Розроблення засобів формування баз даних про вибухонебезпечні предмети, методи їх пошуку та ідентифікації

Антон Бондаренко[1], Дмитро Янушкевич[1]
1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: anton.bondarenko@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі наведено інформацію щодо засобів формування баз даних вибухонебезпечних предметів, методів їх пошуку та ідентифікації.

Ключові слова: ВНП, РКВП, ідентифікація, розмінування, вибуховий пристрій.

I. Вступ

Всі воєнні конфлікти супроводжуються широким застосуванням протиборчими сторонами протипіхотних мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). Однією з проблем, з якою країни у всіх регіонах, де велись бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія, Україна тощо), стикаються з проблемами пошуку та ідентифікації вибухонебезпечних предметів.

Згідно зі звітом Міжнародного руху за заборону протипіхотних мін (International Campaign to Ban Landmines, ICBL) за 2020 рік, 2019-й рік став одним з найтрагічніших за рівнем смертності від вибухів мін в світі. Найбільше число смертей від розривів мін було зафіксовано в Афганістані, Колумбії, Іраку, Малі, Нігерії, Україні та Ємені. Третина (33%) смертей від вибухів протипіхотних мін в 2019 р. була зафіксована в 55 країнах, що приєдналися до Оттавського договору. Вибухи протипіхотних мін в 2019 р. забрали не менше 2 170 життів по всьому світу, ще 3 357 осіб отримали поранення. Понад 80 % загиблих від вибухів мін – цивільні особи, 43 % з яких діти.

Наприклад, за роки воєнного конфлікту на Донбасі (Україна), який почався у 2014 р., він перетворився на одну з найбільш насичених мінами й ВНП територій в світі. За оцінкою Організації Об'єднаних Націй (ООН), за роки війни тут заміновано 1,6 млн га землі, з них 700 тис. на території, підконтрольній урядові України. Площа забруднених регіонів, що містять міни та ВНП, становить майже 7 тис. км 2 на підконтрольній території та орієнтовно 14 тис. км 2 на окупованих територіях Донецької, Луганської областей та Автономної Республіки Крим. На цих територіях може знаходиться близько3,3 млн протипіхотних мін

II. Ідентифікація вибухонебезпечних предметів

Гуманітарне розмінування спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії вибухових речовин на життєдіяльність людей. Мета розмінування полягає в тому, щоб знизити мінну небезпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом наземних мін.

Вибухонебезпечні предмети – вибухові матеріали, боєприпаси, що містять вибухові речовини, а також біологічні та хімічні речовини: бомби і боєголовки; керовані і балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні боєприпаси і боєприпаси до стрілецької зброї; усі міни, торпеди і глибинні бомби; піротехнічні вироби; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої тощо.

Після закінчення другої світової війни у всіх регіонах світу продовжували виникати численні військові конфлікти, породжені національно-визвольними і громадянськими війнами, міжнародними і міжнаціональними протиборствами. Всі ці конфлікти неодмінно супроводжувалися широким застосуванням протиборчими сторонами наземних мін, причому з року в рік активність і масштаби їх застосування неухильно зростали.

В результаті, як свідчать офіційні дані ООН, у всіх регіонах світу на територіях 64 країн встановлено близько 110 мільйонів мін і приблизно 100 мільйонів їх знаходиться на складах в готовності до негайного застосування.

Застосування наземних мін обумовлена в наступними причинами:

– високою ефективністю дії - здатністю виводити з ладу важкі бойові машини і транспортні засоби, вражати живу силу і наносити особовому складу важкі поранення, що вимагають тривалого і дорогого лікування (лікування одного пораненого на міні в середньому коштує 5000 доларів США);

– простотою конструкції, що дозволяє використовувати малокваліфіковану персонал, на підготовку якого потрібно мало часу;

– низькою вартістю виробництва боєприпасів (ряд зразків протипіхотних мін має вартість 3 долари США за 1 шт., а протитанкових - 75 доларів, в той час як сумарні витрати по нейтралізації однієї міни становили 300 - 1000 доларів);

– наявністю великого міжнародного ринку наземних мін (всього зафіксовано понад 700 моделей мін, більшість яких мають вартість 0,5-30 доларів);

– здатністю країн-розробників і експортерів поставляти покупцеві великі партії простих і дешевих мін (сумарна продуктивність промисловості становила 10 мільйонів мін на рік, яка щорічно отримувала від їх продажу дохід у 100-200 мільйонів доларів).

