



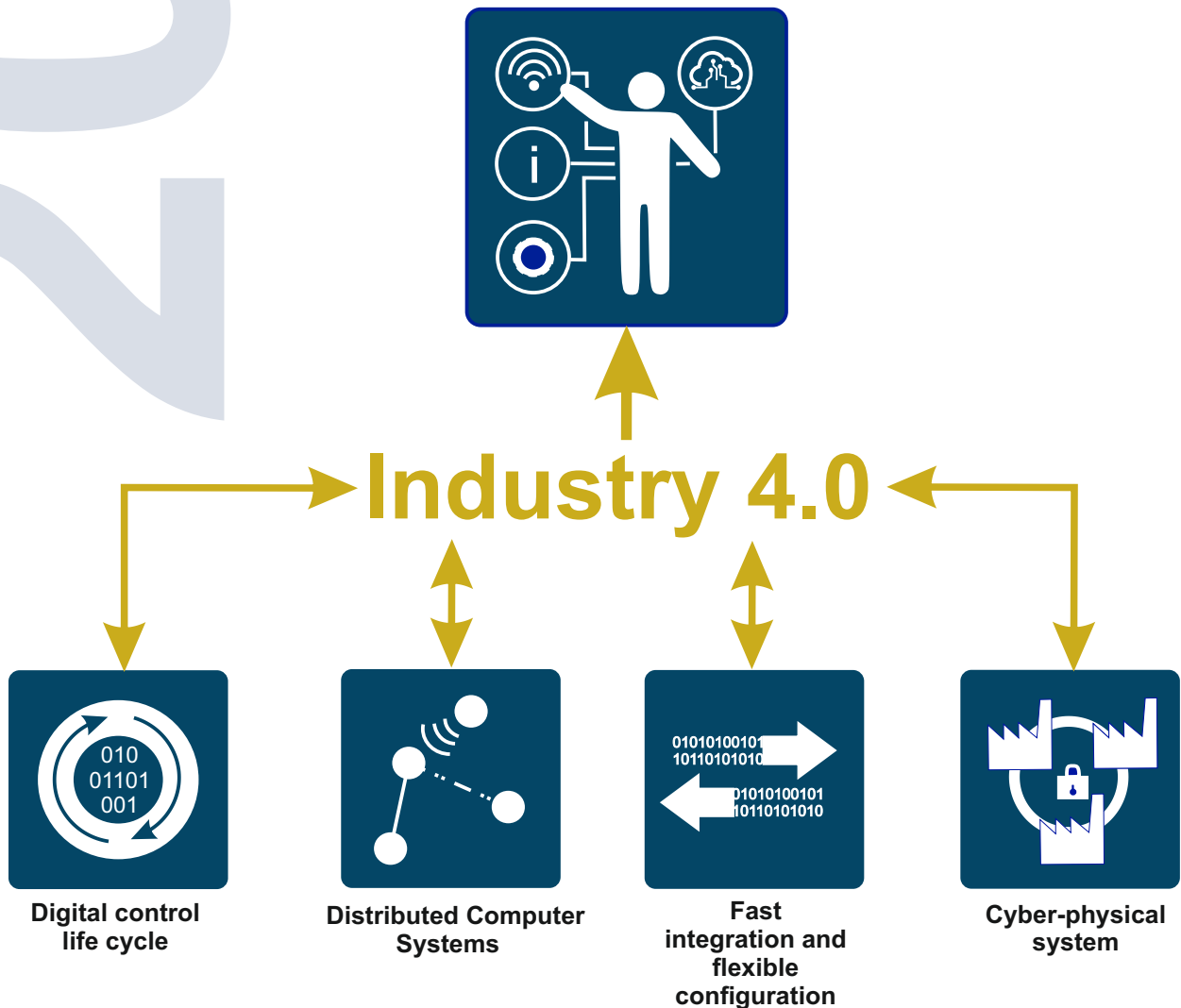
The Ministry of  
Education and Science  
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National  
University of  
Radio Electronics

