0.05}{0.4}\right) \times 1.08 = 0.05$$

Визначення лобового опору горизонтального оперення

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re_{г.о.} = \frac{120 \times 0.141}{1.45 \times 10^{-5}} = 5.17 \times 10^{-6}$$

Визначаємо коефіцієнт тертя горизонтального оперення

$$C_{fг.о.} = 0.033$$

Визначаємо коефіцієнт $n_{сг.о.} = 1.35$

Звідси:

$$C_{хаг.о.} = 1.85 \times 0.033 \times 1.35 = 0.008$$

Визначаємо характеристики лобового опору вертикального оперення:

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re_{г.о.} = \frac{120 \times 0.072}{1.45 \times 10^{-5}} = 5.1 \times 10^{-6}$$

Визначаємо коефіцієнт тертя горизонтального оперення

$$C_{fв.о.} = 0.031$$

Визначаємо коефіцієнт $n_{св.о.} = 1.32$

Звідси:

$$C_{хав.о.} = 1.85 \times 0.031 \times 1.32 = 0.0078$$

4.2. Розрахунок діаметра повітряного гвинта

Діаметр повітряного гвинта визначаємо за формулою:

$$D_{\text{гвинта}} = 100 \times \sqrt[4]{\frac{N_{\text{двигуна}}}{V_{\text{max}} \times n^2}}$$

$N_{\text{двигуна}}$ – паспортна потужність двигуна .

V_{max} – максимальна швидкість у першому наближенні 120 км/год.

n – кількість оборотів двигуна за хвилину.

Підставляємо значення в формулу:

$$D_{\text{гвинта}} = 100 \times \sqrt[4]{\frac{1.26}{120 \times 9000^2}} = 0.25 \text{ м.}$$

Розраховуємо крок повітряного гвинта

Крок повітряного гвинта визначаємо за формулою:

$$H = 30 \frac{V_p}{n}$$

Де:

V_p – крейсерська швидкість польоту – 100 км/год.

Підставляємо числа в формулу:

$$H = 30 \frac{100}{9000} = 0.12$$

Звідси найоптимальнішою моделлю повітряного гвинта буде GEMFAN 11 X 5.5 ELECTRIC GF NYLON PROPELLOR.



Рисунок 5.1 - повітряний гвинт GEMFAN 11 X 5.5 ELECTRIC GF NYLON PROPELLOR.

Визначення довжини передзлітного розбігу

Визначаємо довжину розбігу БПЛА за формулою:

$$L_{\text{розбігу}} = \frac{V_{\text{відриву}}^2}{\frac{P_B}{G_{\text{злітне}}} - f_{\text{тр}}}$$

Де:

$V_{\text{відриву}}$ - швидкість відриву БПЛА від поверхні, приймаємо як:

$$V_{\text{відриву}} = V_{\text{звалювання}} \times 1.2 = 26 \frac{\text{км}}{\text{год}} \times 1.2 = 31.2$$

P_B – тяга повітряного гвинта (беремо із документації на гвинт) приймаємо 5 кг.

$f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт що характеризує покриття злітної смуги, оскільки зліт відбувається з катапульты приймаємо його як 0.

Таким чином:

$$L_{\text{розбігу}} = \frac{31.2^2}{\frac{5}{2.153} - 0} = 4.2 \text{ метри}$$

5. МІЦНІСТЬ.

5.1. Розрахунок розподіленого навантаження по площі крила

Розподілене навантаження по площі крила визначаємо за формулою

$$q = n_e \frac{(G_{\text{злітне}} - G_{\text{кр.}})}{L_{\text{кр.}}}$$

Де:

n_e – коефіцієнт перевантаження, приймаємо 3.

Таким чином:

$$q = 3 \frac{(2.153 - 0.398)}{1.41} = 3.73 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

5.2. Визначення координат перерізів крила

Визначаємо дві координати типових перерізів крила так як крило являється симетричним і відносно коротким:

- 1) Приймаємо координату, як $\frac{1}{2}$ довжини крила – 0.705 м.
- 2) Приймаємо координату як $\frac{1}{4}$ довжини крила – 0.3525 м.

