

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

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

(повна назва інституту/факультету)

КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК: 003.26;

004.056.55

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КЕОА


(підпис)

О.М.Лисенко
(ініціали, прізвище)

“20” грудня 2022 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 172 – Телекомунікації та радіотехніка

(код і назва спеціальності)

на тему: Метод і система вимірювання швидкості польоту кулі

Виконав: студент 2 курсу, групи ДК-11мп

(шифргрупи)

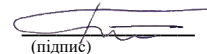
Волинко Назар Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

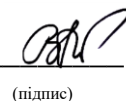
Науковий керівник к.т.н., доц. Корнєв В.П.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

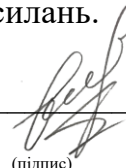
Рецензент професор кафедри АМЕС, к.т.н., професор Пілінський В.В

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

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

Студент


(підпис)

Київ – 2022 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет _____ електроніки _____
(повна назва)


Кафедра _____ конструювання електронно-обчислювальної апаратури _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною

програмою Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем

Спеціальність (спеціалізація) 172 – Телекомунікації та радіотехніка _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

 _____ Лисенко О.М. _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

«22» квітня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію
студенту Волинку Назару Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Метод і система вимірювання швидкості польоту кулі
науковий керівник дисертації Корнєв Володимир Павлович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від « 08 » листопада 2022р. № 4092-с
2. Строк подання студентом дисертації 20.12.2022р.
3. Об'єкт дослідження метод і система вимірювання швидкості польоту кулі
4. Предмет дослідження спосіб надійного та універсального детектування прольоту кулі та засоби реалізації системи вимірювання швидкості польоту кулі
5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Аналіз наявних методів детектування та систем вимірювання швидкості польоту кулі 2. Проблеми надійного та універсального методу детектування прольоту кулі 3. Розробка системи вимірювання швидкості польоту кулі 4. Розроблення стартап-проекту
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Презентація у форматі PowerPoint
7. Орієнтовний перелік публікацій 3

8. Консультанти розділів дисертації

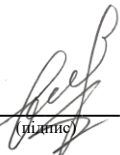
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 22 квітня 2022р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз наявних методів детектування та систем вимірювання швидкості польоту кулі	05.09.22—10.10.22	Виконано
2	Огляд проблем надійного та універсального методу детектування польоту кулі	11.10.22—20.10.22	Виконано
3	Розробка системи вимірювання швидкості польоту кулі	21.10.22—25.11.22	Виконано
5	Розробка стартап-проекту	26.11.22—02.12.22	Виконано
6	Оформлення дисертації	03.11.22—13.12.22	Виконано

Студент




 (підпис)

Волинко Н.А.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації



 (підпис)

Корнєв В.П.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з сторінок 81, в яких міститься 22 рисунки, 29 таблиці, використано 20 джерела.

Актуальність. В наш час актуальність електронних пристроїв для військових потреб, які підвищують ефективність застосування зброї та заощаджують час її підготовки перед бойовим використанням, стрімко зростає. Вимірювання швидкості польоту кулі є важливою складовою підготовки зброї перед використанням в бойових умовах. Стан зброї і стабільні балістичні параметри її набоїв мають не менше значення і у період початкової стрілецької підготовки бійців, як одне з важливих умов здобуття правильних навичок стрільби. Ситуація тут ускладнюється тим, що на різних етапах підготовки і при відпрацюванні різних тренувальних завдань зазвичай застосовуються різні види зброї, набої яких значно розрізняються своїми властивостями. Параметр швидкості польоту кулі є дуже важливим для снайперської (високоточної) зброї, тренувальної (страйкбольної) зброї, при тестуванні нових видів боєприпасів. В результаті патентного пошуку і аналізу характеристик існуючих аналогів, виявлено методи високоточних вимірювань швидкості польоту кулі, які однак за умовами їх реалізації придатні здебільшого для лабораторних досліджень, або ж методи, які можливо використовувати тільки для одного виду зброї. Відповідно зроблено висновок, що на даний час нема універсальної, мобільної та доступної за ціною системи вимірювання швидкості польоту кулі. Враховуючи те, що не завжди є доступ до лабораторних дослідів і можливість забезпечення тренувальних центрів високовартісними приладами заміру швидкості польоту кулі, потреба в яких, залишаючись високою, постійно зростає, можна зробити висновок про актуальність і необхідність проведення нових досліджень та створення універсальної системи вимірювання швидкості польоту кулі, придатної для застосування в складних польових умовах і при тренуванні військових.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження проводилося відповідно до тематики наукових досліджень кафедри

КЕОА ФЕЛ та пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки України «Інформаційні та комунікаційні технології».

Метою роботи є розробка універсальної системи вимірювання швидкості польоту кулі.

Для досягнення мети, в роботі вирішувались наступні **задачі**:

- проведено аналіз наявних методів детектування польоту кулі;
- розглянуто проблеми надійного детектування польоту кулі та оптимальні алгоритми програмного забезпечення для розрахунку швидкості польоту кулі;
- розроблено універсальну систему вимірювання швидкості польоту кулі;
- виконано проектування та розробка стартап-проекту на основі матеріалів дисертаційної роботи.

Об'єктом дослідження є система вимірювання швидкості польоту кулі .

Предметом дослідження є методи детектування польоту кулі та засоби реалізації системи вимірювання швидкості польоту кулі.

Методи дослідження. При розв'язанні поставлених у роботі задач для вирішення проблеми універсальної та надійної системи детектування польоту кулі використано метод аналітичних розрахунків параметрів елементів і вузлів системи у поєднанні з методами моделювання та експериментальної перевірки прийнятих рішень на розробленому діючому макеті пристрою.

Наукова новизна отриманих результатів, полягає в наступному:

Запропоновано універсальний оптоелектронний метод детектування польоту кулі, який відрізняється від існуючих можливістю його застосування при вимірюванні і аналізі балістичних характеристик різних типів набоїв як вогнепальної так і тренувальної (страйкбольної) зброї.

Практичне значення розроблено універсальну систему вимірювання швидкості польоту кулі, яка за схемотехнічними і конструктивними характеристиками придатна для застосування у польових умовах при тренуванні

військових. Результати дисертаційної роботи на тему «Метод і система вимірювання швидкості польоту кулі» використані при викладанні дисципліни "Мікропроцесорні технології і компоненти радіоелектронної апаратури" для бакалаврів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" (викладач доцент Корнєв В.П.), що підтверджується відповідним актом (див. Додаток А).

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень апробовано на XIV Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування» (18-19 травня 2021 року) та на IV Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в ХХІ столітті» (25-26 травня 2021 року).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 3 друкованих праці в збірнику матеріалів конференції (див. Додаток Б, В та Г відповідно):

Волинко Н.А., Корнєв В.П., Метод і пристрій для вимірювання початкової швидкості польоту кулі // Збірник наукових праць за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022» 18-19 листопада 2022 . – Хмельницький, Україна, 2022. – Т.2, с. 75-80.

Волинко Н.А., Антонюк О.І., Пристрій для вимірювання швидкості польоту кулі // Збірник наукових праць за матеріалами XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування» 18-19 травня 2021 року – Київ, Україна, 2022. – Т.2, с. 93-96.

Волинко Н.А., Антонюк О.І., Оптикоелектронний метод детектування прольоту кулі для використання в пристроях вимірювання фізичних параметрів зброї // Збірник наукових праць за матеріалами IV Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в ХХІ столітті», 25-26 травня 2021 року – Київ, Україна, 2021. – Т.2, с. 24-25.

Ключові слова: Метод детектування, Куля, Швидкість, Оптикоелектронний датчик, ІЧ світлодіод, Фототранзистор

ABSTRACT

The master's dissertation consists of 81 pages, which contain 22 figures, 29 tables, 20 sources.

The relevance. Nowadays, the relevance of electronic devices for military needs, which increase the effectiveness of the use of weapons and save the time of their preparation before combat use, is growing rapidly. Measuring the bullet's flight speed is an important component of weapon preparation before use in combat conditions. The condition of the weapon and the stable ballistic parameters of its bullets are of no less importance during the initial shooting training of soldiers, as one of the important conditions for acquiring correct shooting skills. The situation here is complicated by the fact that different types of weapons are usually used at different stages of training and when working out different training tasks, the cartridges of which differ significantly in their properties. The parameter of bullet flight speed is very important for sniper (high-precision) weapons, training (airsoft) weapons, when testing new types of ammunition. As a result of a patent search and analysis of the characteristics of existing analogues, methods of high-precision measurement of bullet flight speed were found, which, however, according to the conditions of their implementation, are mostly suitable for laboratory research, or methods that can be used only for one type of weapon. Accordingly, it was concluded that at present there is no universal, mobile and affordable system for measuring the speed of a bullet. Taking into account the fact that there is not always access to laboratory experiments and the possibility of providing training centers with high-value devices for measuring the speed of the ball, the need for which, while remaining high, is constantly growing, we can conclude that it is relevant and necessary to conduct new research and create a universal system for measuring the speed of flight a bullet suitable for use in difficult field conditions and during military training.

Connection of work with scientific programs, plans, topics. The dissertation research was carried out in accordance with the subject of scientific research of the Department of KEOA FEL and the priority direction of the development of science and technology of Ukraine "Information and communication technologies".

The purpose of the work is to develop a universal system for measuring the speed of a bullet.

To achieve the goal, the following tasks were solved in the work:

- an analysis of available methods of detecting the flight of a bullet was carried out;
- problems of reliable detection of bullet flight and optimal software algorithms for calculating bullet flight speed are considered;
- developed a universal system for measuring the speed of the bullet;
- the design and development of a startup project based on the materials of the dissertation was completed.

The object of the research is a system for measuring the speed of the bullet.

The subject of the research is methods of detecting the flight of a bullet and means of implementing a system for measuring the speed of a bullet.

Research methods. When solving the tasks set in the work to solve the problem of a universal and reliable ball flight detection system, the method of analytical calculations of the parameters of the elements and nodes of the system was used in combination with the method of experimental verification of the decisions made on the developed working model of the device.

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

A universal optoelectronic method for detecting the flight of a bullet is proposed, which differs from the existing ones in the possibility of its application in measuring and analyzing the ballistic characteristics of various types of bullets, both firearms and training (airsoft) weapons.

Practical significance: a universal system for measuring the speed of a bullet has been developed, which is suitable for use in the field during military training based on its schematic and design characteristics. The results of the dissertation work on the topic "Method and system of measuring the speed of the bullet flight" were used in the teaching of the discipline "Microprocessor technologies and components of radio electronic equipment" for bachelors of the specialty 172 "Telecommunications and radio engineering" (teacher, associate professor V.P. Kornev), which is confirmed by the relevant act (see Appendix A).

Approbation of the results of the dissertation. Results of dissertation studies approved at the XIV Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists "Looking into the Future of Instrumentation" (May 18-19, 2021) and at the IV All-Ukrainian Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduate Students "Radio Electronics in the XXI Century" (May 25-26, 2021 year).

Publications. Based on the materials of the dissertation, 3 printed works were published in to the collection of conference materials (see Appendix B, C and D):

Volynko N.A., Kornev V.P., Method and device for measuring the initial speed of the bullet // Collection of scientific papers based on the materials of the XIV All-Ukrainian scientific and practical conference "Actual problems of computer science APKN-2022" November 18-19, 2022 . – Khmelnytskyi, Ukraine, 2022. – Volume 2, p. 75-80.

N.A. Volynko, O.I. Antonyuk, A device for measuring the speed of a bullet // Collection of scientific works based on the materials of the XIV Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists "Looking into the Future of Instrumentation" May 18-19, 2021 - Kyiv , Ukraine, 2022. - Volume 2, p. 93-96.

Volynko N.A., Antonyuk O.I., Optoelectronic method of detecting the flight of a bullet for use in devices for measuring the physical parameters of weapons // Collection of scientific works based on the materials of the IV All-Ukrainian scientific and technical conference of students and postgraduates "Radioelectronics in the XXI century" May 25-26, 2021 - Kyiv, Ukraine, 2021. - Volume 2, p. 24-25.

Keywords: Detection method, Bullet, Speed, Optoelectronic sensor, IR LED, Phototransistor

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАЯВНИХ МЕТОДІВ ДЕТЕКТУВАННЯ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ	10
1.1 Аналіз існуючих пристроїв вимірювання швидкості польоту кулі.....	10
1.2 Аналіз відомих методів детектування прольоту кулі на основі патентного пошуку	14
1.3 Аналіз обраного методу детектування прольоту кулі.....	17
1.4 Обґрунтування новизни та покращень запропонованої системи вимірювання швидкості польоту кулі	19
Висновок до розділу 1	20
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ	21
2.1 Розробка датчика зі збільшеною площиною детектування прольоту кулі	21
2.2 Розрахунок розмірів датчиків детектування згідно відомих інтервалів вимірювання швидкостей та необхідних критеріїв точності.....	24
2.3 Вибір форми вікна детектування та розміщення оптичних та світлових елементів	28
2.4 Розрахунок розмірів вікна детектування згідно обраних параметрів фототранзисторів та світлодіодів.....	31
2.5 Аналіз та симуляція електронної частини схеми детектування прольоту кулі.	36
Висновки до розділу 2.....	38

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА БЛОКУ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ.....	39
3.1 Вибір способу визначення тривалості часу прольоту кулі.....	39
3.2 Врахування обмежень на зафіксований час прольоту для усунення хибних спрацювань.....	41
3.3 Рекомендації та перспективи в розробці.....	44
Висновки до розділу 3.....	46
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	47
4.1. Опис ідеї проекту	47
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	50
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	50
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	57
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	60
Висновки до розділу 4.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТОК А.....	68
ДОДАТОК Б.....	69
ДОДАТОК В.....	72
ДОДАТОК Г	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ІЧ – інфрачервоний

ОП – операційний підсилювач

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

МК – мікроконтролер

SWOT - Strength & Weak & Opportunities & Troubles

ВСТУП

Актуальність. Успішні військові дії бійця, а часто і його життя, залежать від багатьох факторів, серед яких значну вагу мають рівень стрілецької підготовки бійця і якість його зброї (відповідність її характеристик нормативним вимогам). Особливе значення стан зброї має у період початкової стрілецької підготовки бійців, як одне з важливих умов здобуття правильних навичок стрільби. Але ж і при бойовому використанні зброї, наприклад, при її підготовці перед бойовим завданням, снайперу дуже важливо бути впевненим у стабільності характеристик зброї і набоїв. Для підтримки нормативних характеристик стрілецька зброя повинна проходити періодичну перевірку за певним переліком параметрів, серед яких важливими вважаються кінематичні параметри, а саме швидкість і кінетична енергія польоту кулі, та швидкострільність зброї.

Прилади, призначені для вимірювання саме цих параметрів носять назву – хронографи [1]. Існують декілька видів хронографів, принципи дії яких засновані на різних методах детектування польоту кулі і способах вимірювання швидкості її руху, що захищені відповідними патентами [2 - 4]. Аналіз зразків пристроїв показує, що за їх принципом дії і вимогами до умов проведення вимірювань одні, такі що основані на лазерному методі [3], будучи високоточними орієнтовані здебільшого на лабораторні умови застосування, а інші, що засновані на індукційному методі детектування кулі [2], здатні вимірювати швидкість польоту тільки лише металевих куль вогнепальної зброї і зовсім не придатні для страйкбольної зброї, що стріляє шести міліметровими пластиковими кульками.

Для успішного подолання вищевказаних проблем необхідна система вимірювання швидкості польоту кулі, яка безвідмовно працюватиме в польових умовах, не створюватиме додаткових складнощів при виконанні пострілу і при цьому не потребуватиме точних лабораторних налаштувань перед використанням. Тому проведення досліджень методів вимірювання балістичних властивостей куль різних видів зброї, та створення на основі результатів цих досліджень універсальної системи вимірювання швидкості польоту кулі, придатної для застосування у бойових умовах, є актуальним і доцільним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження проводилися відповідно до тематики наукових досліджень кафедри КЕОА ФЕЛ та пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки України «Інформаційні та комунікаційні технології».

Метою роботи є розробка ефективної, універсальної та доступної системи вимірювання швидкості польоту кулі, шляхом пошуку та аналізу методів детектування прольоту кулі, вибору і реалізації ефективного алгоритму опрацювання даних, отриманих з датчика прольоту кулі.

Для досягнення мети в роботі вирішувались наступні **задачі**:

- проведено аналіз наявних систем вимірювання швидкості польоту кулі та методів детектування прольоту кулі. Обрано оптоелектронний метод детектування прольоту кулі та обґрунтовано його вибір;
- розглянуто проблеми детектування прольоту кулі, які виникають при використанні різних видів датчиків детектування;
- розроблено систему вимірювання швидкості польоту кулі з використанням оптоелектронного методу детектування прольоту кулі;
- виконано проектування та розробка стартап-проекту.

Об'єктом дослідження є система вимірювання швидкості польоту кулі.

Предметом дослідження є методи детектування прольоту кулі та алгоритми обробки інформації з датчиків.

Методи дослідження. При розв'язанні поставлених у роботі задач використано метод аналітичних розрахунків параметрів елементів і вузлів системи у поєднанні з методами моделювання та експериментальної перевірки прийнятих рішень на розробленому діючому макеті пристрою.

Наукова новизна отриманих результатів, полягає в наступному:

- запропоновано доцільність застосування оптоелектронного методу детектування прольоту кулі за рахунок збільшення кількості фотооптичних

елементів фіксування, які об'єднані в єдину систему датчика і утворюють два вікна детектування для фіксації моментів часу польоту кулі крізь них. Відзначено більшу універсальність даного методу, порівняно з існуючими, оскільки не залежить від властивостей матеріалу самої кулі;

- розроблено систему вимірювання швидкості польоту кулі з використанням оптоелектронного методу детектування польоту кулі;

- наведено рекомендації для подальшого розширення функціоналу системи.

Практичне значення отриманих результатів визначається запропонованим методом детектування польоту кулі та алгоритмом обробки інформації, отриманої з датчику детектування. Результати дисертаційної роботи на тему «Метод і система вимірювання швидкості польоту кулі» використані при викладанні дисципліни "Мікропроцесорні технології і компоненти радіоелектронної апаратури" для бакалаврів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" (викладач доцент Корнєв В.П.), що підтверджується відповідним актом (див. Додаток А).