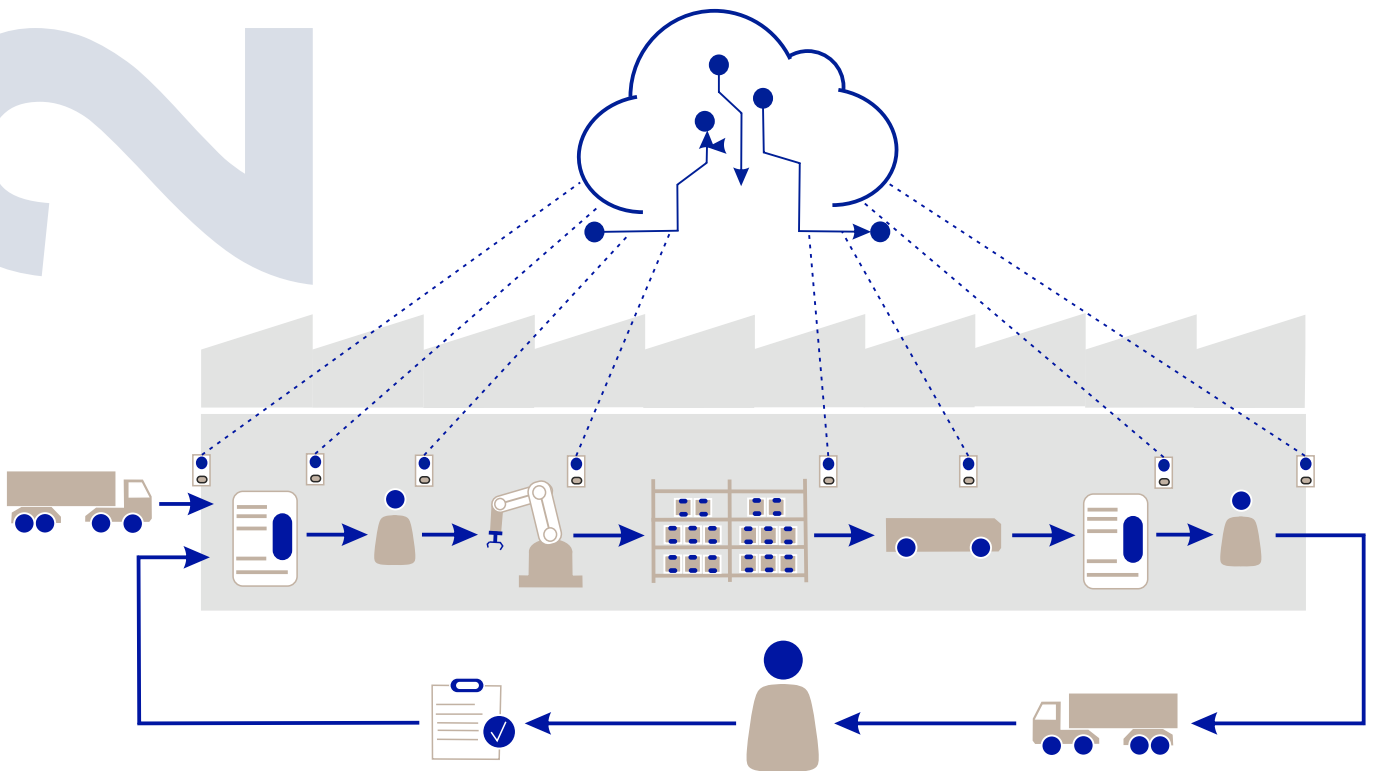
**KITAM**

**COLLECTION**  
OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER  
«Automation and Development of Electronic Devices»  
ADED-2022  
(Part 2)



# ЗБІРНИК

студентських наукових статей  
«Автоматизація та приладобудування»  
ADED-2022  
(Випуск 2)  
[електронне видання]



→ Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету  
**Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».  
**Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.  
**Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».  
**Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.  
**Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського  
**Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЕТЕКТУВАННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

**Д. М. Світайло**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: daria.svitailo@nure.ua

**Анотація:** У даній статті було розглянуто та проаналізовано ручні та роботизовані методи детектування потенційно вибухонебезпечних предметів. В результаті визначено характеристики, переваги та недоліки, що описують найефективніші з цих методів. Аналіз формує уявлення про застосування різних методів детектування, що необхідно для подальших досліджень у цій галузі.

**Ключові слова:** вибухонебезпечні предмети, міношукачі, металошукачі, БПЛА.

## ANALYSIS OF METHODS FOR DETECTING EXPLOSIVE OBJECTS

**D. Svitailo**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: daria.svitailo@nure.ua

**Annotation:** This article discusses and analyzes the manual and robotic methods of detecting potentially explosive objects. As a result, the characteristics, advantages and disadvantages describing the most effective of these methods are determined. The analysis forms an idea about the application of various detection methods, which is necessary for further research in this field.