Визначаємо поперечні сили, що діють в типових перерізах крила

5.3. Побудова епюри поперечних сил та згинальних моментів

Поперечну силу Q для вільнонесучого крила визначаємо за формулою:

$$Q = qL;$$

Визначаємо поперечну силу Q в перерізі 2:

$$Q_2 = 3.73 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \times 0.3525 \text{ м} = 1.314 \text{ Н}$$

Визначаємо поперечну силу Q в перерізі 1:

$$Q_1 = 3.73 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \times 0.705 \text{ м} = 2.63 \text{ Н}$$

Визначаємо згинальні моменти в перерізах крила

Згинальний момент визначаємо за формулою:

$$M_z = \frac{ql^2}{2}$$

Для другого перерізу значення моменту буде:

$$M_{z1} = \frac{3.73 \times 0.3525^2}{2} = 0.231 \text{ кгм}$$

Для першого перерізу значення згинального моменту становитиме:

$$M_{z2} = \frac{3.73 \times 0.705^2}{2} = 0.927 \text{ кгм}$$

За даними отриманими в цьому розділі будуємо епюри поперечних сил та згинальних моментів консолі крила.

Епюри поперечних сил та згинальних моментів показані на рисунку 5.1.

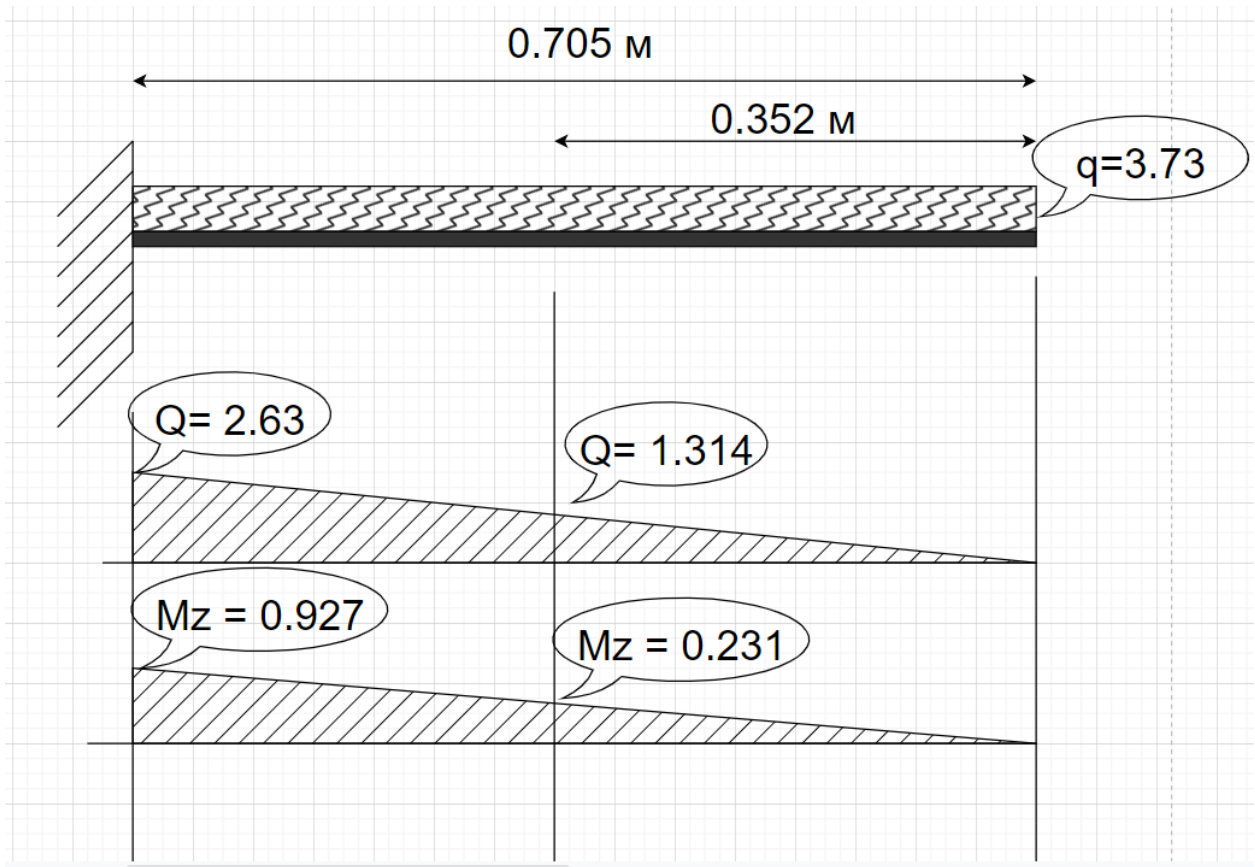


Рисунок 5.1 - епюри поперечних сил та згинальних моментів крила.

6. Вибір бойової частини

На основі попереднього досвіду застосування ударних БПЛА в якості бойової частини обираємо ВОГ -25 (рисунки 4.5 – 4.6).

Постріл гранатометний ВОГ-25 (Індекс ГРАУ — 7П17) — осколковий боєприпас для гранатометів ГП-25 «Костёр», ГП-30 «Обувка», ГП-34, РГ-6 «Гном», РГМ-40 «Кастет» і об'єднує в себе гранату і металевий заряд в гільзі. Граната дульнозарядна, то есть подається в ствол через дульний срез. Зовні корпуса маються готові нарізи, які надають гранаті обертального руху під час руху по каналу ствола. Боєзапас виконано за «безгільзовою» схемою, металевий заряд з піроксилінового порошку П-200 разом із засобом відтворення розміщується на дні корпусу гранати. Така схема дозволила значно спростити конструкцію гранатомету, підвищити надійність і бойову швидкість. Всередині корпусу (між зарядом ВВ і корпусом) знаходиться прокладка з картону. Вона служить для раціонального дроблення корпусу на осколки, що призводить до посилення осколкової дії. Підричник