Апробації. Результати дисертаційних досліджень апробовано на XIV Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування» (18-19 травня 2021 року) та на IV Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті» (25-26 травня 2021 року).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 3 друкованих праці в збірнику матеріалів конференції (див. Додаток Б, В та Г):

Волинко Н.А., Корнєв В.П., Метод і пристрій для вимірювання початкової швидкості польоту кулі // Збірник наукових праць за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022» 18-19 листопада 2022 . – Хмельницький, Україна, 2022. – Т.2, с. 75-80.

Волинко Н.А., Антонюк О.І., Пристрій для вимірювання швидкості польоту кулі // Збірник наукових праць за матеріалами XIV Науково-практична конференція

студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування» 18-19 травня 2021 року – Київ, Україна, 2022. – Т.2, с. 93-96.

Волинко Н.А., Антонюк О.І., Оптоелектронний метод детектування прольоту кулі для використання в пристроях вимірювання фізичних параметрів зброї // Збірник наукових праць за матеріалами IV Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті», 25-26 травня 2021 року – Київ, Україна, 2021. – Т.2, с. 24-25.

Ключові слова: Хронограф, Метод детектування, Куля, Швидкість, Оптоелектронний метод, ІЧ світлодіод, Фототранзистор

Структура дисертаційної роботи містить вступ, 4 розділи, загальний висновок, перелік використаної літератури та додатки:

- Додаток А. Акт впровадження матеріалів дисертаційної роботи
- Додаток Б. Матеріали конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022» з тезами доповіді
- Додаток В. Матеріали конференції «Погляд у майбутнє приладобудування» з тезами доповіді
- Додаток Г. Матеріали конференції «Радіоелектроніка в XXI столітті» з тезами доповіді

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАЯВНИХ МЕТОДІВ ДЕТЕКТУВАННЯ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ

Балістичний хронограф — пристрій для вимірювання швидкості польоту кулі [1], який в науковій літературі інколи називають, як пристрій для фіксування швидкості малорозмірних предметів. Він є невід’ємним приладом при тренуваннях з високоточної стрільби, як звичайними спортсменами так і військовими снайперами. Хронографи використовують при підготовці та перевірці високоточної зброї перед бойовим використанням. Застосовується для досліджень при виготовленні нових видів набоїв, порохів, перевірок при введенні в експлуатацію нових видів зброї. Також застосовується при наукових дослідженнях впливу зміни різних фізичних параметрів зброї на швидкість польоту кулі. Є важливим пристроєм при проведенні балістичних експертиз.

Але ж, якщо при умовах стрілецького тирю або дослідницької лабораторії заміряти швидкість за допомогою дорогої апаратури, потребуючої точних налаштувань та чіткого виставлення зброї, не складає труднощів, то для звичайного військового виконати таке у польових умовах, є доволі складною задачею. До того ж вартість існуючих пристроїв доволі висока, що яка на теперішній час є ще й не завжди доступною за можливостями даних приладів та вартістю. Головною складовою частиною даних пристроїв є апаратний блок детектування прольоту кулі. З даного блоку починається вимірювання швидкості польоту кулі і від нього залежить точність вимірювання, надійність детектування кулі, простота використання, доступність бюджетного виготовлення.

Тому варто проаналізувати існуючі пристрої вимірювання швидкості польоту кулі та методи детектування прольоту кулі.

1.1 Аналіз існуючих пристроїв вимірювання швидкості польоту кулі

При пошуку готових аналогів хронографів, стало зрозуміло, що їх можна поділити на декілька основних типів, адже кожен з них має різний напрямок застосування відповідно до виду зброї, різні характеристики, такі як габарити, метод детектування прольоту кулі, джерело живлення, можливість вимірювання

додаткових фізичних параметрів, таких як енергія кулі та швидкострільність. Отже прийнято поділяти їх на наступні типи:

- а) Хронографи для тренувальної зброї (пневматична, страйкбольна);
- б) Хронографи для вогнепальної зброї;
- в) Професійні хронографи.

Перший тип хронографів (для тренувальної зброї), має доволі компактні габарити, живлення відбувається від акумулятора і є доволі доступний для придбання звичайним користувачем пневматичної, в якій застосовують металеві кулі. Один з таких хронографів, які можна віднести до даного типу є ІБХ-741 (для тренувальної пневматичної зброї з металевими кулями), який зображено на рисунку 1.1. В даному пристрої застосовано індукційний метод детектування польоту кулі. Він є доволі компактний. До його функціоналу входить вимірювання швидкості польоту кулі та запам'ятовування останніх 200 пострілів.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд хронографа ІБХ-741

До даної категорії також можна віднести хронограф ІСТ-2, який застосовує оптоелектронну технологію детектування польоту кулі, є в свою чергу компактним і має доволі широкий функціонал. Фактично можна сказати, що в ньому поєднано всі необхідні функції, які можуть знадобитися звичайному повсякденному користувачеві не тільки для налаштувань своєї зброї, а й навіть проведення певних досліджень. Даний хронограф зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд хронографа ІСТ-2

Якщо порівнювати переваги та недоліки двох вище приведених хронографів, то можна сказати, що перший є доволі доступний за ціною, але з надто малим функціоналом, до того ж він може детектувати тільки кулі з феромагнітними властивостями. Другий представлений хронограф має широкий функціонал, але великі габарити і має в тричі більшу ціну від попереднього.

До другого типу можна віднести великі рамочні хронографи з можливістю вимірювань швидкості кулі вогнепальної зброї. До такого типу можна віднести хронограф ProChrono. Хронограф ProChrono зображено на рисунку 1.3. В даному хронографі застосовано оптоелектронну технологію детектування із застосуванням навколишнього освітлення. Тобто при недостатньому освітленні, наприклад у хмарний день або в темному приміщенні даний пристрій не буде працювати. Цей фактор можна віднести до негативних сторін даного пристрою. Живлення у даного пристрою зовнішнє. Але в даного хронографа доволі широкий функціонал можливостей додаткових параметрів вимірювань, а саме швидкострільність, енергія і т.д.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд хронографа ProChrono [5]

Також варто відмітити, що ProChrono має можливість надсилати дані про здійснені вимірювання по Bluetooth. Ціна у даного пристрою є в три рази більша порівняно з ICT-2.

До останнього пункту варто віднести професійні хронографи, які мають дуже високу точність, компактні розміри і весь необхідний функціонал вимірювань для різноманітних досліджень. До даного типу хронографів можна віднести радіолокаційний хронограф LabRadar, який зображено на рисунку 1.4. В хронографі LabRadar застосовано радіолокаційну систему детектування прольоту кулі. Даний пристрій працює за будь-яких кліматичних умов, має високу точність, в ньому реалізовано обмін даними про вимірювання з комп'ютером, але в даного приладу нема жодних вимірювань навколишніх кліматичних чинників. Ціна даного приладу є в три рази більша від ProChrono і сягає майже 1000 доларів.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд хронографа ProChrono

Знайшовши і проаналізувавши існуючі типи пристроїв вимірювання швидкості польоту кулі, можна сказати, що виникає необхідність створення універсальної системи, яку можна буде використовувати з різними типами зброї, вона матиме можливість під'єднати датчики різних типів, виконуватиме точні розрахунки починаючи від простого розрахування швидкості польоту кулі закінчуючи балістичними поправками. Останні зазвичай самостійно визначають снайпери при стрільбі на дальні дистанції з врахуванням початкової швидкості польоту кулі, кліматичних чинників та фізичних і конструктивних параметрів зброї (довжина ствола, кількість нарізів, твіст ствола - крок закручення нарізів і т.п.), а також особливостей прицільних засобів.

1.2 Аналіз відомих методів детектування прольоту кулі на основі патентного пошуку

Основним блоком системи вимірювання швидкості польоту кулі є блок детектування прольоту кулі. Щоб розрахувати швидкість, необхідно два параметри — певна фіксована відстань та час, за яку куля подолає дану відстань. Тому необхідно розташувати датчики детектування прольоту кулі, фіксувати моменти часу, коли куля пролітає крізь них та визначати фактичний час, за який куля пролетіла між датчиками. Якщо куля не буде детектована, то всі подальші дії та вимірювання не мають сенсу. При цьому куля повинна бути надійно детектована обома датчиками. Якщо буде детектовано тільки одним датчиком, то не буде можливості вирахувати час прольоту. Також використання даного датчику не повинно кожного разу потребувати його точних налаштувань. При використанні системи, що розробляється, стрілець не повинен виконувати зайві маніпуляції, що могло б ускладнити процес тренування для стрільця.

З огляду на сформульовані вимоги здійснено патентний пошук існуючих методів детектування прольоту кулі. В якості основних джерел пошуку взято дані “УкрПатент”, “СШАПатент”, “ОкупантПатент”.

1.2.1. Розглянуто патент **UA200906429**, опублікований в базі ДП «УкрПатент» в 2011 році, з назвою «Спосіб вимірювання швидкості снаряда або подібного об'єкту»

[2]. Власником даного патенту є компанія РАЙНМЕТАЛЛ ЕАР ДЕФЕНС АГ. В патенті представлено метод вимірювання швидкості польоту снаряда або кулі, який полягає в розташуванні датчика детектування польоту кулі на дульмівному гальмі ствола гармати або гвинтівки. Конструкція методу вимірювання і детектування складається з осцилятора, який генерує сигнал, ствол гармати чи гвинтівки використовується в якості хвилеводу, ланкою зв'язку передавального пристрою і мінімум одним або декількома ланками зв'язку приймального пристрою, при цьому їхнє число залежить від необхідної точності вимірювального пристрою (рисунок 1.5).

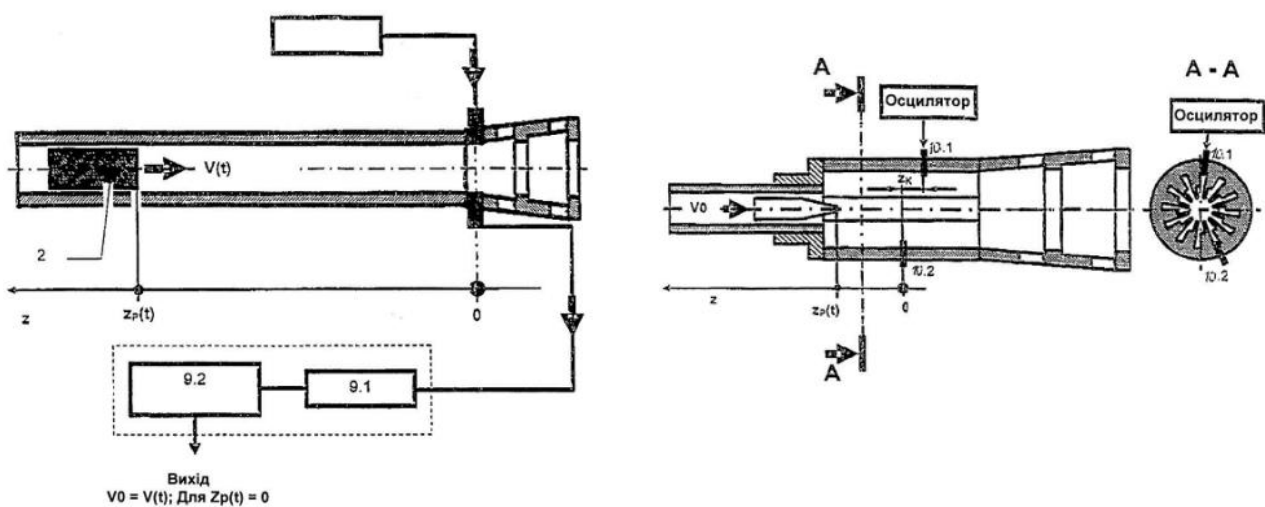


Рисунок 1.5 – Схема пристрою вимірювання швидкості снаряду згідно з використанням хвилеводу

В даній системі ствол використовується в режимі круглого хвилеводу і при цьому вимірюється доплерівська частота снаряда в стволі. При цьому частота сигналу перевищує граничну частоту для даного режиму роботи хвилеводу. Електромагнітна хвиля, що генерується при цьому, поширюється в стволі і відбивається від снаряда. На підставі цього, залежно від поточної швидкості снаряда, має місце зміщення доплерівської частоти. Шляхом аналізу тимчасової характеристики напруженості поля по місцю $z = 0$ можна визначити вхідну швидкість снаряда V_0 .

Головною перевагою даного методу є точність вимірювання, яку можна контролювати за рахунок кількості ланок зв'язку приймального пристрою. Також до

переваг можна віднести надійне детектування кулі в стволі. Але конструкція даної системи є надто складною та дорогою для виробництва. До того ж вона повинна встановлюватись на сам ствол зброї, а це в свою чергу збільшує габарити зброї та обмежує можливість її переміщення. Варто відмітити, що використання даної системи не можливе з тренувальною (страйкбольною) зброєю, адже дана система здатна детектувати лише кулі з феромагнітними властивостями.

1.2.2. Розглянуто патент **RU2766535C1**, опублікований в базі патентів країни окупанта в 2017 році, з назвою «Лазерний волоконно-оптичний вимірювач початкової швидкості снаряду» [3]. Власником даного патенту являється фізична особа. В даному патенті представлено лазерний метод детектування прольоту. Даний метод детектування створений більше для вимірювання швидкості руху предметів в лабораторних умовах.

Лазерний вимірювач швидкості та/або переміщення малорозмірних об'єктів в місцях з обмеженим доступом, що включає одночастотний напівпровідниковий лазер з довжиною хвилі 1064 нм і шириною лінії генерації не більше 3 МГц, оптичний ізолятор, волоконний підсилювач з лазерним діодом накачування, оптичний дільник пластини, з яким з'єднані конектор з кутовим сколом, що виконує функцію дзеркала слабо відбиває, коліматор з діаметром пучка 0,8-1,2 мм і оптичний приймач, вихід якого підключений до входу осцилографа, з'єданого через USB-інтерфейс з комп'ютером.

Перевагами даного методу є універсальність до застосування зброї. Проблемою даної системи є складність конструкції, високі вимоги до точності налаштування системи, перед використанням.

Розглянуто патент **US20080190191A1**, опублікований в базі патентів США в 2008 році, з назвою «Вимірювач швидкості за допомогою магніторезистивних датчиків» [5]. Власником даного патенту являється компанія HONEYWELL INTERNATIONAL INC. В даному патенті представлено спосіб і систему вимірювання швидкості снаряда. Метод і система використовують датчики, які використовують магніторезистивні чутливі елементи для вимірювання швидкості снаряда (рисунок 1.6).

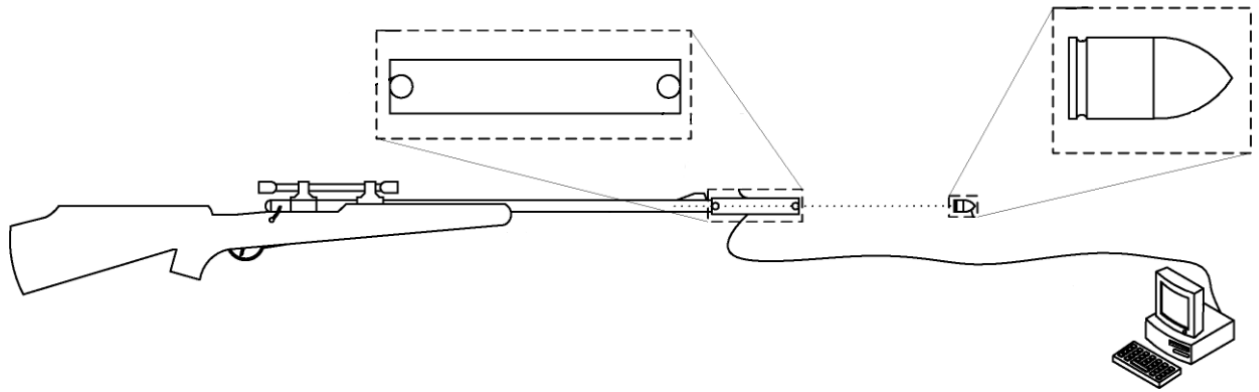


Рисунок 1.6 – Схема системи вимірювання швидкості за допомогою магніторезистивних датчиків

Два магніторезистивні датчики застосовують для вимірювання часу, коли снаряд перетинає шлях вимірювання, пов'язаний з кожним із датчиків. Оскільки в датчиках використано магніторезистивні чутливі елементи, в яких виробляються високоякісні сигнали напруги при прольоті кулі, що дозволяє обчислювати точні вимірювання часу. Відповідно, швидкість снаряда можна визначити за допомогою цих вимірювань часу разом із відомою відстанню між датчиками.

Перевагами даної системи та методу детектування є надійне детектування куль з феромагнітними властивостями, але проблемною стороною є неможливість використання з тренувальною (страйкбольною) зброєю, в якій використовуються пластикові кульки.

1.3 Аналіз обраного методу детектування прольоту кулі

Здійснивши патентний пошук існуючих систем вимірювання швидкості польоту кулі та проаналізувавши методи детектування прольоту кулі застосовані в даних системах, виявлено сильні та слабкі сторони даних методів. Враховуючи поставлені вимоги універсальності створюваної системи, встановлено, що не один з методів для застосування не підходить. При аналізі сучасних пристроїв вимірювання швидкості польоту кулі, звернуто увагу на пристрій ProChrono [5]. На основі поверхневого аналізу виявлено, що для детектування прольоту кулі застосовано оптичні датчики. Конструкція даних датчиків є закритого типу та не містить маркування, тому дізнатися точну схему, принцип та використані деталі в системі детектування не є

можливим. Про те дана оптична система детектування відповідає поставленим вимогам універсальності.

Тому, на основі отриманих даних та аналізу існуючих систем детектування, пропонується використати в розроблюваній системі оптоелектронну систему детектування прольоту кулі, яка складалася б з інфрачервоного випромінювача та фототранзистора [6], в якості приймача випромінювання, який при послідовному включенні з резистором створюватиме подільник напруги, на виході якого можна буде зафіксувати зміну рівня сигналу при зміні рівня освітленості. Даний метод детектування є фактично звичайним датчиком руху, який пристосований для фіксування прольоту кулі [7]. Схемотехнічне представлення даного методу зображено на рисунку 1.7.