**Key words:** explosive objects, mine detectors, metal detectors, UAV.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Пошук та ідентифікація небезпечних предметів є найважчим етапом. Особливо в сучасності, коли технології виготовлення та використання мін дуже широкі та у зв'язку з поширенням світового тероризму. Ручні методи знаходження вибухонебезпечних предметів призводять до певної кількості пропущених мін, жертв у персоналі саперів та собак, що є цінними та довго тренованими спеціалістами. Через це, має сенс перехід на методи без залучення людей безпосередньо у потенційно небезпечних зонах, а саме технології з використанням мобільних роботизованих комплексів, що унеможливають безпосередній контакт людини з вибухонебезпечним предметом та мають більшу точність, вибірковість та швидкодню.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Розглянемо ручні та автоматизовані методи детектування вибухонебезпечних предметів. А саме:

- візуальний пошук;
- застосування переносних електромагнітних кабелешукачів;
- застосування метало та міношукачів;
- застосування БПЛА;
- застосування робототехнічних комплексів.

Розглянемо метод візуального пошуку.

У можливих місцях знаходження вибухонебезпечних предметів застосовуються мінно-розшукові собаки. Вони ефективно виявляють вибухонебезпечні предмети, які пахнуть. Широко застосовуються металошукачі, вони також економічні й достатньо надійні для виявлення вибухових предметів, які містять метал. Застосовуються прилади виявлення вибухових предметів (детектори випарів).[1]

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги методу візуального пошуку: найефективніший спосіб пошуку, прилади для візуального пошуку мають високу чутливість.

До спільних недоліків можна віднести, що цей метод енергозатратний для людини, а також і доволі небезпечним.

Розглянемо метод застосування переносних електромагнітних кабелешукачів.

Для виявлення провідних ліній керування вибуховими пристроями застосовуються кабелешукачі та трасопошукове обладнання.

Функціонування таких приборів засноване на виявленні вторинних електромагнітних полей, наведених у провідних лініях сигналами радіомовних станцій (пасивні прибори) або збуджених за допомогою спеціальних пристроїв, які входять в комплект кабелешукача й трасопошукового обладнання (активні прибори).[2]

Провідні лінії керування вибуховим пристроєм можна виявляти в польових умовах шляхом застосування переносних електромагнітних кабелешукачів (11-210, P-480 – США тощо). Вони містять у собі передавальні й приймальні блоки, що закріплюють на кінцях несучої штанги 1-1,4 м. Робочі частоти – 40-100 кгц.[1]

В ході проведеного аналізу виявлені наступні переваги методу застосування переносних електромагнітних кабелешукачів: відносно невелика маса приборів (2-3 кг), максимальна глибина виявлення деяких об'єктів досягає 8-10 м, а також можливість виявлення місця й глибини залягання проводів з точністю до 20-25%.

До недоліків цього методу можна віднести швидкість ведення пошуку (2-3 км/год).

Розглянемо метод застосування метало та міношукачів.

Найширше використовують гармонійні або імпульсні активні металошукачі, принцип дії яких засновано на реєстрації вторинного електромагнітного поля, що наводиться струмами Фуко в металевому тілі під дією первинного поля, що збуджується. Нині у світі на виготовленні таких приладів спеціалізуються понад 30 фірм.[1]

Металошукач Vallon VMC1 є на озброєнні десантно-штурмової бригади, що в Житомирі.[6]

Міношукач ІМП-2, що виявляє протитанкові міни на глибині до 50 см, а протипіхотні – до 15 см.[6]

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги: оповіщення про виявлення вибухонебезпечного предмета відбувається за допомогою світлодіодного індикатора, динаміка і вібрації. Можливість подачі звукового сигналу в головні телефони, в умовах виконання завдання на передньому краї противника наявність такої гарнітури допомагає саперу бути малопомітним, нездатні виявляти на більшій глибині вибухонебезпечні предмети в пластиковому корпусі з дуже малим вмістом металу (рис. 1).