гранати ВМГ-К є головним, ударним, миттєвої та інерційної дії, напівпередзахисного типу з піротехнічним движением і самоліквідатором. Не дозволяється використовувати гранату на малих дистанціях і в приміщеннях, так як взводиться після вистрілу на відстані 10-20 м від стрілки. Механічні підричники для ВОГ-25 і їх модифікації розроблені Науково-дослідним технологічним інститутом в Балашихі.



Рисунок 4.6 – ВОГ-25



Рисунок 4.7 – ВОГ-25.

7. Вибір програмного забезпечення для управління БПЛА в польоті

Mission Planner представляє собою наземний пункт управління з відкритим вихідним кодом для автопілота Pixhawk. Для перегляду даних і виконання команди польоте встановить з'єднання між своїм БПЛА і портативним комп'ютером, використовуючи Mission Planner наземний модуль радіотелеметрії.



Рисунок 7. 1 - головне вікно управління.

Mission Planner – це наземний пункт управління для апаратів Plane, Copter і Rover. Ця програма сумісна тільки з Windows. Mission Planner можна використовувати в якості утиліти налаштування конфігурації, або в

якості додаткового засобу динамічного контролю для автономного літального апарату.

Нижче перелічені лише можливості програми Mission Planner:

- Завантаження апаратно-програмного забезпечення (програмного забезпечення) в плату автопілот (серія Pixhawk), який керує вашим літальним апаратом.
- Початкова установка, вибір конфігурації та точна настройка вашого летального апарату для отримання оптимальних робочих характеристик.
- Планування, збереження та завантаження окремих польотів у ваш автопілот звичайним вводом пунктів маршруту методом «укажи і клацни» на картах Google або на інших картах.
- Завантаження та аналіз журналів польотів, створених вашим автопілотом.
- Взаємодія з пілотажем імітатором на ПК для утворення повноцінного апаратно-програмного імітатора БПЛА.
- Розташовуючи окремі апаратні засоби телеметрії, ви можете: }
Відстежувати стан свого літального апарату в процесі експлуатації. }
Вести журнали телеметричних вимірювань, що містять набагато більше інформації, ніж журнали даних вбудованого автопілота. }
Проглядати та аналізувати журнали телеметричних вимірювань.