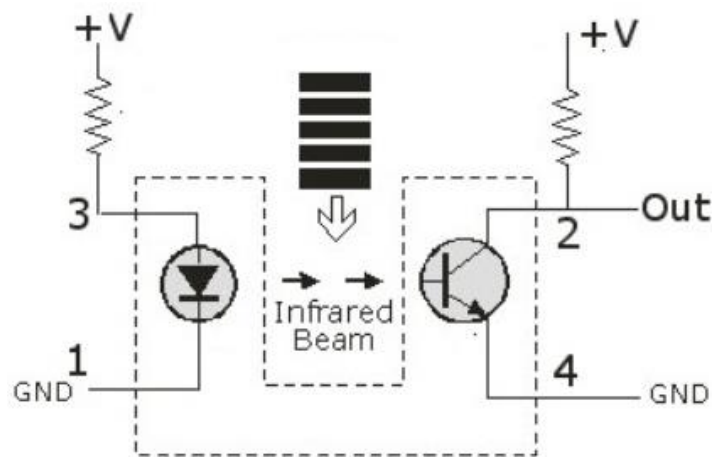


Рисунок 1.7 – Візуальне представлення оптоелектронного методу детектування

Даний метод і вирішено застосовувати при створенні датчика прольоту кулі. Для того, щоб цей датчик можливо було налаштувати перед використанням, то необхідно встановити перед фототранзистором змінний резистор (на рисунку 1.6 зображено постійний резистор) і з виводу який приходить на ніжку фототранзистора буде зніматися сигнал. Перед використанням цього датчика, опір змінного резистора потрібно виставити так, щоб на сигнальному виході була напруга логічного «0». Тобто фототранзистор і змінний резистор будуть працювати як подільник напруги. Коли куля буде пролітати, то вона перекриє інфрачервоний промінь, і опір фототранзистора різко зросте. На сигнальному виводі з'явиться напруга логічної «1».

Таких датчиків повинно бути два, адже необхідно відслідкувати моменти прольоту кулі певної постійної відстані. Щоб фототранзистори були на

максимальній чутливості і не ловили навколишнє освітлення, прийнято рішення помістити їх в закритий корпус.

Отже, визначившись з методом детектування польоту кулі, можна здійснити його аналіз сильних та слабких сторін, визначити напрямок покращень. Сильною стороною даного методу є можливість його використання разом з вогнепальною та тренувальною зброєю (датчики реагують на металеві та пластикові кулі). Датчик, створений за даним методом детектування є модульним, його з легкістю можна буде переміщувати, він не обмежуватиме маніпуляції зі зброєю. Самою головною позитивною стороною є простота конструкції та доступність створення. Якщо говорити про слабкі сторони, то це є мала зона детектування. Адже площа детектування кулі в даному випадку це чуттєва площа роботи фототранзистора. Це в свою чергу ускладнює позиціонування зброї перед пострілом, щоб пролітаюча куля попала в робочу зону першого і другого датчика одночасно. Спираючись на цю проблему, в даній роботі при створенні системи вимірювання швидкості польоту кулі і буде здійснюватися покращення оптоелектронного методу детектування польоту кулі та розрахунок технічних параметрів датчику детектування.

1.4 Обґрунтування новизни та покращень запропонованої системи вимірювання швидкості польоту кулі

Здійснивши пошук доступних аналогів пристрою вимірювання швидкості польоту кулі, виконано аналіз позитивних та негативних сторін вже існуючих пристроїв. В результаті чого можна сказати, що на ринку не існує пристрою, який міг би виконувати весь затребуваний функціонал і при цьому належав би до такого цінового діапазону, що став би доступним для забезпечення якщо не усіх, то принаймні більшості бойових підрозділів.

Тому прийнято рішення спроектувати власну систему вимірювання швидкості кулі, яка повністю відповідала б поставленим задачам. А саме, надавала можливість вимірювати швидкість польоту кулі з заданою точністю, і при цьому була б універсальною, тобто її можна було б застосовувати як для бойової вогнепальної так і для тренувальної зброї [8], і мобільною (виконаною в зручному для переміщення

корпусі з вбудованим джерелом живлення). І саме головне була би доступнішою за ціновим діапазоном, від існуючих аналогів.

В результаті патентного пошуку методів детектування прольоту кулі, прийнято рішення застосувати оптоелектронний метод, як найбільш універсальний відносно його застосуванню до різних видів зброї і при цьому такий, що може мати простішу та дешевшу в реалізації структуру.

Наукова новизна полягає у вдосконаленні і універсалізації методу детектування прольоту кулі та визначення технічних характеристик датчика детектування, за рахунок прийняття певних схемотехнічних і конструктивних рішень. Практична новизна і цінність такого рішення полягає в закладенні основи для створення сучасного, універсального та доступного пристрою для вимірювання швидкості польоту кулі.

До напрямків покращення, які будуть розглянуті в роботі, можна віднести збільшення площі детектування датчика, визначення його інших технічних параметрів шляхом розрахунків, проведених відштовхуючись від необхідної точності вимірювання, а також визначення оптимального алгоритму фіксації часу прольоту кулі між датчиками, закладеного у програмне забезпечення пристрою.

Висновок до розділу 1

В даному розділі здійснено аналіз існуючих пристроїв вимірювання швидкості кулі, в результаті чого підтверджено актуальність розробки пристрою. Також проаналізовано позитивні та негативні сторони методів детектування прольоту кулі існуючих патентів.

Прийнято застосовувати в проєктованому пристрої більш універсальний оптоелектронний метод детектування. Наведено аргументовані факти необхідності створення системи вимірювання швидкості польоту кулі, які б сприяли збільшенню точності вимірювання і розширенню існуючого функціоналу пристрою, порівняно з аналогами, утримуючи його в схожій ціновій категорії.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ

2.1 Розробка датчика зі збільшеною площиною детектування прольоту кулі

Запропонований та описаний у попередньому розділі метод детектування прольоту кулі має вагомі переваги, порівнюючи його з іншими методами детектування, такими як індукційний та лазерний. Але з використанням лише одного фототранзистора в датчику він має вагомий недолік — площа детектування є доволі маленька і обмежується кутом роботи фототранзистора. Тому при практичному застосуванні доведеться при кожному пострілі намагатися влучити кулею в дану площу роботи фототранзистора, а це в свою чергу завдаватиме певних незручностей користувачу. Спираючись на дану особливість роботи даного метода детектування, виникає потреба в його модернізації для усунення даної незручності при користуванні, адже згідно вимог у технічному завданні необхідно створити зручний пристрій для користування.

Рішенням даної проблеми слугуватиме застосування відразу декількох, з'єднаних послідовно, фототранзисторів, які в свою чергу будуть розташовані в одній площині, і створюватимуть єдину площу детектування, влучити у яку кулею, не складатиме проблем для користувача. Візуальне розташування такої площини зображено на рисунку 2.1.

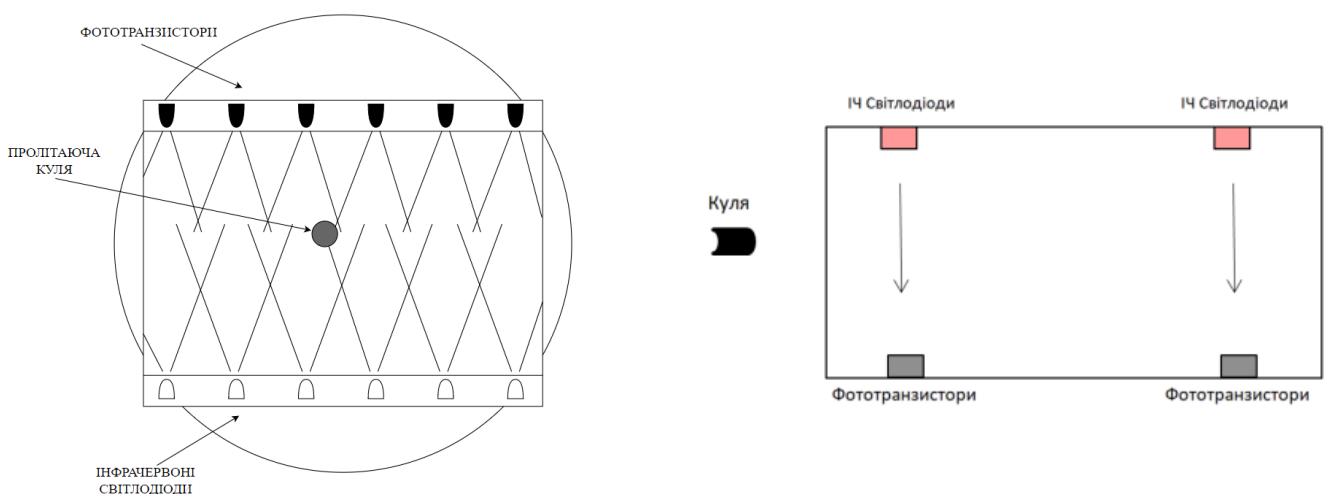


Рисунок 2.1 – Принцип роботи модернізованого методу детектування

На даному рисунку зображено розташування 6 фототранзисторів в єдину систему, які разом із інфрачервоними світлодіодами, розташованими перпендикулярно до фототранзисторів, створюють площину детектування. Куля на даному рисунку зображена таким чином, що її напрямок руху напрямлений від нас. Спираючись на це, можна стверджувати, що тепер можливо створити площу детектування будь яких розмірів і це дасть змогу при кожному пострілі кулі пересікати площу детектування, незалежно від положення зброї та її користувача.

Але при такому компонуванні фототранзисторів, застосувати звичайний подільник напруги, який при прольоті кулі даватиме перехід сигналу з логічного «0» в логічну «1», неможливо. З використанням такого компонування, зміна сигналу буде набагато менша, ніж рівень між логічними рівнями. Тому необхідно спроектувати схему [9] включення фототранзисторів, при якій ми досягнемо необхідного переходу логічного сигналу.

Для цього прийнято застосувати операційний підсилювач, який буде використовуватися, як компаратор, схему включення якого зображено на рисунку 2.2.

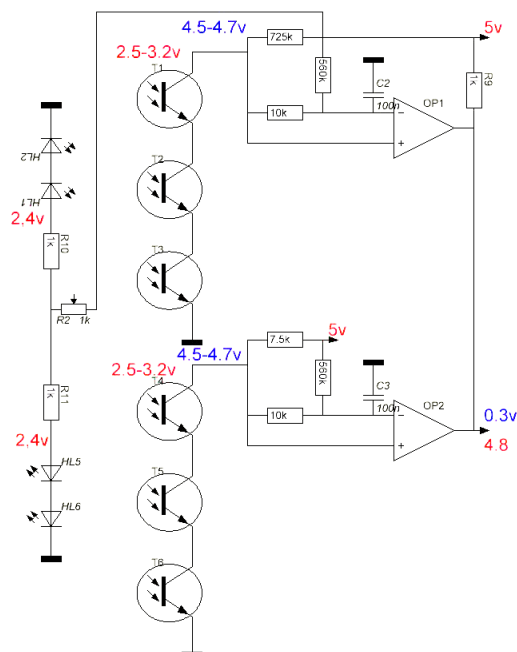


Рисунок 2.2 – Схема детектування з використанням масиву фототранзисторів та компаратора

З даної схеми можемо бачити, що при звичайному режимі, коли куля не пролітає і всі фототранзистори є засвіченими, в нас на виході подільника напруги, утвореного резистором на 7,5 кОм та масивом фототранзисторів, створюється напруга рівна в межах від 2,5 В до 3,2 В. Цей рівень напруги буде також на неінвертованому виході операційного підсилювача(ОП). Конденсатор на інвертованому виході компаратора заряджений до напруги трішки більшої ніж рівень на іншому виході ОП, адже він крім підключення до утвореного подільника напруги, ще має з'єднання з живленням через резистор 560 кОм. Звідси виходить, що на виході операційного підсилювача будемо мати напругу рівну напрузі на мінусовому вході його живлення, в нашому випадку близьку до нуля, яка відповідає рівню логічного нуля. При прольоті кулі, рівень напруги на подільнику зросте приблизно до 4,2 В – 4,8 В. Цей рівень напруги відразу встановиться на неінвертованому виході ОП, а на інвертованому напруга почне плавно підніматися, адже конденсатор почне заряджатися. В цей момент рівень напруги на неінвертованому виході ОП буде більший, ніж на інвертованому, а тому на виході матимемо напругу, рівній напрузі живлення на позитивному вході живлення, яка буде відповідати рівню логічної одиниці. Після того, як куля подолає площину детектування, в нас стан нашого компаратора повернеться до звичайного, адже конденсатор розрядиться і всі рівні повернуться в початковий стан, на виході буде логічний нуль.

Також хотілось би відмітити, що для рівнів зміни сигналу застосовується напруга 5 В. Вибір напруги саме 5 В в даній схемі, а не напруги живлення МК 3,3 В, пояснюється тим, що при такому компонуванні ми маємо більш широкую полосу, для відслідковування зміни напруги, при цьому фототранзистори працюють на більшій чутливості. А в мікроконтролері є так звані толерантні виходи, які мають змогу працювати з напругою, більшою від напруги живлення.

Отже, проаналізувавши створену модернізовану схему детектування прольоту кулі та її принцип роботи, можемо стверджувати, що реалізувавши метод детектування згідно запропонованої модернізованої схеми, буде забезпечено

максимально велику площу для детектування, а тому користувачу буде зручно виконувати постріли і при цьому датчик буде виконувати детектування.

2.2 Розрахунок розмірів датчиків детектування згідно відомих інтервалів вимірювання швидкостей та необхідних критеріїв точності

Визначившись з будовою датчика детектування прольоту кулі, необхідно точно розрахувати відстань розташування датчиків. Пам'ятаємо, що для розрахунку швидкості польоту кулі, необхідно фіксована відстань та час, за який куля подолає дану відстань [10]:

$$V = \frac{L}{\Delta t}, \quad (2.1)$$

де L – фіксована відстань прольоту кулі між датчиками, Δt – проміжок часу, за який куля пододала відстань L .

В нашому випадку відстань між першим та другим датчиком детектування і буде фіксованою (рисунок 2.3). Після визначення відстані розташування датчиків, змінним параметром розрахунку швидкості залишиться тільки час, за який пролітатиме куля між датчиками. Саме тривалість цього проміжку часу Δt і вимірюватиме пристрій, після чого за нескладним алгоритмом програма, що підтримує роботу системи, розраховує шукану швидкість V .

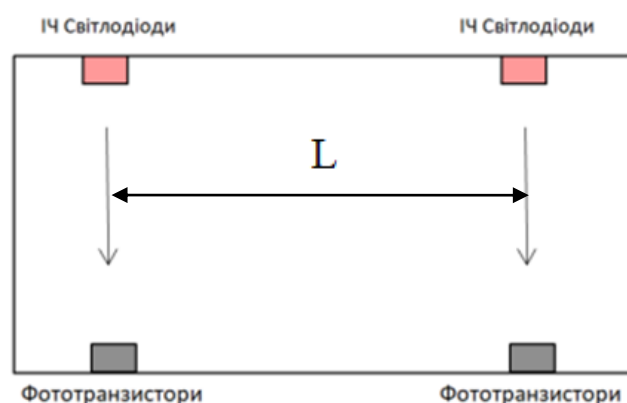


Рисунок 2.3 – Візуальне відображення фіксованої відстані між датчиками

Визначення відстані між датчиками, яке слугуватиме базою при побудові датчику, є важливою складовою розробки системи вимірювання швидкості польоту кулі. Адже взявши надто маленьку відстань, при певній швидкості кулі, проміжок

часу буде надто маленьким, для його фіксування мікроконтролером. Також даний проміжок повинен відповідати заданій точності вимірювання швидкості кулі.

Якщо ми візьмемо надто велику відстань, то це суттєво збільшить габарити нашого пристрою, що в свою чергу обмежить рухомість нашої системи і добавить складнощів при використанні. Звідси виходить, що потрібно взяти максимально маленьку відстань між датчиками, але при цьому достатню для необхідної точності вимірювання. Тому постає необхідність розрахунку відстані між датчиками.

Перед розрахунком даної відстані, потрібно визначитись з максимальною довжиною кулі. Для коректної роботи пристрою, необхідно щоб база між датчиками сягала в декілька раз більшої відстані ніж максимальна довжина кулі. Адже коли в нас починає детектуватись другий датчик, то в даний момент не повинен бути засвічений кулею перший датчик. Хоч цей момент можна врахувати програмно, але ми його врахуємо і при проектуванні датчику. Найбільший калібр гвинтівки та кулемету, який використовується на озброєнні є 12.7мм. В даному калібрі найдовша куля є в набой Б-30 і сягає довжини 64мм [11]. Тому мінімальна довжина бази повинна бути більшою за 64мм.

Для розрахунку даної відстані варто врахувати діапазон максимальних та мінімальних швидкостей, які можуть бути пред'явлені для замірів. Для тренувальної страйкбольної зброї даний діапазон лежить в межах від 40 м/с до 220 м/с. Для вогнепальної зброї максимальний показник швидкості з запасом може сягати 1000 м/с. Для розрахунку візьмемо найбільшу можливу швидкість заміру 1000 м/с, адже якщо на цій швидкості точність вимірювання задовольнятиме поставлені вимоги, то на менших швидкостях можна з упевненістю сказати, що точність буде тільки більшою. Для оцінки точності візьмемо параметр допустимої абсолютної похибки 0,1 м/с при швидкостях 1000 м/с, що відповідає відносної похибці 0,01%. Цієї точності цілком достатньо із запасом, адже навіть виробник високоточних набоїв Hornady в лабораторних умовах не дає інформації показнику швидкості написаної на упаковці більшою одного знаку після коми. Також будь який балістичний калькулятор (пристрій для розрахунку поправок при стрільбі на високі дистанції) не потребує показника швидкості в значеннях більших за десяти, тому можна сказати,

що оцінка точності (похибка) в 0,1 м/с при 1000м/с буде достатньою. Точність для нижчих швидкостей (менше 1000 м/с) відповідно буде більшою (похибка меншою <0,1 м/с). Для отримання значення точності, необхідно ввести показник похибки в формулу розрахунку швидкості:

$$\Delta v_1 = \pm(v - v_{+\Delta}), \quad (2.2)$$

В даній формулі в нас Δv_1 це параметр точності 0,1 м/с. v — це вимірювана швидкість, в межах якої ми поставили показник точності. В нашому випадку це 1000 м/с. Параметр $v_{+\Delta}$ є максимальною величиною, на яку може помилитись алгоритм розрахунку програмного забезпечення. Він розраховується наступним чином:

$$v = \frac{L}{\Delta t \pm 2T}, \quad (2.3)$$

В даній формулі 2.3 L є відстанню між датчиками, Δt є фактичний час, за який пролетіла куля відстань L . В даному випадку він рівний $L/1000$, адже точність ми розраховуємо в околі 1000 м/с. T — це період часу одного такту мікроконтролера, на який може помилитись алгоритм вирахування моменту часу пересікання кулею датчику детектування. Це абсолютна похибка виміру часу прольоту кулі між двома створами площин детектування датчика, при певному режимі роботи таймеру мікроконтролера. Так як в нас два датчики детектування, то похибка може виникнути на кожному з датчиків, і тому ми період часу множимо на 2. Дана похибка пов'язана з тим, що куля може почати пересікати чуттєву зону детектування тоді, коли триває період, а мікроконтролер побачить це тільки по наростаючому або спадаючому фронту (залежить від налаштування).