Vallon VMC1	Металошукачі	ІМП-2
<b>3,1</b> (у транспортній сумці)	<b>5,4</b> (у жорсткому футлярі)	<b>8</b> (у чемодані)
<b>АРМІЯ INFORM</b>	<b>2,4</b>	<b>Маса робочого органа, кг (з батареями)</b> <b>2</b>
<b>37x14x7</b> (у складеному вигляді)	<b>41x33x16,5</b> (жорсткий футляр)	<b>Розміри, см (ДхШхВ)</b> <b>19,5x13x4,5</b> (блок обробки)
- світлодіодний індикатор - динамік - вібратор		<b>Оповіщення про знаходження</b> звук зі змінною частотою звука
Елементи живлення: 3 стандартні 1,5 В лужні батареї LR14 або 12-вольний NiMH акумулятор HR14 у такій же кількості. Час роботи становить близько 9 та 10 годин відповідно.		Живиться від 6 батарей 316 у касеті (установка в блок обробки)

Рисунок 1 – Характеристики Vallon VMC1 та ІМП-2

Переваги Vallon VMC1: цей металодетектор іноземного виробництва має компактний дизайн, що робить його зручним у транспортуванні. VMC1 перетворюється на повнорозмірний металодетектор лише за кілька рухів і готовий до використання. Прості елементи управління, що чітко ідентифікуються, забезпечують приладу виняткову простоту експлуатації й високу надійність виявлення ВВП. Завдяки максимальній чутливості VMC1

також реагує на міни з низьким вмістом металу. Важить 2,4 кг (без неї – 2,16 кг), як елемент живлення використовують стандартні 1,5-вольтні лужні батареї LR14 або 1,2-вольтний NiMH акумулятор HR14 у такій же кількості. Час їхньої роботи – близько 9 та 10 годин відповідно (за температури довкілля близько 20 градусів за Цельсієм, як зазначено в інструкції виробника).[6]

Недоліки Vallon VMC1: На 20-градусному морозі, то елементів живлення вистачило лише на пів години роботи.

Переваги ІМП-2: загальна вага в робочому стані – не більше 2 кг, в упаковці – 8 кг. Глибина виявлення об'єкта пошуку залежить від розміру – такі, як протитанкові міни типу ТМ-62М на глибині до 50 см та протипіхотні міни типу ПМН-2 на глибині до 15 см. Індикація виявлення – звукова, причому частота звуку (тон) залежить від маси знайденого предмета і глибини.

Недоліки ІМП-2: коли зависока температура на вулиці металевий корпус металошукача сильно нагрівався, через що швидко «плили» батареїки.

Розглянемо метод знаходження вибухонебезпечних предметів за допомогою БПЛА.

XAG V40 RevoSpray (рис. 2, а) – це флагман серед дронів, який отримав безліч нагород. [4]

D80-Discovery (рис. 2, б) – це ультра портативний комплект для магнітометричної зйомки.[4]



а) Дрон XAG V40 RevoSpray; б) БПЛА D80-Discover

Рисунок 2 – БПЛА

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги: поєднання різних датчиків та штучного інтелекту дозволяють відрізнити вибухівку від звичайного сміття

До спільних недоліків відносяться: не можуть виявити міни, виготовлені з пластику або інших неметалевих матеріалів, не можуть викопувати міни самостійно, але надані ними дані мають значно прискорити роботу з розмінування. Автономне запрограмоване польотне завдання від зльоту до посадки.

Переваги XAG V40 RevoSpray: ця модель більш компактна, гнучка, зручна у транспортуванні. Цей дрон в 5-10 разів використовує менше палива на гектар, ніж звичайна техніка. Передає інформацію про знаходження вибухонебезпечних предметів через блютуз на екран монітора.[4]

Недоліки XAG V40 RevoSpray: не виявляє невеликі та компактні об'єкти.

Переваги D80-Discovery: на відміну від інших, аналогічних дронів, безпілотник D80-Discovery використовується для картографування з високою роздільною здатністю для виявлення невеликих та компактних об'єктів, а також структур у землі, таких як бомби та боєприпаси. Його конструкція дозволяє встановити датчики на відстані 25 см або 50 см забезпечуючи ширину захоплення 2,5 м і більше. Дальність дії до 900 км. Використовується для пошуку мін та снарядів навіть під водою.[4]

Недоліки D80-Discovery: великий розмір.

Розглянемо робототехнічні комплекси.

KAPLAN EOD (рис. 3, а) – робот для знешкодження вибухівки дистанційно з безпечної відстані.[5]

Andros MarkV-A1 (рис. 3, б) – робот для роботи з вибухонебезпечними об'єктами, розроблений компанією Northrop Grumman в 2004р. з метою зниження ризику для життя операторів.[5]

AVENGER ROV (рис. 3, в) – тактичний робот виробництва компанії MED-ENG (Канада).[5]



а) Робот KAPLAN EOD; б) Робот Andros MarkV-A1; в) Робот AVENGER ROV  
Рисунок 3 – Роботизовані комплекси.