8. Розробка стартап-проекту

Маркетинговий аналіз стартап-проекту

На момент розробки стартап проекту ринок високоточних озброєнь являється досить насиченим і висококонкурентним.

Тим не менше продукція конкурентів має ряд суттєвих недоліків:

- Високі закупівельні ціни – середня ціна одноразового ударного БПЛА становить понад 6 000 американських доларів, що в умовах обмеженого бюджету значно ускладнює їх закупівлю в товарних (понад 10 000 одиниць) кількостях.
- Експортні обмеження країн – виробників БПЛА – цілий ряд країн та окремих компаній побоюється постачати силам оборони України напряму чи опосередковано летальну зброю боячись стати стороною конфлікту чи понести репутаційні втрати.
- Невідповідність задекларованих тактико-технічних характеристик фактичним. Яскравим прикладом слугує ударний БПЛА Світчблейд 300 який в умовах бойових дій в ході збройної агресії російської федерації проявив себе значно гіршим чином ніж декларував виробник.
- Незавершені льотні випробування та/або «сира» конструкція виробу.
- Складність виготовлення бойової частини. Часто виготовлення бойової частини ударного БПЛА потребує вкладення більших ресурсів, ніж виробництво інших частин.
- Слабка виробнича база, коли наявна виробнича база не може задовольнити попит. Наприклад потрібно кілька сотень ударних БПЛА на місяць, а виробник може запропонувати лише декілька десятків.

Дані недоліки інших ударних БПЛА я врахував у розробці власного проекту і таким чином схокусував такі його сильні сторони:

- Дешевизна – мій БПЛА коштує значно дешевше аналогів, розрахунок ціни за одиницю у першому наближенні представлений в наступному розділі.

- Локалізація виробництва в Україні та доступність імпортованих складових частин.
- Типова бойова частина (ВОГ – 25) наявна в Україні.

Організація стартап-проекту

Для запуску стартап проекту необхідно підготувати виробничі приміщення площею 400 квадратних метрів, найняти та навчити виробничий та інженерний персонал, провести закупівлю засобів технологічного оснащення виробництва.

Всі перелічені вище пункти громіздкі у виконанні і потребують значних фінансових вливань. Тому прийнято рішення передати виробництво БПЛА на аутсорс заклавши в собівартість БПЛА 70% ціни його покупних компонентів як витрати на виробництво – що при програмі виготовлення від 3000 одиниць на рік має значно заощадити кошти на виробництво одиниці виробу.

Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту

Розрахунок собівартості одиниці виробу в першому наближенні:

Оцінюємо вартість покупних елементів

№ п/п	Найменування складової одиниці	Ціна в гривні на момент написання розділу	Кількість одиниць необхідних на один БПЛА	Загальна вартість
1.	Двигун SunnySky X Series V3 X2814 V3 Brushless Motors	1600	1	1600
2.	Елемент живлення 18650 Rechargeable Battery	220	8	1760
3.	Гвинт повітряний Gemfan 11 X 5.5 Electric GF	200	1	200
4.	Одноплантний комп'ютер Raspberry Pi 4	8000	1	8000
5.	Оптична камера GoPro HERO10 Black	24 000	1	24 000
6.	Всього X			35560

Визначаємо вартість матеріалів:

Для визначення вартості матеріалів прийmemo значення вартості як 20 % від вартості основних покупних елементів таким чином:

$$X_{\text{матеріалів}} = X \times 0.2 = 35560 \times 0.2 = 7\,112 \text{ грн.}$$

Визначаемо вартість послуг з виробництва:

Приймаемо вартість послуг з виробництва одиниці виробу як 70% вартості його покупних елементів, таким чином:

$$X_{\text{виробництва}} = X \times 0.7 = 35560 \times 0.7 = 25\,892 \text{ грн.}$$

Визначаемо вартість послуг з розробки програмного забезпечення, випробувань, сертифікації, розроблення експлуатаційної документації як 300% вартості основних покупних елементів.

$$X_{\text{інжинірингу}} = X \times 3 = 35560 \times 3 = 106\,680 \text{ грн.}$$

Визначаемо вартість адміністративних витрат як 10% вартості основних покупних елементів.