Проблеми також пов'язані з постійним ускладненням ситуації із застосуванням мін та поглиблюються небезпекою підриву населення на боєприпасах (вибухонебезпечних предметах), які не підірвались (не здетонували). Таких мін та боєприпасів на полі бою і в районах нанесення ракетно-артилерійських ударів залишається все більше. Це особливо характерно для територій на сході України.

Такі боєприпаси становлять ще більшу небезпеку, ніж міни та сприяють зростанню втрат серед місцевого населення. Особливе занепокоєння викликає факт невідповідності темпів проведеного розмінування розмаху триваючої установки мін.

Слово «міна» вживається у двох значеннях:

– як артилерійський снаряд до мінометa;

– спеціальний боєприпас, призначений для встановлення на землі / під землею / у воді, і який уражає ціль внаслідок її присутності або безпосереднього впливу на міну.

За призначенням розрізняють міни:

– протитанкові (ПТМ);

– протипіхотні (ППМ);

– протитранспортні;

– об'єктні;

– спеціальні.

Найбільш важко виявляються протипіхотні міни. Протипіхотні міни використовуються також для пристрою «мін-сюрпризів» та «мін-пасток».

Протитранспортні міни призначаються для мінування автомобільних доріг і залізниць, аеродромів.

Об'єктні міни призначаються для руйнування мостів, тунелів та інших споруд. Вони встановлюються всередині об'єкта в спеціальних мінних колодязях (камерах) або в ґрунті.

Починаючи з 2014-го, на території проведення АТО/ООС виявлено та знищено понад 480 000 вибухонебезпечних предметів, здебільшого боєприпасів ствольної та реактивної артилерії (калібрів 122 мм, 125 мм, 152 мм), мінометних мін (82 та 120 мм), гранатометних пострілів (ПГ-7, ВОГ-17, ВОГ-25), протитанкових мін (ТМ-62, ПТМ-3), протипіхотних мін (ОЗМ-72, МОН-50, ПМН-2, ПФМ-1, ПОМ-2), саморобних вибухових пристроїв [4].

Згідно даних організації з гуманітарного розмінування HALO Trust, на сході України виявлено 297 мінних полів загальною площею понад 26 мільйонів м^2, де знаходиться близько 3,3 мільйона мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). На розмінування цих територій України знадобиться не менше 25-30 років.

Роботи по створенню роботизованих систем та комплексів (РТС) військового (подвійного) призначення, включаючи роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном [1…4].

Розглянемо сучасні методи ідентифікації які широко використовуються у наш час. Усі методи, що досліджують наявність (тобто виявлення та розпізнавання) вибухових речовин та пристроїв як під час виконання експертних завдань, так і в позалабораторних умовах (оперативне застосування), на мій погляд, можна об'єднати в чотири основні групи:

1 група – фізичні методи;

2 група – фізико-хімічні методи;

3 група – хімічні методи;

4 група – органолептичні методи.

До першої групи (фізичні методи) можна віднести такі методи:

– дрейф-спектрометричний метод ґрунтується на спектрометрії рухливості іонів в електричному полі;

– мас-спектрометричний метод ґрунтується на молекулярному рівні, тобто за рахунок великої швидкості молекули групуються залежно від своєї маси;

– метод спектроскопії ґрунтується на спектральному аналізі вибухової речовини у фізичному середовищі (розчинники), зокрема ІЧ-спектроскопія;

– метод інтроскопії ґрунтується на взаємодії всієї (або частини) маси вибухових речовин з проникаючим випромінюванням, в якому використовується потік теплових нейтронів або променів певного спектра електромагнітних коливань;

– метод ядерно-магнітного резонансу ґрунтується на дистанційному аналізі елементного складу вибухової речовини за рахунок ядерного випромінювання;

– метод нейтронної активації ґрунтується на виявленні вибухової речовини як об'єкт з підвищеним вмістом водню та ін. методи.

До другої групи (фізико-хімічні методи) відносять:

– газо-хроматографічний метод ґрунтується на виявленні часток вибухової речовини за рахунок розподілу її компонентів на межі фаз високочистих газів-носіїв (аргон, азот) та чутливому сорбенті;

– рідинно-хроматографічний метод ґрунтується на виявленні часток вибухової речовини за рахунок його властивостей розчинятися в рідинах-носіях та утримуватися певний час на сорбенті;

– потенціометричний метод ґрунтується на зміні електричного опору речовини (вибухової речовини) під дією електричного струму;

– поляриметричний метод – під дією світового потоку кожна речовина (вибухової речовини) має свій спектр та ін. методи.