В сучасних системах розрахунку будь якого типу, застосовують сучасні мікроконтролери. Одним з таких є серія мікроконтролерів Stm32. Візьмемо за стандарт частоти тактування 72 МГц. Дана частота є найвищою максимальною частотою для найпростіших мікроконтролерів серії Stm32, таких як Stm32f103. Якщо брати мікроконтролери вищої серії, то відповідно максимальна тактова частота там більша, тому там точність буде тим паче більшою. Розрахуємо тривалість одного періоду такту:

$$T = \frac{1}{72\,000\,000} \approx 14\text{нс};$$

На даному етапі можемо бачити, що точність вимірювання залежить тільки від відстані між датчиками, і чим більша буде дана відстань, тим більша буде точність вимірювання. Підставимо всі отримані значення і отримаємо наступне рівняння (знак похибки ми не враховуємо):

$$0,1 = 1000 - \frac{L}{\frac{L}{1000} + 2 \cdot 14 \cdot 10^{-9}};$$

Отримуємо рівняння з однією змінною. Розв'яжемо його:

$$0,1 = 1000 - \frac{L}{\frac{L + 2 \cdot 14 \cdot 10^{-6}}{1000}};$$

Зведемо до спільного знаменника:

$$0,1 = \frac{1000 * L + 28 * 10^{-3} - 1000L}{L + 2 * 14 * 10^{-6}};$$

Помножимо знаменник на 0,1 спростивши таким чином рівняння:

$$0,1 * L + 28 * 10^{-7} = 28 * 10^{-3};$$

Отримаємо наступне:

$$0,1 * L = 28 * 10^{-3} - 28 * 10^{-7};$$

Спростуємо:

$$0,1 * L = 0,0279972;$$

Розраховуємо значення L:

$$L = 0,279972 \text{ (м)};$$

Таким чином отримали розраховану відстань між датчиками рівну приблизно 28 см. Якщо будемо збільшувати дану відстань, то точність буде збільшуватись (похибка зменшуватися). Також точність буде збільшуватись, якщо будемо використовувати більшу тактову частоту мікроконтролеру, тобто збільшувати роздільну здатність вимірювача тривалості часу. При замірі менших швидкостей, точність також буде більшою (похибка меншою). Даний параметр розраховано фактично при найгіршому випадку заміру — в найвищому діапазоні і при використанні мікроконтролеру з відносно невеликою тактовою частотою, як для сучасного мікроконтролеру.

Для зручності оцінки змінення даного параметру (спрощення розрахунків) при переході до діапазонів малих швидкостей візьмемо кругле число 30 см.

Для наглядного прикладу розрахуємо абсолютну похибку вимірювання швидкості при використанні тренувальної (страйкбольної) зброї зі швидкістю пострілу 200 м/с:

$$\Delta v_2 = \pm(v - v_{+\Delta}) = \pm\left(200 - \frac{0,28}{0,0014+28*10^{-9}}\right) = \pm(200 - 199,99) = \pm 0,01 \text{ м/с}$$

Як можемо бачити точність дійсно є вищою при замірах швидкостей в нижчому діапазоні в порівнянні з діапазоном в районі 1000 м/с.

2.3 Вибір форми вікна детектування та розміщення оптичних та світлових елементів

В попередньому пункті нами розраховано відстань між датчиками. Тепер потрібно розрахувати технічні характеристики самого датчику детектування. Важливими параметрами для розрахунку є розмір вікна детектування, кількість світлодіодів та фототранзисторів, яку потрібно використати при побудові вікна детектування, крок розташування оптичних та світлових елементів в кожному вікні детектування. Відразу зрозуміло, що обидва вікна детектування матимуть однакові розміри та форму.

Перш ніж розраховувати, потрібно визначитись, яку форму матиме зона детектування та захисний корпус датчика. Варто відмітити, що відстань між датчиками повинна бути закритою від потрапляння стороннього освітлення. Адже при налаштуваннях чутливості в закритому приміщенні в нас один рівень навколишнього освітлення, а на вулиці під сонячним промінням буде зовсім інший рівень освітленості. Також можливе потрапляння стороннього освітлення від інших електронних приладів (ліхтарик, фари автомобіля, освітлення прибору нічного бачення) [13]. Тому простір між датчиками повинен бути закритий від зовнішніх джерел освітлення. Найпростіше для виконання даного критерію зробити єдиний закритий корпус для обох датчиків.

Згідно запропонованої схеми оптоелектронного методу детектування прольоту кулі, в кожному датчику повинно бути розміщено масив інфрачервоних світлодіодів

та фототранзисторів, таким чином щоб при звичайному режимі в нас всі фототранзистори були рівномірно засвічені, а при прольоті кулі створювалась зона перекриття світла від світлодіода. Саме на цей перепад освітленості і повинен зреагувати компаратор в електричній схемі, принцип роботи якого описано в попередніх пунктах.

Серед можливих варіантів може бути використано варіант у вигляді прямокутного вікна з лінійним розташуванням оптичних і світлових елементів, варіанти у вигляді труби з лінійним або дуговим розташуванням елементів. Запропоновані варіанти зображено на рисунку 2.4.

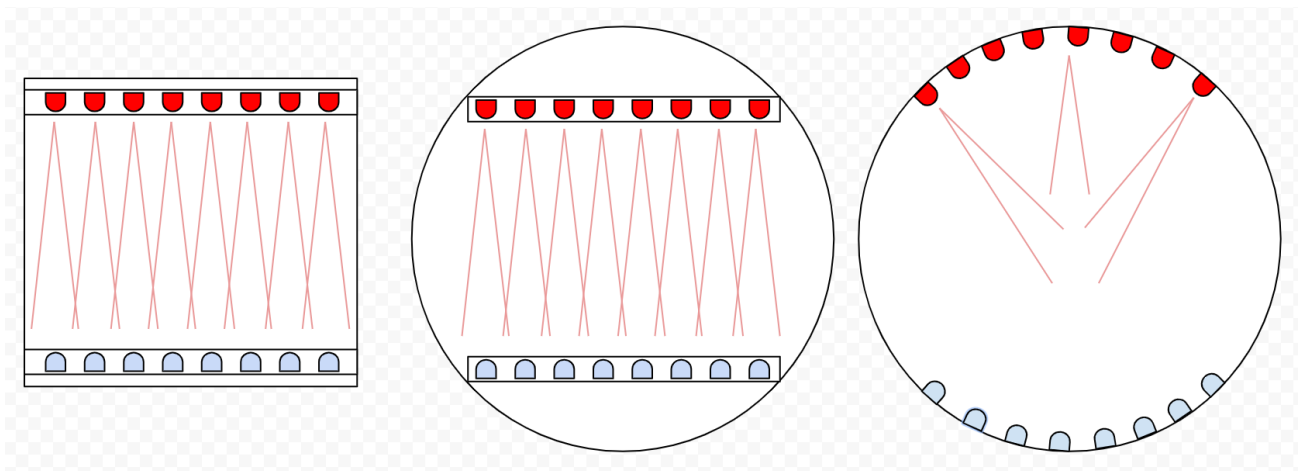


Рисунок 2.4 – Запропоновані варіанти форми вікна детектування

Кожне з вище представлених компонувань має свої переваги та слабкі сторони. Варіант з корпусом у вигляді кола, яке на практиці являє собою трубу, і закріпленими оптичними та світловими елементами по контуру має нерівномірну площу освітлення. В даному випадку ми маємо зону по центру, в яку потрапляє найбільша кількість світла від інфрачервоних світлодіодів, а в зоні ближче до крайніх фототранзисторів ми маємо суттєво менший рівень освітлення. При не рівномірному освітленню в нас всі фототранзистори мають працювати на різній чутливості, але з електричної схеми пам'ятаємо, що частина фототранзисторів об'єднані в блоки, а тому налаштувати чутливість кожного окремо не має можливості. При цьому підключення кожного світлодіода окремо і нерівномірне налаштування яскравості окремо кожного світлодіода не дасть позитивного результату. Матимемо все рівно не рівномірні зони освітлення. Даний метод розташування є ефективним для

використання невеликої кількості фототранзисторів та світлодіодів. Краще за все коли використовується лише один оптичний елемент і використано невеликий діаметр труби. Дане компонування можна застосувати для датчика тренувальної страйкбольної зброї. В такому випадку можливо навіть створити при необхідності інтегрований датчик з стволом, який з легкістю можна було приєднати та від'єднати від ствола страйкбольної зброї. Але в поставленому завданні вказано, що датчик повинен бути універсальним, тому дане компонування не підходить для поставлених задач.

В обох наступних варіантах компонування ми маємо лінійне розташування оптичних та світлових елементів. При використанні такого розташування фототранзисторів і світлодіодів та з'єднанні їх згідно запропонованої електричної схеми оптоелектронного методу детектування, матимемо рівномірні зони освітлення на всій площині детектування, що дасть можливість з легкістю налаштувати кожен з датчиків під необхідну чутливість. Єдиною відмінністю в двох варіантах компонування, які залишились, є форма корпусу — прямокутна та трубоподібна. Перевагою трубоподібної форми корпусу є додаткова пустота по бокам вікна детектування, яка може слугувати як додаткове місце для розсіювання порохових газів після пострілу. Таким чином ми зменшуємо можливість засвічення датчику газами, адже є додатковий простір для їх розсіювання. Але головним недоліком конструкції з трубоподібним корпусом є складність виробництва. Адже лінійно розмістити фототранзистори та світлодіоди в трубі, і при цьому їх відносно точну виставити один навпроти одного, є складною задачею. А ускладнюючи процес виробництва ми його автоматично робимо дорожчим. В прямокутному корпусі виконати процедуру розміщення елементів схеми набагато простіше. Проте в прямокутному корпусі датчику порохові гази після пострілу рухатимуться прямо по зоні детектування та не будуть розсіюватись, як у трубоподібному корпусі. Для боротьби з газами в прямокутному корпусі можна запропонувати зробити вентиляційні отвори по бокам корпусу. Це даватиме можливість кращому розсіюванню та розповсюдженню порохових. При цьому прямокутний корпус буде набагато компактніший та зручніший для використання. Адже в трубоподібному

корпусі потрібно було б ще проектувати ніжки, щоб датчик можна було розташувати на землі, а прямокутний корпус можна поставити та розмістити на землі без спеціально спроектованих ніжок. Це також робить датчик дешевшим при виготовленні. В результаті аналізу всіх вище запропонованих варіантів компоновання, суттєві переваги має прямокутний корпус з лінійним розташуванням оптичних та світлових елементів.

2.4 Розрахунок розмірів вікна детектування згідно обраних параметрів фототранзисторів та світлодіодів

Визначившись зі схемою розташування елементів в датчику, необхідно розрахувати розміри вікна детектування та крок розташування елементів схеми датчика детектування. Всі необхідні параметри для розрахунку позначено на рисунку 2.5. На даному рисунку ширину вікна детектування позначено літерою A , висоту позначено літерою B , відстань між світлодіодами позначено літерою c , відстань між фототранзистрами позначено літерою d .

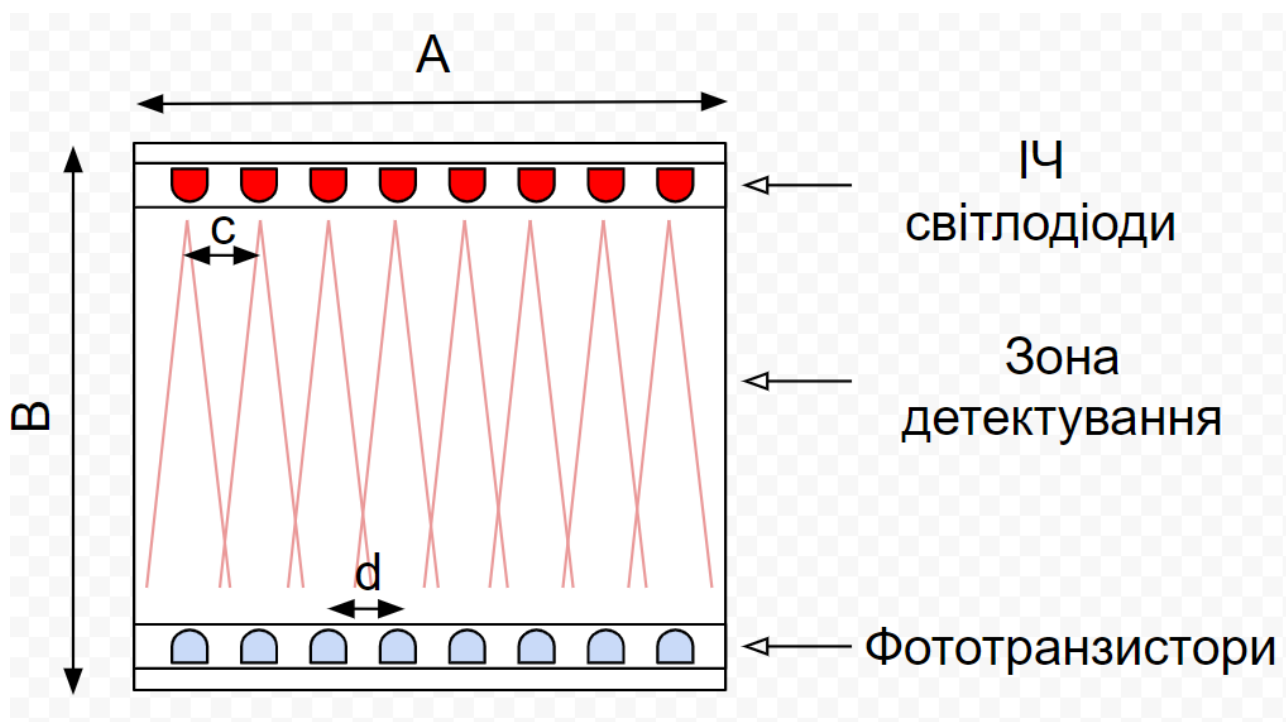


Рисунок 2.5 – Візуальне представлення необхідних параметрів для розрахунку у вікні датчика детектування

Від вказаних параметрів для розрахунку сильно залежить комфортність використання даного пристрою. Адже чим простіше для стрільця буде виставити

ствол гвинтівки на одній осі з робочою зоною детектування, тим швидше він впорається з заміром швидкості і перейде до тренування. На основі цього можна зробити висновок, що чим більше буде вікно детектування, то буде простіший процес підготовки пристрою та гвинтівки до сумісного використання. Але при цьому розміри датчика не повинні виходити за технічні межі роботи фототранзисторів. Також від розмірів залежить кількість використаних світлодіодів, а це в свою чергу впливає на загальний споживчий струм пристрою. Також велика зона детектування слугуватиме додатковим простором розсіювання порохових газів.

Головним критерієм для визначення потрапляння ствола гвинтівки в робочу зону детектування є візуальний запас вільного простору по бокам ствола або саундмодератора (в народному лексиконі часто називають глушником) відносно країв вікна детектування. Для визначення при цьому стрілець має слідкувати, щоб корпус датчика детектування і ствол гвинтівки були приблизно паралельними. Всі високоточні гвинтівки мають велику вагу, тому для нерухомого закріплення використовують найчастіше сошки — підставка для зброї у вигляді рогатки, що кріпиться на ложе гвинтівки. Якщо дані два критерія будуть дотримані, то детектування кулі пройде коректно. Відштовхуючись від правил виведення ствола гвинтівки в робочу зону датчика, можна зробити висновок, що ширина робочого вікна детектування повинна бути більшою від максимального діаметра саундмодератора, який може застосовуватись на гвинтівці. При цьому висота вікна детектування повинна бути рівна двом середнім довжинам сошок для гвинтівок, які використовують стрільці. Це гарантуватиме створення умов стрільцю для комфортного виведення осі ствола гвинтівки в приблизну середину робочої зони вікна детектування.

При пошуках існуючих видів саундмодераторів для гвинтівок, знайдено, щонайбільшим калібром для високоточних гвинтівок є калібр 50 BMG (12.7 мм діаметр кулі). При цьому саундмодератор для такого калібру має приблизний діаметр 65 мм (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Візуальне представлення саундмодератора разом з гвинтівкою калібру 50 BMG встановленої на сошках

Тому для запасу по можливому точному діаметру саундмодератора та візуальному зазору для стрільця при виставленні стволу гвинтівку в робочу зону датчика, візьмемо ширину детектування рівну двом діаметрам саундмодератора калібру 50 BMG. Дана ширина становитиме 130 мм. Виконуючи пошук середньої висоти сошок для гвинтівки, прийнято взяти за зразок популярні сошки типу Harris, висота яких сягає 200 мм. Тому висоту датчика детектування прийнято взяти рівною двом середнім висотам сошок і сягатиме 400 мм.

Отже маючи розміри вікна детектування, які рівні $A = 13$ см та $B = 40$ см, можемо перейти до розрахунку відстані між світлодіодами та фототранзисторами. Перед розрахунком, варто відзначити, що світлодіод має робочий кут випромінювання. Найбільший кут яскравості світлодіода завжди вказується в параметрах. В світлодіода також є кут, в межах якого яскравість сягає 50% [12]. Так як одним з критеріїв коректної роботи електричної схеми запропонованого оптоелектронного методу детектування є рівномірність освітлення робочої зони детектування, то необхідно розташувати кількість світлодіодів враховуючи кут максимальної яскравості. Адже якщо наприклад замість чотирьох світлодіодів, які рівномірно засвічують всю площину, поставити два, то засвічення вже буде нерівномірним, бо будуть зони де працює максимальний кут засвічення і будуть зони де працює половинний кут засвічення (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Візуальне представлення максимальної та половинної зони освітлення світлодіода

Кожний фототранзистор має робочий кут максимальної чутливості. Для зручного розташування фототранзисторів та світлодіодів, візьмемо кут максимальної чутливості світлодіода рівним куту максимальної освітленості ІЧ світлодіода. Варто відмітити, що чим менший буде даний кут, тим з більшою чутливістю можна буде налаштувати систему. Але якщо цей кут буде занадто малий, то щільність розташування оптичних та світлових елементів буде дуже великою. Відповідно варто обрати даний кут середнього значення. При аналізі існуючих моделей фототранзисторів та світлодіодів, прийнято взяти кут рівний 20° , що є середнім значенням серед проаналізованих варіантів та оптимальним для щільності розміщення елементів. Враховуючи рівність робочих кутів світлодіода та фототранзистора, фототранзистор та світлодіод повинні бути розташовані один навпроти одного, і загальна кількість світлодіодів має бути рівною загальній кількості фототранзисторів. Звідси маємо, що відстань між фототранзисторами буде рівною відстані між світлодіодами ($c = d$). Розрахуємо дану відстань згідно розташуванню фототранзисторів та світлодіодів як на рисунку 2.8, при якому маємо рівномірне освітлення всієї робочої зони детектування прольоту кулі та відсутність мертвих зон детектування.