$$X_{\text{адмі.витрат}} = X \times 0.1 = 35560 \times 0.1 = 3\,556 \text{ грн.}$$

Визначаемо вартість одиниці виробу з дослідної партії:

$$\begin{aligned} X_{\text{дослідного БПЛА}} &= X + X_{\text{матеріалів}} + X_{\text{виробництва}} + X_{\text{інжинірингу}} + X_{\text{адмі.витрат}} \\ &= 178\,800 \text{ грн.} \end{aligned}$$

9. Висновки по проекту

В ході виконання проекту було проведено детальний огляд аналогів навних на ринку, та виявлено незайняту нішу БПЛА який має запит серед потенційних користувачів.

Розроблено концепт застосування БПЛА аеродинамічного типу для доставки боеприпасів типу ВОГ-25, що являється абсолютно новим тактичним підходом.

Впроваджено застосування програмного забезпечення Mission Planer в системі управління ударним БПЛА, що являється новим підходом у розробці систем управління польотом для БПЛА такого класу.

Проведено ескізне проєтування, аеродинамічні та міцнісні розрахунки концепту. Перелік технічних характеристик проекту БПЛА наведено нижче.

1. Максимальна дальність польоту 40 км.
2. Максимальний час перебування в повітрі 45 хвилин.
3. Крейсерська швидкість - 100 км/год.
4. Максимальна швидкість - 120 км/год.
5. Бойова частина ВОГ-25 (2 одиниці).
6. Комплекс оптичної розвідки GoPro HERO10 Black (1 штука).
7. Система керування - GPS.
8. Вибух в повітрі – так.
9. Вибух при контакті з поверхнею - так.
10. Робота в тандемі з БПЛА навідником - так.
11. Оперативна точність - до 3 метрів (за умови ідеальних погодних умов).

12. Радіус враження - до 7 метрів.
13. Швидкість розгортання комплексу на місцевості - до 10 хвилин.
14. Необхідна довжин злітної траєкторії - 5 метрів.
15. Запуск у режимі «3 рук». – Так.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Житомирский Г. И. Конструкция самолетов / Г. И. Житомирский. – Москва: Москва машиностроение, 1995. – 415 с. – (3). – (ISBN 5-217-03299-5.)
2. Егер С.М. Проектирование самолетов, -М, Машиностроение, 1983, -616 с
3. Ю.Г. Одинокоев. Расчет самолета на прочность. –М.: Машиностроение, 1973. –392 с.
4. Бадягин А.А. Сравнение лёгких самолётов с подкосным и свободнонесущим крылом. Известия вузов: Авиационная техника. 1980. № 4. с. 11-17.
5. Хорошев А.Н. Основы проектирования технических объектов. –М, 2011. –125 с.
6. Глаголев А.Н., Гильдинов М.Я., Григоренко С.М. Конструкция самолетов, - М, Машиностроение, 1975, -480 с.
7. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. –М.: ДМК Пресс, 2013. –784 с.
8. Борисов В.В., Зинченко В.П., Муха И.П. Система автоматизированного управления проектными данными // Адаптивные системы автоматизированного управления. –2011. №19(39). -с.22-33.
9. Ligeti Stratos – сверхлёгкий ЛА с сочлененным крылом и нелегкой судьбой [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://thexhs.livejournal.com/10740.html> . – 15.03.2014
10. Кашафутдинов С. Т. Атлас аэродинамических характеристик крыловых профилей [Текст] / С. Т. Кашафутдинов, В. Н. Лушин. // Новосибирск, 1994. – С. 80
11. Рахмати Ахмад. Расчетная оценка аэродинамических характеристик БПЛА с вертикальным взлетом [Текст] / А. Рахмати, Д. Н. Зинченко. // Сборник научных трудов Харьковского университета воздушных сил. – Харьков, 2012. – Вып. 4(33). – С. 37–43.

12. Piomelli U. Large-Eddy Simulations of Turbulent Flows, from Desktop to Supercomputer (Invited Talk) [Текст] / U. Piomelli, A. Scotti, E. Balaras. // – 2002