Ця група методів використовується для виявлення вибухової речовини в прихованих предметах, наприклад, багажу, ручному вантажу, сумках, пакетах тощо [1].

До третьої групи (хімічні методи) належать:

– метод крапельної реакції (крапельні тести) ґрунтується на зміні кольору слідів вибухової речовини під дією певного хімічного реагенту;

– метод тонкошарової хроматографії ґрунтується на властивостях вибухової речовини в певних умовах (насичена пароповітряна суміш розчинників) розкладатися на чисті речовини та ін. методи.

Ця група методів застосовується для виявлення часток вибухової речовини, що залишаються на різних предметах, на шкірі, одязі тих осіб, які переносили або мали стикання з вибуховою речовиною та наявності самої речовини.

До четвертої групи (органолептичні методи) відносять візуальний та біофізичний методи.

Біофізичний метод у свою чергу поділяється на такі:

– біосенсорний метод ґрунтується на виявленні азотовмістовних речовин за допомогою собак, свиней тощо;

– біолюмінесцентний метод ґрунтується на виявленні за допомогою УФ-люмінесценції залишок вибухової речовини на руках, одязі тощо;

– ферментативний метод ґрунтується на виявленні мікрочасток вибухової

– речовини на руках, багажу тощо при нанесенні її на спеціальний оброблений тампон.

Ця група методів застосовується для виявлення слідів таких видів вибухової речовини, що залишаються у прихованих різних предметах, на шкірі, одязі тих осіб, які переносили або мали стикання з вибуховою речовиною.

Технічна реалізація цих методів забезпечується спеціальними приладами, засобами, комплексами, за допомогою яких виявляють наявність вибухової речовини (вибухового пристрою) або їх залишків за певними ознаками [2].

Кожен з цих методів застосовується залежно від ситуації, способу (наявності вибухової речовини чи можливого її знаходження), обставин, суб’єкта (працівник органу дізнання, оперативник, митник тощо), спеціаліста (криміналіста, експерта) та труднощів дослідження вибухової речовини.

Таким чином для здійснення ідентифікації характерним є зростання уваги до проблем створення робототехнічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКВП). Це обумовлюється намаганням усіх передових країн світу до збереження людського життя, в контексті якого використання РКВП дозволяє досягти позитивних результатів. Крім того, ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, зокрема, військової сфери, що відповідає змісту сучасного постіндустріального суспільства на базі концепції Industry 4.0.

Роботи по створенню РКВП проводяться в різних країнах світу. Так, США визнало, що застосування РКВП – один з найперспективніших напрямів розвитку військової справи. США можна вважати лідером не тільки розробок, а й практичного використання роботів, хоч багато зусиль нині здійснюють також Китай, Великобританія, Ізраїль, Туреччина та Іран [3, 4].

Плани Міноборони США DARPA полягають у тому, щоб у 2025 році здійснити перехід до повноцінної робототехнічної армії. Наземні роботизовані комплекси сухопутних військ, на думку фахівців, здатні вирішувати широкий спектр завдань, основними з яких є [5]:

– виявлення, обстеження та знешкодження мін, фугасів та саморобних вибухових пристроїв;

– ведення розвідки та спостереження;

виявлення позицій снайперів, вогневих засобів, засідок та систем спостереження ворога;

– обстеження будівель, споруд та окремих об'єктів;

– доставка матеріально-технічних засобів за місцем призначення.

Розробку дистанційних роботехнічних систем ведуть не лише у США. У цьому напрямі працюють інші технологічно розвинені країни. Серед тих країн, які ведуть розробки, найактивніше слід назвати – Ізраїль, Південну Корею, Індію, Китай, Японію та Росію. В Ізраїлі автоматизація бойових дій стала основною тенденцією. Уздовж 60-кілометрової смуги Газа зараз встановлюються роботи-снайпери. Розроблені ізраїльським військовим концерном Rafael стаціонарні системи See-Shoot оснащені автоматичними кулеметами із камерами. Дальність їхнього бою досягає 1500 м [3].

Згідно міжнародного стандарту ISO 8373:2012 «Robots and robotic devices. Terms and definitions», робототехнічний комплекс (robot system) – це комплекс, що складається з одного або декількох роботів, їх робочих органів та будь-яких механізмів, обладнання, приладів або датчиків, що забезпечують виконання роботом функціонального призначення (завдання) [8].

Створенням робототехнічних комплексів військового призначення активно займаються провідні країни світу, беручи за основу свої наукові, технічні та промислові накопичення [4].