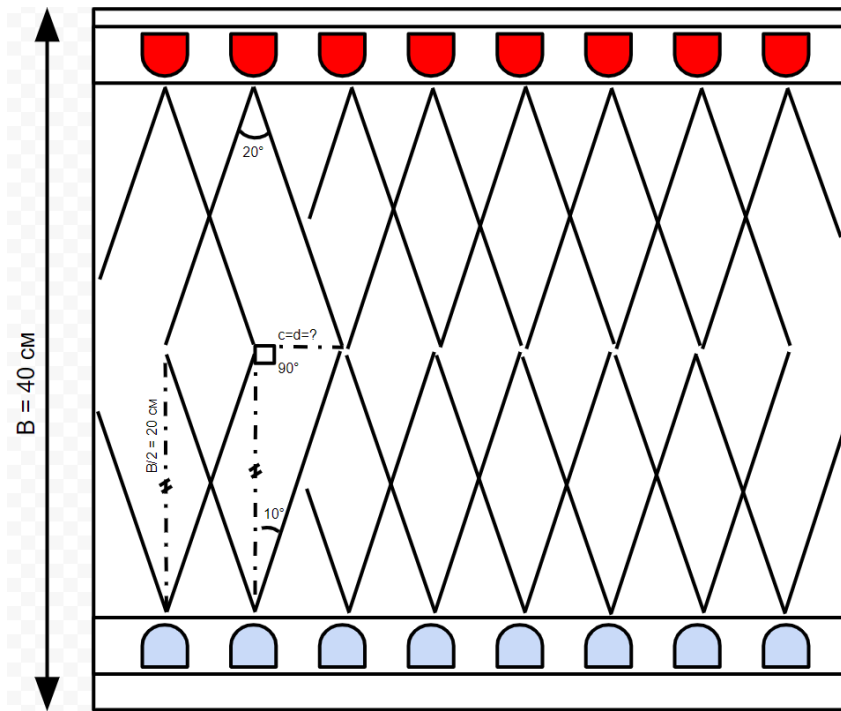


Рисунок 2.8 – Геометричне розташування світлодіодів та фототранзисторів для розрахунку відстані між ними

Маємо прямокутний трикутник, в якому відомо кут 10° та прилеглий катет, який рівний половині висоти вікна детектування, тобто 20 см. Можемо застосувати формулу тангенсу кута:

$$\operatorname{tg} 10^\circ = \frac{c}{B/2} = \frac{c}{20 \text{ см}} = 0,176 \Rightarrow c = 0,176 * 20 = 3,52 \text{ см};$$

В даному розрахунку достатньо точності в десятих, бо при виготовленні датчику детектування такі точні значення не зручно буде відкладати, до того ж вони не змінять загальної надійності детектування. Тому округлимо значення відстані між фототранзисторами та світлодіодами до 3,5 см.

Отже, в результаті проведеного аналізу та розрахунків, отримуємо висоту вікна детектування рівною 40 см, ширину вікна детектування рівною 13 см, відстань між фототранзисторами та світлодіодами є рівною та має значення 3,5 см. Враховуючи загальну ширину датчику та відстань між фотоелементами, розраховано, що на даному проміжку необхідно розмістити 4 фототранзистори з відстанню 3,2 см між ними.

2.5 Аналіз та симуляція електронної частини схеми детектування прольоту кулі

Для підтвердження коректності роботи схеми запропонованого вище методу детектування прольоту кулі, прийнято провести симуляцію даної схеми в середовищі LTSpice [12]. Створену схему для проведення симуляції зображено на рисунку 2.9.

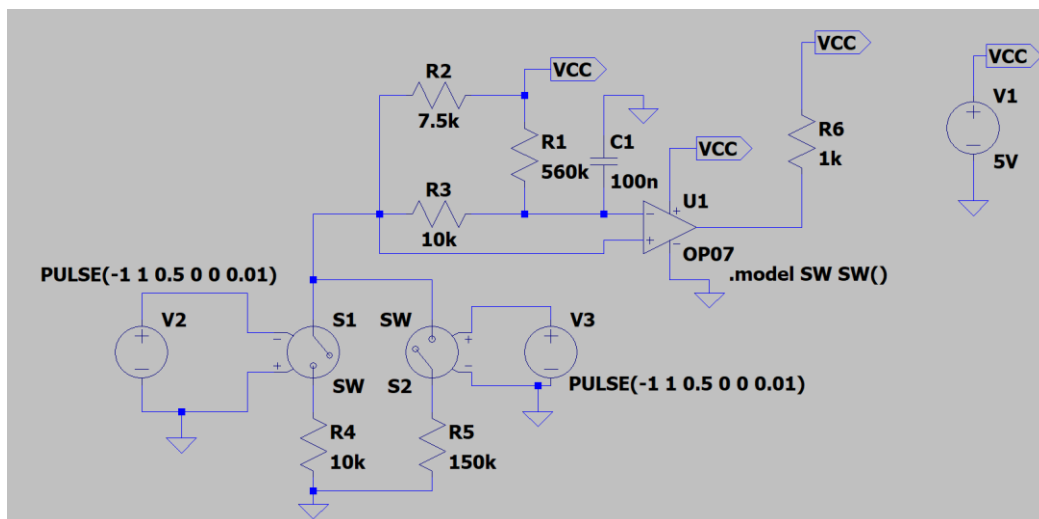


Рисунок 2.9 – Схема для проведення симуляції методу детектування

Можемо бачити, що для моделювання роботи фототранзисторів в засвіченому стані та при прольоті кулі, в схемі застосовується переключення опорів від 10 кОм до 150кОм. Дані опори підібрані так, щоб на виході подільника отримати приблизну напругу, яку ми матимемо в реальності при використанні фототранзистора. Переключення даних опорів відбувається за допомогою перемикачів, які позначені як SW. Їх увімкнення відбувається за допомогою джерела імпульсного сигналу. Таким чином створено одночасне перемикання опорів і за рахунок цього імітується проліт кулі. Всі інші компоненти схеми обрано згідно схеми, без змін. Живлення схеми відбувається від окремого джерела 5 В. Наступним кроком потрібно перейти до запуску симуляції. Результати симуляції даної схеми показано на рисунку 2.10.

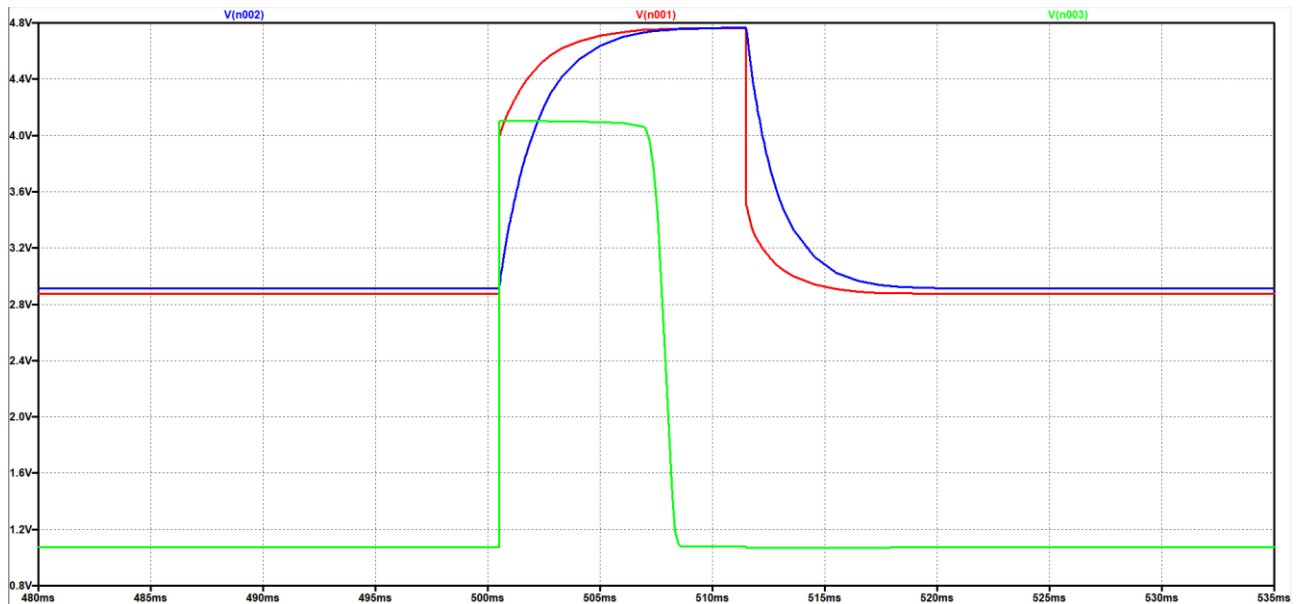


Рисунок 2.10 – Результат симуляції модернізованого методу детектування

На даному рисунку синім кольором позначено сигнал на неінвертованому виході ОП. Червоним кольором позначено сигнал на інвертованому вході компаратора. Сигнал зеленого кольору відповідає сигналу на виході ОП (рисунок 2.11 зі збільшеним масштабом).

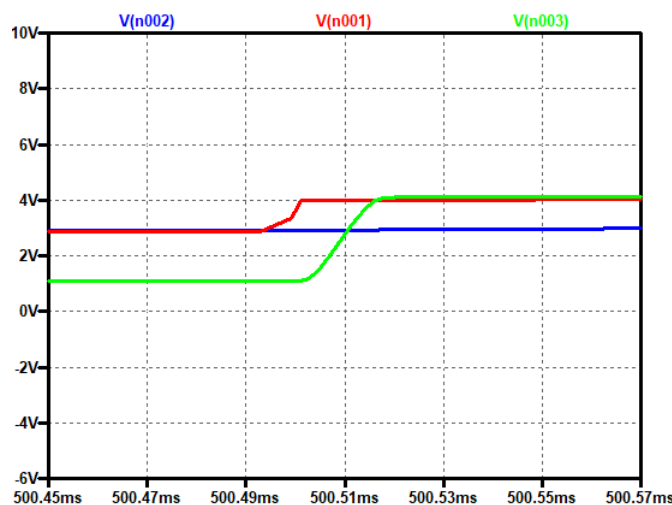


Рисунок 2.11 – Результат симуляції модернізованого методу детектування

При стандартному режимі очікування датчика, бачимо, що сигнал на неінвертованому вході перевищує сигнал на інвертованому вході ОП. Тому на виході ОП, який виконує роль компаратора, маємо напругу логічного нуля. При імітованому прольоті кулі, відбувається перешкоджання освітлення певного фототранзистора кулею, що призводить до зміни рівня напруги на виході фототранзистора приблизно на 1 В. За рахунок цього, дана напруга на інвертованому виході збільшується

набагато швидше ніж на неінвертованому. До неінвертованого входу ОП підключено додаткову ємність, на зарядження якої необхідно більше часу. По інвертованому вході працює лише внутрішня ємність по входу. Відповідно ОП перемикається і на виході ми бачимо напругу логічної одиниці. Після того як куля повністю пролетить датчик, процес відбувається в оберненому напрямку. Ємності розряджаються, напруги повертаються до початкових значень. Схема знову працює в режимі очікування.

Аналізуючи отримані результати симуляції, можна відслідкувати зміну сигналів, яка відповідає опису принципу роботи схеми в попередньому розділі. При прольоті кулі ми отримуємо зміну сигналів на вході ОП, в наслідок чого на виході ОП отримуємо зміну сигналу з логічного нуля в логічну одиницю.

Висновки до розділу 2

Розглянуто запропонований метод детектування прольоту кулі зі збільшеною ефективною площею вікна чутливості датчика. Запропоновано відповідну електричну схему датчику детектування прольоту кулі. Проаналізовано принцип роботи даної схеми.

Розраховано оптимальну відстань розміщення датчиків, згідно прийнятої точності вимірювання. Проаналізовано та прийнято необхідність використання закритого корпусу датчику для забезпечення завадостійкості від побічних джерел освітлення.

Розраховано основні розмірні параметри вікна детектування, які необхідні при побудові датчику.

Шляхом виконання аналітичних розрахунків та симуляції вимірювальної схеми у середовищі LTSpice доведено дієвість запропонованого методу і схеми детектування прольоту кулі.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА БЛОКУ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ

3.1 Вибір способу визначення тривалості часу прольоту кулі

Згідно створеної схеми датчика детектування, головний блок обчислення інформації — мікроконтролер, отримуватиме при прольоті кулі від датчика сигнал у вигляді імпульсу, який матиме швидкий перехід від логічного нуля до логічної одиниці, а потім через певний час знову перехід до логічного нуля. Амплітудою сигналу в даному випадку буде напруга близька до 5 В. Візуальне представлення такого сигналу зображено на рисунку 3.1.

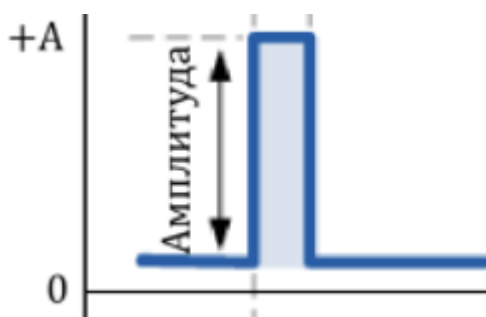


Рисунок 3.1 – Сигнал сповіщення про проліт кулі через датчик

Такий сигнал приходить після прольоту кулі з першого фототранзистора, який має сповіщати про початок відліку часу, а також після прольоту другого фототранзистора, який має сповіщати про кінець відліку часу. Тому варто визначитись, яким методом при написанні програмного забезпечення ми будемо рахувати час. Є три варіанти: рахунок часу в кодї програми по визначенню зміни рівня на вході порту, запуск рахунку в блоку головної програми по сигналу переривання, захват значень таймера безпосередньо по фронту сигналу від першого і другого фототранзисторів.

Перший варіант запуску нам не підходить, адже таким чином ми можемо навіть пропустити момент прольоту кулі, поки буде виконуватись інша частина програми. Говорити про точність в даному випадку навіть немає сенсу. Тому даний метод запуску таймеру нам не підходить.

Використовуючи другий варіант запуску з перериванням та рахунком часу у головній програмі, мікроконтролер зможе відразу спіймати момент переходу

сигналу, але рахувати час доведеться при виконанні головної програми до тих пір, поки не спрацює переривання іншого каналу, яке сповістить про необхідність зупинити відлік часу. При такому обрахунку часу ми втрачатимемо точність обрахування часу, адже по-перше, у похибку увійде тривалість реакції системи переривання (цикли переходу до процедури обробки переривання і повернення у основну програму займають до 12 тактів контролеру), по-друге, якщо час рахуватиметься в головній програмі, то будуть виконуватись ще інші її підпункти, на що будуть витрачатися додаткові такти і точно обрахувати їх, для відняття від кінцевого результату, є майже неможливо. Тому точність даного методу буде не найкраща, але його використання можливе для вирішення поставленої задачі. Головною перевагою даного методу запуску є простий алгоритм роботи, який легко відтворити у програмному забезпеченні. Тому прийнято рішення застосувати його при створенні першого тестового прототипу пристрою на налагоджувальній платі STM32F4Discovery, з метою простого налаштування та тестування датчику детектування.

Третій варіант рахунку оснований на застосуванні режиму Input Capture таймера МК. Даний метод полягає в тому, що при зміні сигналу на певному виводі МК, з'єднаному з відповідним каналом таймеру, поточне значення лічильника таймера автоматично фіксується у його відповідному регістрі і за механізмом прямого доступу до пам'яті (англ. direct memory access, DMA) зберігається в пам'яті МК. Програмі залишається лише зчитати вже зафіксоване показання певного каналу таймера. Так же само визначається значення таймера і при надходженні сигналу про зупинку рахунку. Можемо бачити, що даний метод працює напряду з таймером, і виключає зайві моменти виконання програми, які можуть вплинути на точність вимірювань. Тому приймемо даний метод обрахування часу прольоту кулі між датчиками, як основний. Алгоритм даного методу наступний:

- По приходу переднього фронту імпульсу запуску рахунку, обнуляємо рахунковий регістр таймеру CNT;
- По приходу переднього фронту імпульсу зупинки рахунку, зчитати значення з регістру таймеру CR1;

- Перевести отримане значення з кількості тактів в час у секундах та розрахувати швидкість.

Частина реалізації цього алгоритму з використанням бібліотеки HAL наведено на рисунок 3.2.

```

/* USER CODE for detecting time*/
void HAL_TIM_IC_CaptureCallback(TIM_HandleTypeDef *htim)
{
    if (htim->Instance == TIM2)
    {
        if (htim->Channel == HAL_TIM_ACTIVE_CHANNEL_1)
        {
            timeFly = HAL_TIM_ReadCapturedValue(&htim2, TIM_CHANNEL_1);

            TIM2->CNT = 0;
        }
    }
}

```

Рисунок 3.2 – Частина коду визначення часу польоту кулі з використанням функції захвату таймера

При такому методі визначення тривалості часу польоту кулі від першого до другого фототранзисторів, точність вимірювання залежить в основному від тактової частоти роботи мікроконтролера та налаштувань його таймеру.

3.2 Врахування обмежень на зафіксований час польоту для усунення хибних спрацювань

При виборі форми корпусу та його захищеності від потрапляння побічного світла від побічних джерел, наголошувалось що корпус датчика має бути закритий. Адже використання пристрою вимірювання швидкості польоту кулі може бути як приміщенні тиру так і в польових умовах, при різній інтенсивності освітлення. В приміщенні тиру може бути збалансоване освітлення або надто яскраві ліхтарі, які направлені прямо в бік датчику, в полі може світити яскраве сонце або бути дуже похмура і темна погода. При цьому всі джерела освітлення випромінюють певну кількість інфрачервоного освітлення, на діапазон довжини хвилі якого і реагує фототранзистор. При цьому всьому це освітлення може різко змінюватись, наприклад на датчик попадало сонячне проміння, а потім пролетів птах або пройшла людина з ліхтариком або вночі з приладом нічного бачення з вмонтованою

додатковою ІЧ підсвіткою (рисунок 3.3). І на ці перепади освітлення датчик може зреагувати, як на проліт кулі. Також можливе побічне потрапляння предметів в зону детектування, наприклад вітром задуло листок.