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги: всі комплекси мають три спеціалізовані камери, включаючи панорамну, гнучка транспортна платформа дає високу мобільність на різних ландшафтах

Переваги KAPLAN EOD: сила, зносостійкість та простота управління. Можливість саперам вивчати підозрілі об'єкти з відстані в 500м та екіпірований робо-рукою з сімома ступенями вільності для детального обстеження та знешкодження вибухівки. Також доступні автоматизовані

та наперед задані операції для зменшення навантаження на спеціаліста в такому високостресовому середовищі.[5]

Недоліки KAPLAN EOD: камера не є високоточною (не чітке зображення) .

Переваги Andros MarkV-A1: робот має кольорову камеру з підсвіткою, що встановлена на 620-мм мачту; 3 окремі камери, маніпулятор з механічним схватом з круговим обертанням.

Недоліки Andros MarkV-A1: керування здійснюється за допомогою оптоволоконного кабелю, радіокерування або жорсткого електричного кабелю.

Переваги AVENGER ROV: Він володіє здатністю проникати під, в та на автомобіль для розслідування підозрілих пристроїв. Система кріплень дозволяє встановлювати рентгенівські системи, руйнівники, датчики тощо. Гусениці є дистанційно керованими для підйому по сходам. Керування здійснюється через бортовий комп'ютер, що оброблює інформацію з датчиків, та командну консоль, що надає оператору відео та аудіо в реальному часі. Присутня система освітлення для роботи в темних місцях та двостороннє аудіо.[5]

Недоліки AVENGER ROV: обмежена здатність здолати високі вертикальні перешкоди та довгих прірв, ускладнена внутрішня конструкція коліс [7-15].

ВИСНОВКИ. Проведений аналіз дає змогу побачити, що застосування ручних методів ідентифікації застаріло, а також є дуже небезпечним для людини. Тому можна зробити висновки, що ідентифікація і розмінування надійніше і безпечніше проводити за допомогою застосування робототехнічних комплексів. Проаналізовані у роботі робототехнічні комплекси дають змогу виявити недоліки сучасних комплексів та в подальшому модернізувати робототехнічні комплекси, що дозволить усунути більшість з них.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Іщенко, А. В. Засоби і методи виявлення вибухових речовин та пристроїв у боротьбі з тероризмом / А. В. Іщенко. — Київ : Національна академія внутрішніх справ України, 2005.
2. Прохоров-Лукін Г.В. Методика комплексного дослідження вибухових пристроїв, вибухових речовин і слідів вибуху/ Г. В. Прохоров-Лукін. — Київ : Національна академія внутрішніх справ України, 2007. С. 20-55.
3. Вакуленко С.Ю. Мобільний роботизований комплекс з системою маніпуляторів / С. Ю. Вакуленко. — Київ, 2019. С. 7-60.
4. Дрон для розмінування [Електронний ресурс]. — Режим доступу: URL: <https://euromag.biz/ua/p1651722039-dron-dlya-razminirovaniya.html>
5. БПЛА Draganflyer [Електронний ресурс]. — Режим доступу: URL: <https://habr.com/ru/post/66807/>
6. Металодетектори [Електронний ресурс]. — Режим доступу: URL: <https://armyinform.com.ua/2020/02/05/metalodetektory-oglyad-armiyainform/>
7. Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>
8. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
9. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257
10. Yevsieiev V., Maksymova S., Starodubcev N. Software Implementation Concept Development for the Mobile Robot Control System on ESP-32CAM // Current issues of science, prospects and challenges: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 2), June 10, 2022. Sydney, Australia: European Scientific Platform., 2022. P. 54-56
11. Yevsieiev V. Development of Architecture for Mobile Robot Control Based on Raspberry Pi Model 3 B+ / V. Yevsieiev, A. Skripkin // Scientific Horizon in the Context of Social Crises : The XI International Scientific and Practical Conference, April 6-8, 2022. – Tokyo, Japan, 2022. – P. 274–277.
12. Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ», (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>
13. Yevsieiev V. Development of A System for the Production Process Monitoring Using Telegram Bot / V. Yevsieiev, S. Maksymova, S. Starikova // The III International Scientific and Theoretical Conference “The Current State of Development of World Science: Characteristics and Features” August 5, 2022. Lisbon, Portuguese Republic. P. 70-72
14. Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
15. Yevsieiev V. Research of Object Recognition in the Workspace of A Mobile Robot Based on the Yolo Method s / Yevsieiev V., Tokarieva O., Starikova S. // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотovoltaїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. 140 с. – С. 101-102