Створення РКВП потребує суттєвого опрацювання ядра найважливіших технологій, які необхідні для створення всієї номенклатури перспективних РКВП. При цьому типовий зразок РКВП може бути представлений у вигляді сукупності функціонально пов’язаних елементів. Зокрема [9]:

1. Базовий носій – це може бути мобільна платформа, шасі чи корпус будь-якої конфігурації, призначені до застосування у різних середовищах.

2. Спеціалізоване навісне (вбудовуване) обладнання у вигляді набору знімних модулів корисного (цільового) навантаження.

3. Засоби забезпечення та обслуговування, що використовуються при підготовці до застосування та технічної експлуатації робота.

Склад спеціалізованого обладнання встановлюється, виходячи з функціонального призначення РКВП і може включати:

– засоби розвідки;

– засоби озброєння;

– навігаційні пристрої;

– спеціальне технологічне обладнання;

– засоби телекомунікації;

– спеціалізовані обчислювачі та контролери із програмно-алгоритмічним забезпеченням;

– засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ);

– захисні засоби.

Крім цього, РКВП потребують забезпечення та обслуговування, тобто до складу комплексу додатково включаються [3]:

– пункт управління, контролю та обробки інформації;

– засоби доставки, транспортування та запуску;

– засоби спорядження, заправки та зарядки;

– засоби підготовки фахівців;

– комплект керівних документів;

– комплект запасного приладдя.

Таке уявлення типового РКВП дозволяє виділити технології для розробки перелічених елементів. Критичні технології робототехніки можна декомпозувати на:

– основні, тобто розроблювані безпосередньо для робототехнічних комплексів;

– допоміжні – розроблювані для широкої номенклатури зразків озброєння та перспективи застосування РКВП.

До основних можуть бути віднесені такі технології:

– систем сприйняття та обробки сенсорної інформації, оцінки ситуації та планування дій;

– автоматичного наведення та управління;

– дистанційного та автономного управління рухом;

– автоматичного розпізнавання образів (цілей), аналізу ситуацій та динамічних сцен;

– штучного інтелекту та навчання;

– людино-машинного інтерфейсу;

– інтелектуальних систем групового керування.

До допоміжних можна віднести технології:

– автоматизованого керування;

– енергетики;

– створення та застосування нових матеріалів та речовин;

– геоінформаційні та точного глобального позиціонування;

– створення перспективних систем датчиків та їх елементів;

– створення оптичних та оптико-електронних засобів.

Володіння такими технологіями – запорука успіху у забезпеченні необхідного ступеня автономності та інтелектуальності безпілотних літальних апаратів (БПЛА), наземних РКВП та автономних морських апаратів.

Сучасному стану та перспективам розвитку РКВП присвячено ряд досліджень одні з яких були теоретичного та експериментального характеру, що стосуються розробки маніпуляторів для мобільних роботів спеціального призначення, адаптованих для роботи з небезпечними об’єктами РКВП [5], та дослідження щодо методів пошуку мін та ВНП [6, 7]. Як показав аналіз цих досліджень, вони стосуються лише питань розробки та застосування РКВП для ведення бойових дій, боротьби з тероризмом, пошуку ВНП. Проте питанням комплексного застосування РКВП для здійснення гуманітарного розмінування (пошук, ідентифікація, знешкодження ВНП) уваги приділено недостатньо. Таким чином, роботи по створенню засобів формування баз данних вибухонебезпечних предметів, методів їх пошуку та ідентифікації є актуальним завданням.

Пошук та ідентифікація ВНП для розмінування є комплексним завданням. РКВП для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними маніпуляторами та детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВНП.

Виявлення ВНП означає їх пошук, зумовлений факторами, до яких відносяться [6]:

– наявність вибухової речовини та локально розташованої маси металу;
– специфічна форма мін, фугасів та ВНП;
– неоднорідності середовища, де розміщений ВНП.

До ознак вибухонебезбечних предметів відносяться: наявність металевих та пластмасових деталей, напівпровідникових приладів (діодів, транзисторів, інтегральних мікросхем) підривних пристроїв, провідних ліній, антен, певна форма корпусу (циліндр, паралелепіпед) тощо.