Рисунок 3.3 – Пристрій нічного бачення з додатковою ІЧ підсвіткою

Для фізичного обмеження прийнято в попередньому розділі використовувати корпус датчику закритого типу. Таким чином ми звели до мінімуму вплив сторонніх факторів освітлення та можливість потрапляння сторонніх предметів в зону детектування. Але залишаються відкритими зони детектування зі сторони вльоту та вильоту кулі в крізь датчик. Тому виникає необхідність врахування всіх вище перехованих нестандартних ситуацій, через які пристрій може перестати працювати.

Проаналізувавши ймовірні ситуації прийнято ввести наступні перевірки та обмеження в алгоритм роботи програмного забезпечення:

- таймер може запускатися лише після спрацювання певного таймеру, який є головним і вказує напрямок стрільби через датчик;
- вводиться ліміт максимально можливого проміжку часу між спрацюванням першого та другого датчику;
- відбувається фіксування рівня напруги на неінвертованому вході ОП після закінчення налаштувань датчику для подальшої перевірки;
- перевірка рівня напруги на неінвертованому вході ОП при включенні пристрою та після виходу за ліміт часу, описаному в попередньому пункті, для розуміння коректності освітлення та відсутності сторонніх предметів в робочій зоні датчику.

- пристосування до навколишнього рівня освітленості, якщо це можливо і користувач підтверджує чистоту робочої зони, або інформування користувача про дану помилку і на крайній випадок вимога забезпечення захисту від постороннього освітлення.

Для виконання першого обмеження необхідно просто вказати пріоритети вхідних сигналів і встановити послідовність запуску та зупинки таймеру.

Для встановлення ліміту максимально можливого проміжку часу між спрацюванням першого та другого датчику, необхідно розуміти мінімальну швидкість вимірювання. Ця швидкість відноситься до страйкбольної тренувальної зброї і сягає приблизно 40 м/с. Візьмемо ліміт з запасом і виставимо гранично можливу швидкість заміру 20 м/с. Розрахуємо лімітований проміжок часу враховуючи мінімальну швидкість заміру та довжину бази між датчиками:

$$t = \frac{S}{v} = \frac{0,13}{20} = 0,0065 \text{ (с)} = 6,5 \text{ (мс)} ;$$

Отриманий час 6,5 мс і є лімітом. Якщо спрацював перший датчик і пройшов час 6,5 м/с, то система буде обнуляти таймер і повертатись в режим очікування прольоту кулі. Для більшої чистоти детектування можлива реалізація вибору режиму використання системи — тренувальна страйкбольна чи вогнепальна зброя. Але це може ускладнити використання і звичайний користувач може заплутатись, тому поки реалізацію даної функції не беремо до уваги.

Для фіксування рівня напруги на неінвертованому вході ОП після закінчення налаштувань датчику, необхідно даний вивід підтягнути до входу АЦП мікроконтролера. Для врахування ємності входу АЦП мікроконтролера можна використати підключення через міні-реле. Але в даному випадку ємність по входу АЦП є набагато меншою, ніж ємність в схемі, яка рівна 100 нано Фарад. Тому вивід все таки можна підтягнути напряму, тим самим не ускладнивши електричну схему.

Виконавши замір напруги після закінчення налаштування чутливості датчиків, дане значення необхідно занести до пам'яті МК, щоб при включенні пристрою та після виходу за ліміт часу заміру, алгоритм програмного забезпечення мікроконтролера міг переконатися в коректності освітлення та відсутності

посторонніх предметів в робочій зоні датчику і прийняти рішення про готовність системи до подальших вимірювань.

3.3 Рекомендації та перспективи в розробці

Отриману систему вимірювання швидкості польоту кулі можна використовувати як базову модель пристрою для подальших модернізацій та розширення функціоналу.

Враховуючи різноманітну кількість зброї на сьогодні, створений датчик в даній роботі не завжди виправдовуватиме свої габарити. Можливо краще для використання з короткоствольною вогнепальною зброєю (пістолети) достатньо набагато меншої довжини бази, а використовуючи наприклад індукційний метод впри даному компонуванні датчика і виду зброї це матиме переваги в більшій захищеності від постороннього освітлення. Але при цьому створювати новий блок розрахунку є затратним рішенням, і тому можна розробити модульний пристрій, який може працювати з різними датчиками, які мають зв'язок з блоком розрахунку та візуалізації інформації по бездротовому з'єднанню Bluetooth. Така модернізація безумовно збільшить переваги даної системи в порівнянні з існуючими аналогами хронографів.

Для будь-якого спортсмена з високоточної стрільби або снайпера залишається на сьогодні проблема складного процесу розрахунку балістичних поправок. Балістичні поправки – це поправки прицільних засобів для врахування балістики кулі при стрільбі на великі дистанції. Балістика кулі зумовлена нелінійною траєкторією польоту за рахунок дії на неї сили тяжіння, кліматичних чинників, серед яких основним є сила і напрямок дії вітру, технічні параметри зброї та використаних набоїв, характеристики кулі — її вага, форма, вид та швидкість польоту кулі. Траєкторія прицілювання та реальна траєкторія польоту кулі зображені на рисунку 3.4.

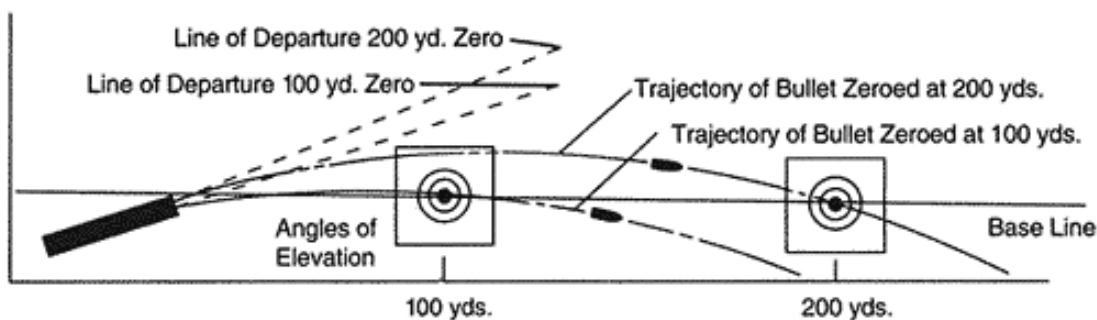


Рисунок 3.4 - Схематичне зображення траєкторії прицілювання та траєкторії польоту кулі для врахування балістичних поправок [15]

Для розрахунку балістичних поправок на сьогодні стрільці та снайпери мають застосовувати або додаток на телефоні або окремий електронний балістичний калькулятор для балістичних поправок [16], в які потрібно передчасно вводити дані. І якщо дані про технічні характеристики прицілу (ціна поділки одного кліку на оптичному прицілі) та зброї стрілець один раз вводить і до них більше не повертається, то дані про кліматичні чинники він повинен постійно коригувати, а якщо збирається змінити набій, то повинен також змінювати і параметри набою, серед яких один з найважливіших — це швидкість польоту кулі. Всі ці маніпуляції ускладнюють тренування для стрільця і тим самим забирають його час.

Тому виникає необхідність у створенні системи, яка міститиме в собі блок вимірювання швидкості польоту кулі з датчиком детектування польоту кулі, який був розроблений в даній роботі, блок вимірювання кліматичних чинників (швидкість вітру, напрямок вітру відносно напрямку виконання пострілу, температура та вологість повітря), блок швидкого та зручного введення даних, блок відображення даних, який можливо закріпити біля оптичного прицілу, щоб стрілець мав постійний доступ до розрахованих даних без відведення погляду від прицілу. Дана система повинна бути об'єднана в єдине ціле бездротовим методом задля зручності використання, але при цьому відповідала б нормам радіомаскування, для подальшої можливості використання системи розрахунку поправок в бойових умовах. Це ще один з важливих та перспективних напрямків розробки системи, за основу якої може слугувати система вимірювання швидкості польоту кулі запропонована та проаналізована в даній роботі.

Висновки до розділу 3

Визначено оптимальний спосіб апаратно-програмної фіксації моментів прольоту кулі через датчики та обрахування тривалості часу прольоту.

Забезпечено коректність роботи системи в зоні впливу зовнішніх джерел освітлення шляхом програмного завдання ліміту часу на замір, спираючись на мінімально можливу швидкість заміру, для коректної роботи при випадковому засвіченні.

Запропоновано напрямки покращень та розвитку системи вимірювання швидкості польоту кулі.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1. Опис ідеї проекту

На теперішній час питання якісної підготовки військовослужбовців дуже важливе. Будь які базові рівні тренувань починаються з навичок володіння вогнепальною зброєю. Спершу це правила безпеки поводження зі зброєю, потім правильна стійка для стрільби, основні правила прицілювання і якісне оброблення спуску. Щоб бійцю бути впевненим, що помилку при тренуванні може допустити тільки він і рівень влучання залежить тільки від його навичок, кожна одиниця зброї повинна бути якісно налаштована. До цих налаштувань варто віднести пристрілку, перевірку роботи механізмів та повторюваність результатів пострілу інформацію про які можна отримати з повторюваності показників початкової швидкості польоту кулі. І якщо для звичайної стрілецької зброї дана процедура відбувається не часто, то для снайперської зброї дана перевірка повинна бути регулярною. Тому виникає потреба в системі вимірювання швидкості польоту кулі.

Враховуючи високі вимоги до снайперів в теперішній час, адже це ремесло розвивається на протязі всього існування вогнепальної зброї, кожен снайпер повинен вміти враховувати всі фактори, які впливають на балістичну траєкторію кулі при стрільбі на великі дистанції. До цих факторів варто віднести і напрямок та силу вітру, температуру та вологість повітря, вид кулі, вагу, її початкову швидкість, дистанцію до цілі. Всі ці фактори стрілець повинен зібрати, всю отриману інформацію ввести в балістичний калькулятор та виконати розрахунки. Це займає доволі значний проміжок часу, тому виникає необхідність об'єднання системи вимірювання швидкості польоту кулі з системою визначення кліматичних чинників та розрахунку балістичних поправок. І вже система з таким функціоналом має набагато більшу перспективу вдалого попиту на запропонований продукт.

На сьогодні існує не мало аналогів пристроїв вимірювання швидкості польоту кулі. Вони мають свої переваги та недоліки. Але немає систем, які одночасно включали б в себе і вимірювання швидкості польоту кулі, і визначення кліматичних чинників, які мають певний вплив на траєкторію польоту кулі при стрільбі на великі

дистанції, і автоматичний розрахунок поправок. Також варто відмітити, що на ринку немає пропозицій від вітчизняних виробників навіть звичайних хронографів, що має суттєвий недолік при забезпеченні даними пристроями військових підрозділів. Тому виникає ідея стартапу по на основі запропонованої системи.

В даному стартап проекті запропоновано використання системи вимірювання швидкості польоту кулі.

Далі послідовно проаналізовано та подано у вигляді таблиць: зміст ідеї; можливі напрямки застосування; основні переваги, які може отримати користувач товару та чим відрізняється від існуючих аналогів та заміників.

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Переваги для користувача</i>
	1. Підготовка стрілецької зброї перед тренуванням. 2. Використання як вимірювальний пристрій при тренуваннях високоточної стрільби снайперами	1. Забезпечення універсальності до використання різного типами зброї 2. Надійність детектування кулі при кожному пострілі 3. Інформативність наданих результатів користувачу

Висновки: в табл. 4.1 наведено основні напрямки використання запропонованого рішення. Споживачами даної продукції можуть бути різноманітні компанії виготовлення набоїв, різноманітні тири для цивільного населення, військові частини та тренувальні центри підготовки військовослужбовців та снайперів.

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/ п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
		Мій проект	Конку- рент1	Конку- рент2	Конку- рент3			
1.	Собівартість	90	70	150	800		+	
2.	Точність вимірювання	0,01	0,2	0,1	0,1			+
3.	Розмір	середньо- габаритн ий	компактний	середньо- габаритний	велико- габаритний		+	
4.	Метод детектування	Оптоелек тронний	Індукційни й	Індукційни й	Радарний			+
5.	Універсальність	так	ні	ні	ні			+
6.	Споживання	1	0,8	1	1	-		

В табл. 4.2 W – слабка сторона, N – нейтральна сторона, S – сильна сторона. Під масштабованістю розуміється можливість зменшення розмірів системи в майбутньому.

Висновки: у порівнянні з конкурентами товар має перевагу у кращому відношенні ціна/продуктивність та універсальності. Розмір є середній. Система споживає стільки ж енергії, скільки і інші типові представники.

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1.	Додавання можливості врахування кліматичних факторів, які впливають на траєкторію польоту кулі	Розширення системи шляхом додавання модулів кліматичних чинників	Наявна	Доступна
2.	Додавання можливості розрахунку балістичних поправок	Автоматичне внесення всіх отриманих результатів вимірювання та розрахунок поправок	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: за основу можна поєднати два пункти, і їх використання дозволить продукту більше виділятися на ринку відносно конкурентів.				

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1.	Кількість головних гравців, од	5

Продовження таблиці 4.4:

2.	Загальний обсяг продаж	100
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	немає
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	сертифікація точності
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70%

Висновки: проаналізувавши табл. 4.4, можна зазначити, що вихід на ринок є рентабельним, через низьку вартість, що дає змогу швидко покрити витрачені кошти на розробку системи.

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1.	Універсальність, збільшення надійності детектування, доступність, сучасність	Державний сектор, приватний сектор	Інтеграція з існуючими системами	Універсальність, надійність детектування

Висновки: формування ринку визначається потребою збільшення універсальності, надійності детектування та доступності. Основними споживачами

продукту є військові частини та приватні компанії тирів та виготовлення набоїв. Тому головними вимогами до товару є доступність по ціні та надійність роботи.

Таблиця 4.6 - Фактори загрози

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Економічний	Економічний стан країни-виробника	Зміна країни-виробника
2.	Конкуренція	Ім'я конкурентів є більше відомим на ринку	Проведення потужної рекламної кампанії
3.	Військовий	Військовий стан в країні виробника	Зміна країни виробника

Висновки: основними факторами загрози є конкуренція та економічно-військовий стан країни виробника. Існуючі товари вже мають певне ім'я та репутацію. Також економічна та політична ситуація країни-розробника може зіграти значну роль у втраті прибутку.

Таблиця 4.7 - Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Збільшення попиту	Різде збільшення зацікавленості до продукту	Підвищення розробки нових функцій
2.	Новітні технології	Можливість покращити функціонал та точність	Співпраця з іншими компаніями в даній сфері

Продовження таблиці 4.7:

3.	Розширення кругозору компанії	Можливість додавання нових систем до існуючої для пришвидшення розвитку	Відкриття нових спеціалізованих підрозділів компанії
4.	Індивідуальне замовлення	Можливість додавати індивідуальні потреби для клієнтів	Проведення аналізу раціональності замовлення та можливість укладання нового контракту із заданими потребами
5.	Кооперація із лідерами ринку	Конкуренти запропонували об'єднання компаній	Оцінка можливих переваг та ризиків об'єднання

Висновки: сфера ринку хронографів є досить популярною. Якісно підготовлені військові снайпери на сьогодні дуже потрібні, що спричиняє зростання клієнтів на ринку, які в свою чергу збільшують попит на запропоновану систему в тому числі. Це приведе до збільшення кількості користувачів та заключення великої кількості контрактів, що в свою чергу створює вигідні економічні можливості для дослідження нових технологій та покращення існуючої системи.

Таблиця 4.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
Вказати тип конкуренції - чиста	Мала кількість постачальників даного товару	Розвивати систему збільшуючи її продуктивність та надійність
За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний	Наявність замовників та виробників із інших держав	Вихід на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою - міжгалузєва	Використання у різних галузях	Проведення потужної рекламної кампанії
4. Конкуренція за видами товарів – товарно-видова	Запропонований товар є одного виду	Орієнтація стратегії компанії на клієнта та адаптація до змін ринкових умов
5. За характеристиками конкурентних переваг - нецінова	Основним є якість та надійність товару	Проведення робіт щодо постійного покращення продукту
6. За інтенсивністю - марочна	Бренд грає велику роль в постачанні продукту	Проведення рекламної кампанії та доведення якості продукту

Висновки: ринок є конкурентним, проте вид конкуренції є чистим, так як окремі гравці мало впливають на ціну товару. Конкурентний ринок є міжнародним та міжгалузєвим. Конкуренція за видами товарів – видова.

Таблиця 4.9 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

<i>Складові аналізу</i>	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
	ІБХ ProChrono Labradar Alpha	ProChrono	Іноземні компанії	Держ. та приватний сектори	-
<i>Висновки:</i>	Конкуренція є високою	Вихід на ринок є відносно простим. Наявні потенційні конкуренти	Є велика перевага, що система буде вітчизняного виробництва	Клієнти можуть диктувати умови через присутність компаній з хорошою репутацією	Існують обмеження по використанню в конкурентів

Таблиця 4.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння)</i>
1.	Собівартість	Низька собівартість – більша доступність кінцевого продукту

Продовження таблиці 4.10:

2.	Функціонал	Більший функціонал в порівнянні з конкурентами
3.	Універсальність	Універсальний метод детектування прольоту кулі

Висновки: Універсальний метод детектування прольоту кулі є доволі сильною стороною системи. Також низька собівартість та більший функціонал робить продукт більш конкурентоспроможною.

Таблиця 4.11 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ n/n	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ProChrono						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Собівартість	17					+1		
2.	Універсальність	18						+2	
3.	Надійність	15				0			
4.	Функціонал	20							+3

Висновки: аналізуючи табл. 4.11 можна зробити висновок, що запропонована система має більший рейтинг відносно головного конкурента. Дана таблиця демонструє основні особливості продукту, які відрізняють його від основного конкурента.

Таблиця 4.12 - SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторона: Надійність детектування Універсальність	Слабкі сторони: Малий функціонал
---	-------------------------------------

Продовження таблиці 4.12:

<p>Можливості:</p> <p>Вихід на міжнародний ринок</p> <p>Збільшення попиту</p>	<p>Загрози:</p> <p>Конкуренція</p> <p>Економічна нестабільність</p>
---	---

Таблиця 4.13 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтований комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1.	Максимізація власного виграшу (індивідуалізм)	Середня	15 місяців
2.	Максимізація спільного виграшу (кооперація)	Середня	18 місяців
3.	Суперництво	Високі	24 місяці

Висновки: було обрано кооперацію як альтернативну ринкову поведінку, так як за відносно не високий термін існує велика ймовірність отримання ресурсів.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1.	Державний сектор	-	+	висока	-

Продовження таблиці 4.14:

2.	Приватний сектор	+	+	висока	+
<p>Які цільові групи обрано: основною характеристикою вибору цільової групи є готовність прийняти продукт. В даній області приватний сектор є більш готовим, адже державний сектор потребує більше дозволів та роз'яснень для введення нового продукту в системи.</p>					

Таблиця 4.15 - Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентос- проможні позиції до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>
1.	Індивідуалізм	Стратегія недиференційованого маркетингу	Адаптація до вимог ринку Використання новацій	Стратегія спеціалізації

Висновки: через існування на ринку більш сильних та розкручених гравців було обрано стратегію розвитку спеціалізація.

Таблиця 4.16 — Стартові умови проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конку- рентної поведінки</i>

Продовження таблиці 4.16:

1.	Не є першопрохідцем на ринку	Буде як шукати нових споживачів, так і забирати вже існуючих	Компанія не буде копіювати основні характеристики конкурента	Стратегія виклику лідера
----	------------------------------	--	--	--------------------------

Висновки: оскільки на ринку вже є проекти-конкуренти, компанія може обрати стратегію виклику лідера, так як проект має переваги. Також можлива колаборація з конкурентами для досягнення кращого успіху, адже система є новою та ще тільки вивчається та досліджується. Можливість об'єднати зусилля дає змогу в майбутньому краще засвоїти це направлення та створювати кращі системи.

Таблиця 4.17 - Визначення стратегії позиціонування

<i>№ n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап- проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувану комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1.	Універсальність	Стратегія спеціалізації	Продуктивна	Висока швидкодія роботи
2.	Надійність детектування	Стратегія спеціалізації	Якість	Висока надійність роботи

Висновки: як зазначалось раніше, збільшення універсальності і надійності детектування системи повинно викликати довіру до продукту у споживачів

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.18 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1.	Введення розрахунку балістичних поправок	Збільшення функціоналу, що в свою чергу збільшує продуктивність користувача	Ціна, функціонал, надійність детектування

Висновки: визначившись з основними перевагами концепції товару, можливе створення відповідної рекламної кампанії для кінцевих клієнтів.

Таблиця 4.19 - Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Продукт дає змогу вимірювання швидкості польоту кулі з високою надійністю детектування		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Безпека	100	Тх
	Вартість	10	Тх
	Якість: програмне забезпечення з усіма рівнями тестів		
	Пакування: відсутнє		
Марка: назва організації-розробника – MilMeasure, назва товару – BS-01 (Bullet Speed)			

Продовження таблиці 4.19:

III. Товар із підкріпленням	До продажу – допомога в налаштуванні.
	Після продажу – технічна підтримка.
Шифрування зібраного вихідного коду	

Висновки: шляхом шифрування вихідного коду створюється захист від його копіювання. Також закладені характеристики на другому рівні товару роблять його досить унікальним та конкурентоспроможним.

Таблиця 4.20 - Визначення меж встановлення ціни

<i>№ n/n</i>	<i>Рівень цін на товари замітники</i>	<i>Рівень цін на товари-аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
1.	100-150 у.о	100-1000 у.о	500-5000 у.о.	100-300 у.о.

Висновки: обрано низьку категорію цін, адже занадто велика ціна відлякує споживачів.

Таблиця 4.21 - Формування системи збуту

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1.	Продаж	Повний супровід товару до замовника	Нульового рівня	Безпосередній (прямий)

Висновки: основним каналом збуту є продаж продукту. На старті компанії очікуються відносно невеликі об'єми виробництва, тому на даному етапі можливо

обійтись без посередників і продавати товар напряму клієнтам. Саме тому було обрано нульовий рівень глибини каналу збуту та пряму систему збуту.

Таблиця 4.22 - Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комуні- кацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціону- вання</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
1.	Розвиток технологій спонукає споживача до оновлення власних використовуваних систем	Реклама Відео-інструкції по використанню товару на ресурсі facebook, telegram	Універсальність та висока надійність детектування Легкість у встановленні та використанні	Донести реальність продукту та ефективність продукту.	Демонстрація можливостей даної системи та принцип її використання

Висновки: маркетингова кампанія відбувається за рахунок соціальних мереж та цільових рекламних кампаніях. Метою даних оголошень є донести усі перспективи та можливості даної системи для користувача.

Висновки до розділу 4

Розроблено початковий етап створення стартап-проєкту. Оскільки кожна наукова робота повинна знаходити своє місце в застосуванні у реальному житті, то стартап-проєкт може бути наглядним практичним відображенням наукової праці.

Показано зміст ідеї проєкту шляхом розгляду потенційних зацікавлених осіб, які в майбутньому можуть стати клієнтами запропонованої продукції. Розглянуто ризики реалізації продукції, а проведений аналіз сильних та слабких сторін продукту дав можливість визначити аспекти, на які слід звернути увагу.

Проведено технічний аудит проєкту та визначено технології, які використовуватимуться. Запропоновані технології не є новими, проте їх використання дає отримати перевагу над конкурентом.

Проведено аналіз усіх аспектів ринку, який показав, що реалізація проєкту можлива в реальних умовах, проте необхідно враховувати впливу ринку та більш сильних конкурентів, і які добре зарекомендували себе на ринку, що може значно вплинути на успішність проєкту. Для успішного впровадження проєкту необхідно провести потужну рекламну кампанію, в якій треба постаратися донести до майбутнього покупця усі переваги даного продукту та необхідність обрати зупинити свій вибір саме на ньому.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу вимірювання швидкості польоту кулі шляхом використання запропонованого оптоелектронного методу детектування прольоту кулі. В ході проведеного дослідження отримано наступні наукові та практичні результати:

1. Проведено аналіз існуючих пристроїв вимірювання швидкості польоту кулі. Проаналізовано їх сильні та слабкі сторони.

2. Проведено пошук існуючих методів детектування прольоту кулі на основі аналізу відповідних патентів. Виділено індукційний, лазерний та хвильовий методи. Визначено їх слабкі сторони, які призводять до неможливості застосування їх в розроблюваній системі.

3. Запропоновано оптоелектронний метод детектування прольоту кулі, як більш універсальний та надійний. Обґрунтовано напрямок дослідження з ціллю покращення характеристик даного методу та його втілення при створенні системи вимірювання швидкості польоту кулі.

4. Запропоновано схемо-технічну та конструктивну будову датчика, у якій за рахунок збільшення ефективної площі вікна чутливості вдається забезпечити надійне детектування прольоту кулі.

5. Виконано розрахунок відстані між першим та другим датчиком детектування, яка забезпечує досягнення заданої точності вимірювання в різних діапазонах швидкості польоту кулі, характерних для різних видів зброї.

6. Обрано прямокутну форму вікна детектування та закритий тип корпусу датчику, спираючись на виявлені проблеми наслідків розсіювання порохових газів після пострілу та проблеми впливу побічних джерел освітлення на фоточутливі елементи датчика.

7. Обґрунтовано розміщення оптичних та світлових елементів. Виконано розрахунок розмірів вікна детектування згідно обраних параметрів фототранзисторів, світлодіодів та проаналізованих умов використання системи.

8. Дієвість запропонованого методу і схеми детектування прольоту кулі доведено шляхом виконання аналітичних розрахунків, симуляції вимірювальної схеми у

середовищі LTSpice та експериментальної перевірки на розробленому макеті пристрою.

9. Визначено оптимальний спосіб апаратно-програмної фіксації моментів прольоту кулі через датчики та обрахування тривалості часу прольоту. Надано приблизну часову оцінку кожного способу. Обрано найшвидший серед запропонованих, оснований на застосуванні режиму захвату входу таймера мікроконтролера.

10. Проаналізовано можливі ситуації, які можуть викликати хибне спрацювання датчику. Для забезпечення коректної роботи системи в зоні впливу зовнішніх джерел освітлення запропоновано ввести ліміти часу на замір, які задаються програмно.

11. Зазначено перспективи розвитку та покращень розробленої системи шляхом включення до її складу блоку вимірювання кліматичних чинників (напрямку та швидкості вітру, температури, вологості, тиску), блоку далекоміру, блоку балістичного калькулятора для автоматичного розрахунку поправок при стрільбі на великі дистанції.

12. Розроблено та проаналізовано стартовий етап стартап-проєкту, в якому проаналізовано всі слабкі та сильні його сторони. Визначено головних конкурентів та напрямки, в яких їх системи мають переваги. Проаналізовано можливі складнощі, які можуть виникнути при реалізації запропонованого стартап-проєкту, запропоновано шляхи їх вирішення. Проведено технічний аудит проєкту та визначено технології, які використовуватимуться. Проведено аналіз усіх аспектів ринку, який показав, що реалізація проєкту можлива в реальних умовах.

Таким чином, можна стверджувати, що основні завдання роботи виконані, а мета магістерської дисертації досягнута.

Основні наукові положення роботи впроваджено у навчальну програму кафедри КЕОА факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського (Додаток А).

За матеріалами дисертації опубліковано 3 друковані праці в збірниках матеріалів конференцій (див. Додаток Б, В та Г).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хронограф – пристрій вимірювання швидкості польоту кулі. [Електронний ресурс] – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/...> (дата звернення: 15.12.2022)
2. UA200906429 «Спосіб вимірювання швидкості снаряда або подібного об'єкта». Фрік Генрі, РайнМенталл, 2011 [Електронний ресурс] – URL: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/269632/> (дата звернення: 15.12.2022)
3. RU2610905C2 «Лазерний метод вимірювання швидкості та переміщення малорозмірних об'єктів в місцях з обмеженим доступом ». Пирков Ю.Н., 2017 [Електронний ресурс] – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2610905C2> (дата звернення: 15.12.2022)
4. US20080190191A1 «Velocity Measurement Using Magnetoresistive Sensors». John R. Martin William M. Blevins , 2008 [Електронний ресурс] – URL: <https://patents.google.com/patent/US20080190191> (дата звернення: 15.12.2022)
5. Сучасний пристрій вимірювання швидкості польоту кулі ProChrono. [Електронний ресурс] – URL: <https://competitionelectronics.com/products/prochronodlx> (дата звернення: 15.12.2022)
6. Phototransistor Applications & Circuit Configurations [Електронний ресурс] – URL: https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/... (дата звернення: 15.12.2022)
7. Motion sensor detector. Electrical device [Електронний ресурс] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_detector (дата звернення: 15.12.2022)
8. Airsoft guns. Training games. Straikball [Електронний ресурс] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Airsoft_gun (дата звернення: 15.12.2022)
9. The Art of Electronics 7th Edition / Paul Horowitz, Winfield Hill — Cambridge University Press, 2020. — 1192p. (дата звернення: 15.12.2022)
10. Швидкість. Визначення. Формули [Електронний ресурс] – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/...> (дата звернення: 15.12.2022)

11. Калібр стрілецької зброї 12.7 x 108 [Електронний ресурс] – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/...> (дата звернення: 15.12.2022)
12. Інфрачервоне випромінювання в навколишньому середовищі [Електронний ресурс] – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/...> (дата звернення: 15.12.2022)
13. Інфрачервоний світлодіод. Яскравість світлодіода та кут випромінювання [Електронний ресурс] – URL: <https://jak.koshachek.com/articles/jaskravist-svitlodioda.html> (дата звернення: 15.12.2022)
14. LTspice. Analog electronic circuit simulator computer software [Електронний ресурс] – URL: <https://www.analog.com/en/design-center/...> (дата звернення: 15.12.2022)
15. STM32. Timer in Input Capture Mode [Електронний ресурс] – URL: <https://microcontrollerslab.com/stm32...> (дата звернення: 15.12.2022)
16. Externall ballistics. Bullet trajectory [Електронний ресурс] – URL: <https://www.hornady.com/team-hornady/ballistic...> (дата звернення: 15.12.2022)
17. Балістичний калькулятор від Lapua [Електронний ресурс] – URL: <https://www.lapua.com/...> (дата звернення: 15.12.2022)
18. Волинко Н.А, Корнев В. П. Метод і пристрій для вимірювання початкової швидкості польоту кулі [Текст] / Актуальні проблеми комп'ютерних наук. Хмельницький. 2022. [Електронний ресурс] - URL: <https://kn.khmnu.edu.ua/...> (дата звернення: 15.12.2022)
19. Бакалаврська робота «Пристрій для вимірювання швидкості польоту кулі» / Волинко Н.А, Антонюк О.І., Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. [Електронний ресурс] - URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42929> (дата звернення: 15.12.2022)
20. Розроблення стартап-проекту. Київ: НТУУ "КПІ", 2016 (дата звернення: 15.12.2022)

ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ


Декан факультету електроніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського
_____ Валерій ЖУЙКОВ
(підпис)
«__» _____ 2022 р.

А К Т

**про використання результатів дисертаційної роботи
магістранта групи ДК-11мп кафедри КЕОА
кафедри конструювання електронно-обчислювальної апаратури (КЕОА)
факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського
Волинко Назара Анатолійовича
на тему «Метод та система вимірювання швидкості польоту кулі»
в навчальному процесі кафедри КЕОА**

Даний акт складено про те, що результати дисертаційної роботи на тему **«Метод та система вимірювання швидкості польоту кулі»** магістранта групи ДК-11мп кафедри КЕОА факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського **Волинко Назара Анатолійовича** (схемотехнічні та програмні рішення) використані при викладанні дисципліни «Мікропроцесорні технології і компоненти радіоелектронної апаратури» (виконання лабораторного практикуму та курсове проектування) для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітньо-професійної програми «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем» на кафедрі КЕОА факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Завідувач кафедри КЕОА



(підпис)

Олександр ЛИСЕНКО


Секретар кафедри КЕОА



(підпис)

Олена БЛЯВСЬКА

Доцент кафедри КЕОА



(підпис)

Володимир КОРНЄВ

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції
«Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022»

18-19 листопада 2022

Хмельницький 2022

Варер В.Ю. Ідентифікація вогнепальної зброї за акустичними сигналами її механізмів	53
Ватажок В.Ю., Чорна О.А. Мобільний додаток DCMotog «Віртуальний стенд для дослідження електричних двигунів постійного струму незалежного збудження»	57
Вінницька Є.А., Міхнов Д.К. Прогресивні веб-додатки як майбутнє розробки мобільних веб-додатків	60
Вишинський І.О., Молчанова М.О., Скрипник Т.К., Собко О.В., Мазурець О.В. Метод інтелектуального підбору відповідей до запитань за семантичними ознаками.....	64
Войтович А.С., Захарова В.З., Куліца О.С. Значення цілісності відеоінформації повітряного моніторингу в системі попередження надзвичайних ситуацій.....	72
Волинко Н.А., Корнєв В.П. Метод і пристрій для вимірювання початкової швидкості польоту кулі.....	75
Волошин В.В. Методи автоматизації процесів розробки програмного забезпечення в умовах використання "хмарної" інфраструктури.....	81
Гладкий О.В., Яцків В.В. Система виявлення атак на промислову інфраструктуру за допомогою технології «HONEYPOT»	84
Глухов В.Ю., Манзюк Е.А. Система аналізу впливовості ознак на основі мультиатрибутивного підходу	87
Гресс К.С., Шворак Р.І. Навчально-розвиваюча система для формування початкових навичок з програмування.....	90
Грімов А.А., Чумаченко Д.І. Модель SARIMA прогнозування грипу в харківській області	93
Даць В.О., Яцків В.В. Система виявлення та запобігання вторгненням для середовища Інтернет-речей... ..	96
Демчук А.Б. ШИМ-перетворювач на основі нечіткого логічного виведення Такагі-Сугено для систем internet of things.....	99

УДК 53.087.92

Волинко Н.А., Корнєв В.П.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕТОД І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОЧАТКОВОЇ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ

Розглянуто основні вимоги до сучасної системи вимірювання швидкості польоту кулі (хронографу). Розглянуто існуючі методи детектування польоту кулі. Запропоновано використати оптоелектронний метод детектування польоту кулі, як найбільш універсальний. Створено структурну схему системи вимірювання швидкості польоту кулі та розрахунку балістичних поправок.

The main requirements for a modern system for measuring the speed of a bullet (chronograph) are considered. The existing methods of detecting the flight of a bullet are considered. It is proposed to use the optoelectronic method of detecting the flight of the bullet, as the most universal. A structural diagram of the bullet velocity measurement system and calculation of ballistic corrections has been created.

Задача вимірювання швидкості польоту кулі є дуже важлива при підготовці зброї перед бойовим завданням для снайпера. Кожен стрілець повинен бути впевнений в якості набою, який він використовує. Перевірка параметрів високоточної зброї і набоїв до неї повинна проводитись регулярно при проведенні тренувань. Пристрої, що призначені для вимірювання швидкості польоту кулі, називаються хронографами. Аналіз існуючих зразків пристроїв [1] показує, що за їх принципом дії і вимогами до умов проведення вимірювань вони більш орієнтовані на лабораторні умови. Але ж як правило, особливо у даний час, стрілецькі тренування проводяться в польових умовах, максимально наближених до бойових, тому застосування високоточного лабораторного обладнання в даному випадку дуже ускладнено.

Одним з етапів стрілецької підготовки бійців є тренування зі страйкбольною зброєю. Це зброя, яка стріляє кульками діаметром 6 мм за рахунок дії зжатого повітря. Даний вид зброї використовують при базових тренуваннях поведіння зі зброєю, навчаннях правильно виконувати постріл та при відпрацюваннях тактики роботи в місті та будівлях. Даний вид тренувальної зброї є не стабільний відносно налаштувань та пошкоджень, і потребує проведення постійних перевірок. Тому виникає необхідність вимірювання швидкості польоту кулі і в даному виді зброї. Але ж методи і способи вимірювання, на яких базуються принципи дії вимірювальних блоків хронографів, можуть залежати від

ДОДАТОК В

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА В ХХІ СТОЛІТТІ

Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції
студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в ХХІ столітті»
25 – 26 травня 2021
Київ, Україна

Київ — 2021

Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті», Київ, 25 – 26 травня 2021 р.: матеріали конференції — Київ, 2021. — 96 с.

Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті» містять результати наукових досліджень студентської молоді та науковців в галузі проблем створення теоретичних засад сучасної радіотехніки та радіоапаратобудування; практичної реалізації досягнень науки та технологій; інтелектуалізації процесів проектування та виробництва.

Програмний комітет конференції

Антипенко Р.В., доцент, к.т.н.

Дубровка Ф. Ф., д.т.н., професор

Жук С.Я., д.т.н., професор

Нелін Є. А., д.т.н., професор

Мовчанюк А.В., к.т.н., доцент

Мартинюк С. Є., к.т.н., доцент

Організаційний комітет конференції

Головня В. М., ст. викл.

Захарченко О.С., ст. викл.

Лашевська Н.О., к.т.н., доц.

Булашенко А.В., ст. викл.

Нікітчук А.В., асистент

Шпилька О.О., доцент, к.т.н.

Григораш С.О., асистент

Сушко І.В., к.т.н., доц.

Адаменко В.О., ст. викл.

Адреса оргкомітету: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2100, радіотехнічний факультет, корп. 17, кім. 310, пр-т Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. Тел. (+38097) 291-26-15.

Рекомендовано до друку рішенням програмного комітету конференції та вченої ради радіотехнічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 05/2021 від 31.05.2021 р.)

IV ВНТК Радіоелектроніка у XXI столітті

ЗМІСТ

Алімов Р. Г. (наук. керівн. Сукачов Е.О.) ДИНАМІКА ЗАВАДОВОЇ ОБСТАНОВКИ ПІД ЧАС РУХУ МОБІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ У СТІЛЬНИКОВІЙ МЕРЕЖІ	5
Бендак В. Р. (наук. керівн. Омеляненко М. Ю.) ГЕТЕРОДИН ТРАНСІВЕРА 8-ММ ДІАПАЗОНУ ДОВЖИН ХВИЛЬ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ ФАЗОВОГО ШУМУ.	7
Быков Р. Г. (научн. руков. Сукачев Э. А.) МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗА УСЕЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫХ СИГНАЛОВ.	10
Биковський О. В. (наук. керівн. Пільтай С. І.) ХВИЛЕВІДНИЙ ФАЗОЗСУВНИЙ ПРИСТРІЙ ІЗ ТРЬОМА ДІАФРАГМАМИ У ДІАПАЗОНІ 5.0-8.0 ГГЦ	13
Білуха В. С. (наук. керівн. Адаменко В. О.) ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИЛЮВАЧА ТА ФІЛЬТРУ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ РАДІОСИСТЕМИ.	16
Бруско А. В. (наук. керівн. Мирончук О. Ю., Шпилька О. О.) ІНТЕРАКТИВНИЙ ЛОГОТИП.	19
Волинець О. В. (наук. керівн. Булашенко А. В.) ХВИЛЕВІДНИЙ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ІЗ ДВОМА ШТИРІЯМИ КІ ДІАПАЗОНУ	21
Волишко Н. А. (наук. керівн. Антонюк О. І.) ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОД ДЕТЕКТУВАННЯ ПРОЛЬОТУ КУЛІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ПРИСТРОЯХ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗБРОЇ.	24
Глушеченко Е. М. МІКРОСМУЖКОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ НВЧ ПРИСТРОЇ З КІЛЬЦЕВИМИ РЕЗОНАТОРАМИ БІГУЧОЇ ХВИЛІ.	26
Гнатюк Д. О. (наук. керівн. Чмельов В. О.) АДАПТИВНА ЦИФРОВА СИСТЕМА СЕЛЕКЦІЇ РУХОМИХ ЦІЛЕЙ	29
Головня В. М (наук. керівн. Зіньковський Ю. Ф.) БЛОК КОДУВАННЯ СИСТЕМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ФОРМЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРОВІ	31
Головня М. В., Пшегалінський Р. В. ФОРМУВАННЯ ШКАЛИ КИЇВСЬКОГО ЧАСУ НА ВТОРИННОМУ ЕТАЛОНІ ОДИНИЦЬ ЧАСУ І ЧАСТОТИ ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»	33
Дідковський Т. М. (наук. керівн. Богомоллов М.Ф.) ЛАЗЕРНІ АНАЛІЗАТОРИ ПАРАМЕТРІВ КРОВІ ЛЮДИНИ.	35
Добривечор В. В. (наук. керівн. Булашенко А. В.) ХВИЛЕВІДНИЙ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ІЗ ТРЬОМА ДІАФРАГМАМИ X-ДІАПАЗОНУ.	38

ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОД ДЕТЕКТУВАННЯ ПРОЛЬОТУ КУЛІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ПРИСТРОЯХ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗБРОЇ

Волинко Н. А.

(Науковий керівник Антонюк О. І., старший викладач)

Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», Факультет електроніки

В сучасному світі нам доводиться дуже часто стикатись з військовою підготовкою людей. Одним з основних етапів підготовки є вправи зі зброєю. Спочатку найчастіше використовують для тренувань страйкбольну або пневматичну зброю. А вже потім переходять безпосередньо до вогнепальної зброї. Щоб бути впевненим у правильності налаштувань і коректності роботи зброї, є етап перевірки різних фізичних параметрів зброї. Для цього використовують прилади, які детектують пролітання кулі на певній фіксованій відстані та визначають її швидкість, енергію і т.д.

Перш за все для створення такого пристрою необхідно визначитись з методом детектування прольоту кулі. Найкращим для цього методом є принцип датчика руху, в якому використовується фототранзистор та інфрачервоний світлодіод. Розглянемо схему роботи даного методу (рис.1).

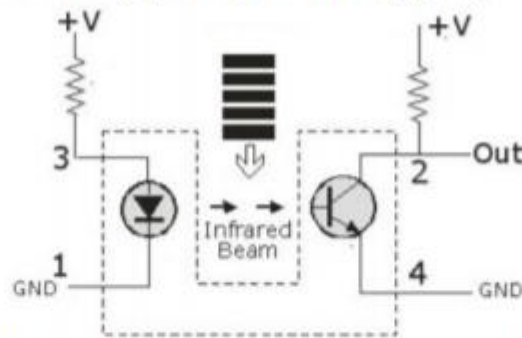


Рис. 1 – Візуальна схема роботи датчика прольоту кулі

Даний метод і буде застосовано при створенні датчика прольоту кулі. Для того, що цей датчик можливо було налаштувати перед використанням, то необхідно встановити перед фототранзистором змінний резистор (на рис.1 зображено постійний) і з виводу який приходить на ніжку фототранзистора буде зніматися сигнал. Перед використанням цього датчика, опір змінного резистора потрібно виставити так, щоб на сигнальному виході у нас була напруга логічного «0». Тобто фототранзистор і змінний резистор будуть працювати як подільник напруги. Коли куля буде пролітати, то вона перекриє інфрачервоний промінь, і опір фототранзистора різко зросте. На сигнальному

IV ВНТК Радіоелектроніка у XXI столітті

виводі з'явиться напруга логічної «1».

Таких датчиків повинно бути два, адже необхідно відслідкувати моменти прольоту кулі певної постійної відстані. Щоб фототранзистори були на максимальній чутливості і не ловили навколишнє освітлення, прийнято рішення помістити їх в закритий корпус.

Визначившись зі структурною схемою детектування прольоту кулі, можемо створити схему електричну принципову (рис.2). Блок датчика прольоту кулі складається з двох частин. До першої частини належать інфрачервоні світлодіоди (HL1 і HL2), які слугують для створення променя світла, який повинен передаватися до фототранзисторів. Також до цього блоку належить струмообмежувальний резистор. Друга частина складається з двох фототранзисторів (VT1 і VT2) та змінних резисторів (R11, R12), які разом створюють два подільника напруги з можливістю налаштування вихідного рівня сигналу при повному засвіченні фототранзистора. Таким чином ми регулюємо чутливість нашого датчика.

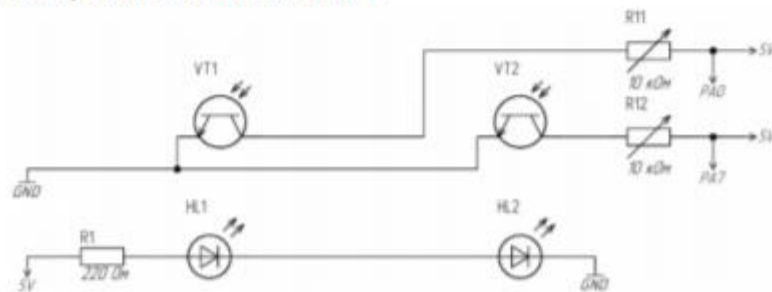


Рис. 2 – Схема датчика прольоту кулі

Отже, такий оптоелектронний метод детектування прольоту кулі можна застосовувати для вимірювання швидкості польоту кулі, адже ми маємо на виході блоку детектування інформацію про моменти часу прольоту кулі крізь датчики, а тому для визначення швидкості залишається обчислювальному блоку інформації тільки засікти час прольоту кулі між цими датчиками та виконати математичні обрахунки для знаходження швидкості. А знаючи масу кулі, можна з легкістю знайти кінетичну енергію кулі. Також використовуючи відліки часу і один з датчиків блоку детектування, можна визначити швидкострільність зброї, з якою проводяться вимірювання.

Література

1. Самохвалов М. К., Элементы и устройства оптоэлектроники: учебное пособие для студентов обучающихся по направлениям 654300 и 551100 "Проектирование и технология электронных средств". — Ульяновск: УлГТУ, 2003. — 125 с.
2. Хронограф – пристрій вимірювання швидкості польоту кулі. URL: <https://radiokot.ru/circuit/digital/measure/53/> (дата звернення: 12.05.2021).
3. Початкова швидкість польоту кулі. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Начальная_скорость_пули (дата звернення: 12.05.2021).

ДОДАТОК Г



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

*XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та
молодих вчених*

"ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ"

18-19 травня 2021 р.
м. Київ, Україна

Збірник праць конференції



КИЇВ 2021

УДК 621:537

Загальною метою конференції є спілкування студентів та аспірантів з питань перспективних розробок, нових рішень в приладобудуванні. Збірка містить 86 статей за результатами наукових та практичних досліджень з актуальних проблем автоматизації та приладобудування. Розраховано на аспірантів та студентів старших курсів з фаху «Автоматизація та приладобудування» і «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Адреса Оргкомітету конференції:
03056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 1, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Приладобудівний факультет, 1720.

Рекомендовано до публікації на засіданні Організаційного комітету конференції та Вченої Ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №5/21 від 31.05.2021 р.).

Відповідальний редактор – С.Л. Лакоза – к.т.н., доц.
В авторській редакції.

Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 18-19 травня 2021р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – 339 с.

Видано на замовлення Приладобудівного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

<i>Д.О. Феоклістов, студент гр. ПГ-01м</i> МЕТОДИ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДРЕЙФІВ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ГІРОСКОПІВ	69
<i>А.В. Хворостян, В.І. Савенко, Є.М. Яковенко, студенти гр. ПГ-п91, к.т.н., доц. Загорський О.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЯК ВИКОНАВЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ	72
<i>Шелемаха В.В., студент гр. ПГ-71, к.т.н., доц. Цибульник С.О.</i> ОГЛЯД КОЛЬОРОВИХ ШУМІВ.....	76
<i>В.А. Яковенко, студент гр. ПГ-71</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА MEMS-ГІРОСКОПУ RR- ТИПУ У РІЗНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ.....	79

СЕКЦІЯ 2. ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

<i>М.С. Білик, студент гр. ПО-71, к.т.н., доц. Кучеренко О.К.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ТОЧНОСТІ БАЗУВАННЯ СІТКИ У НАПІВАКТИВНІЙ СИСТЕМІ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ	86
<i>Васильчук Є.О., студент гр. ПО-71, д.т.н., проф. Макитенко В.І.</i> ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПОЛЯРИЗАТОРІВ ДЛЯ УФ-, ВИДИМОГО ТА ІЧ- ДІАПАЗОНІВ	90
<i>Н.А. Волинка, студент гр. ДК-72,ст. викл. Антонюк О.І.</i> ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ	93
<i>М.І. Доцик, студент гр. ПО-01м, д.т.н., проф. Колобродов В.Г.</i> АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОСМУГОВИХ ПОЛЯРИЗАТОРІВ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	97
<i>Ізатов Р.А., студент гр. ПО-71, к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.</i> АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОБ'ЄКТИВА ДЛЯ ТЕПЛОВІЗОРА.....	101
<i>Ісаєв В.В., студент гр.ПО-71,к.т.н.,доцент Кучеренко О.К.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ЛАЗЕРА В НАПІВАВТОМАТИЧНІЙ ЛАЗЕРНО-ПРОМЕНЕВІЙ СИСТЕМІ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ	104
<i>Д.В. Корнев, студент гр. ПО-71</i> ІНФРАЧЕРВОНИЙ ВІДЕОПОЛЯРИМЕТР	108
<i>А.І. Крижній, студент гр. ПО-71</i> ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СПОВІЩУВАЧІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ.....	111
<i>Ларін О.Є., студент гр. ПО-71, к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.</i> АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ ОКУЛЯРА З ВІДДАЛЕНОЮ ЗІНИЦЕЮ	114
<i>Линник К.В., студентка гр. ПО-71, д.т.н., проф. Чиж І.Г.</i> ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ ДАЛЕКОМІР НИТЯНОГО ТИПУ	118
<i>Проскурін В.С., студент гр. ПО-71, д.т.н., доц. Сокурєнко В.М.</i> АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИЛАДУ	

УДК 681.2

Н.А. Волинко, студент гр. ДК-72, ст. викл. Антонюк О.І.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ

Анотація. У роботі розроблено структурну схему, що містить в собі всі необхідні блоки для функціонування пристрою вимірювання швидкості польоту кулі: датчик польоту кулі, блок керування пристроєм, блок для індикації результатів, стабілізатори напруги, блок датчика температури і підсилення сигналу про вимірну температуру. Створено макет пристрою на основі «STM32F4Discovery», роботу якого протестовано в усіх режимах роботи та з різними параметрами налаштувань за допомогою страйкбольного привода.

Ключові слова: хронограф, датчик польоту кулі, швидкість та енергія кулі, цифрова обробка сигналу.

ВСТУП

В сучасному світі нам доводиться дуже часто стикатись з військовою підготовкою людей. Одним з основних етапів підготовки є вправи зі зброєю. Спочатку найчастіше використовують для тренувань страйкбольну або пневматичну зброю. А вже потім переходять безпосередньо до вогнепальної зброї. Щоб бути впевненим у правильності налаштувань і коректності роботи зброї, є етап перевірки швидкості кулі. Для цього використовують прилади для вимірювання швидкості кулі – хронографи.

Мета даної роботи є обрання принципу функціонування пристрою шляхом дослідження наукових основ вимірювання швидкості кулі і розробка блоку аналізу та обчислень для хронографа, що складався б із мінімальної кількості функціональних вузлів, потребував мінімальну кількість налаштувань і міг надати коректну інформацію про швидкість кулі, її енергію, за необхідності - параметр швидкострільності зброї, з якої була випущена куля, а також температуру навколишнього середовища, яка має вплив на зміну швидкості польоту кулі.

ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Принципова структурна схема за якою працює пристрій, наведена на рис.1.



Рисунок 1. Структурна схема пристрою

Пристрій можна умовно поділити на 5 функціональних блоків. Перший блок відповідає за надання інформації про моменти часу, коли куля пролітає повз датчики, які закріплені на певній відстані один від одного. Другий блок приймає команди від користувача, у вигляді натискань на кнопки, і передає їх у вигляді сигналів мікроконтролеру. До третього блоку віднесено датчик температури (ДТ) та підсилювач сигналу ДТ. Фактично ця частина структурної схеми

відповідає за надання інформації про температуру навколишнього середовища, яка впливає на швидкість кулі. До четвертого блоку належить мікроконтролер (МК). Він обробляє отриману інформацію від інших блоків, робить необхідні обрахунки і передає результати до блоку відображення даних. П'ятий блок - це блок відображення даних. До нього належить символічний LCD дисплей, який відображає для користувача результати вимірювань і розрахунку параметрів - саме тих параметрів польоту кулі (швидкість, енергія) та в цілому стрільби (швидкострільність), які користувач має попередньо обрати з меню налаштувань.

ВИБІР МЕТОДА ДЕТЕКТУВАННЯ ПОЛЬОТУ КУЛІ

Найпростішим методом визначення швидкості пересування будь-якого предмета є ділення відстані, яку подолав предмет, на час, за який він подолав цю відстань. Цей метод є доволі примітивний і простий водночас, але людство на цей час ще не придумало нічого кращого. Тому прийнято використовувати даний метод при створенні хронографа.

Отже ми вже знаємо, що нам потрібна фіксована відстань, яку ми в майбутньому використаємо для вирахування швидкості. І водночас нам потрібно отримати інформацію про час, за який куля долатиме цю відстань. Тому зрозуміло, що нам потрібен якийсь датчик який даватиме нам інформацію, про початок та кінець прольоту цієї відстані. Якби знати, що користувач використовуватиме тільки металеві кулі, то найкраще було б застосувати індуктивний датчик. Але варто пам'ятати, що є травматична зброя, в якій використовуються гумові кулі, та страйкбольна тренувальна зброя, в якій застосовуються пластикові кульки. Тому нам потрібно фіксувати ці моменти часу якимось візуальним методом, незалежно від матеріалу кулі. Найкращим рішенням є принцип датчику руху, в якому використовується фототранзистор та інфрачервоний світлодіод. Цей метод зображено на рис.2.

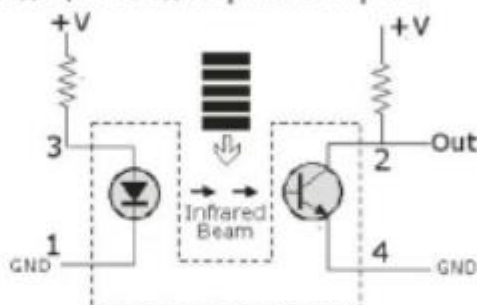


Рисунок 2. Візуальне представлення датчика прольоту кулі

Його і буде застосовано при створенні датчика прольоту кулі. Для того, щоб цей датчик можливо було налаштувати перед використанням, необхідно встановити перед фототранзистором змінний резистор(на рис.2 зображено постійний), і з цього виводу фототранзистора буде зніматися сигнал. Перед використанням цього датчика, опір змінного резистора потрібно виставити так, щоб на сигнальному виході у нас була напруга логічного «0». Тобто