Однією з найважливіших характеристик розроблення, що робить можливим його використання в конкретному регіоні світу для пошуку конкретних вибухонебезпечних предметів, є гранична чутливість – гранична концентрація парів вибухонебезпечних предметів у повітрі, яка може бути виявлена. У світі уже розроблено багато моделей РКВП. На цей час для виконання особливо небезпечних робіт з пошуку та ідентифікації ВНП широко використовуються робототехнічні дистанційно-керовані засоби і системи. Найбільш відомі такі моделі, як «Хантер» (Великобританія), «Гарант-1» (Швейцарія), «КАРРА» (Німеччина), «Марка» (Ірландія) тощо.

Значний досвід використання робототехнічних дистанційно-керованих апаратів накопичено в тих державах, у яких вчинення терористичних актів із застосуванням вибухових пристроїв значно почастішали, наприклад, у Великобританії (Північній Ірландії), Ізраїлі, США, Росії тощо.

Робототехнічні дистанційно-керовані апарати, як правило, виконуються у виді шасі із системою телекерування і маніпулятором, на якому залежно від визначених завдань може у різних комбінаціях установлюватися таке обладнання:

– засоби пошуку ВНП; телекамери спостереження;
– захват (з крюком і буксирним тросом), кішка з фалом;
– засоби руйнування ВНП ближнього радіусу дії (від 0,1 до 2 м).

Шасі робототехнічного дистанційно-керованого апарата виконується гусеничним (з гумовими гусеницями) або колісним (з гумовим покриттям та всіма ведучими колесами).

Привод коліс – механічний (від двигуна внутрішнього згорання) або електричний (від зовнішнього джерела через проводову систему керування або від бортової батареї акумуляторів). Керування даним апаратом здійснюється за допомогою радіосигналу (якщо вибуховий пристрій має систему радіо керування) або через проводову систему.

Прохідність більшості подібних апаратів така, що забезпечує пересування по твердих поверхнях (асфальту, бетону), і має обмежену можливість руху по м’якому ґрунту, лугу тощо. Апарат може долати

невеликі перешкоди, наприклад, бордюри, бруківка, тротуари тощо. Окремі моделі спеціально сконструйовані таким чином, що можуть підніматися сходами будинку, а також по трапу літака.

Робототехнічні дистанційно-керовані апарати можуть використовуватися для вирішення таких завдань:

– дистанційний візуальний огляд предметів і приміщень щодо наявності в них вибухонебезпечних предметів;

– візуальна ідентифікація (по можливості) типу вибухонебезпечних предметів, його підривача, маси заряду вибухової речовини, наявність або відсутність уламків корпусу;

– пошук й ідентифікація вибухонебезпечних предметів за допомогою технічних засобів пошуку: газоаналізатора типу «АРГУС», стетоскопа, міношукача; приладу для взяття проб повітря;

– приведення до спрацьовування оптичних підривачів і підривачів з натяжними (що розкидаються) датчиками цілі (розтяжками) в приміщеннях і на відкритій місцевості;

– доставка до ВНП різного роду засобів руйнування ближнього радіусу дії і локалізаторів дії вибуху, закріплення на вибухонебезпечних предметах й інших предметах фала.

В Україні розроблено та впроваджено РКВП для розвідки та знешкодження ВНП (рис. 1). На практиці даний вибухотехнічний апарат показав високі показники та ефективність його застосування.

Рис. 1. Дистанційно-керований апарат для розвідки та знешкодження вибухонебезпечних предметів

Цей прилад використовується для пошуку і безпечного знешкодження вибухонебезпечних предметів в умовах міста і промислової забудови. РКВП включає саморухому базу на колісному шасі (всі колеса – ведучі), систему дистанційного керування, оглядову телекамеру з системою передачі інформації на монітор, джерело ІЧ-підсвітлення, лазерний датчик, одноступінчатий маніпулятор із закріпленою на ньому платформою для додаткового обладнання. Привод коліс – електричний, від вбудованої батареї акумуляторів.

Проте, в реальному застосуванні, найбільш перспективним є застосування різних комбінацій або поєднань електромагнітного, оптичного та механічного методів.

Обмеженням досліджень є те, що сучасні методи та детектори виявлення ВНП не достатньо повно пройшли експериментальну перевірку в умовах реальних обставин, які можуть бути на територіях, забруднених ВНП. Можливим розвитком цього дослідження може бути розробка РКВП, які можуть здійснювати пошук (не тільки на поверхні ґрунту, але і на певній глибині), ідентифікацію та прийняття рішення щодо їх знешкодження.

III. Висновки

В даному матеріалі проведено аналіз актуальності розробки засобів формування баз даних вибухонебезпечних предметів, методів їх пошуку та ідентифікації. Було наведено світову статистику, основні види пошуку вибухонебезпечних предметів у наш час та розроблено пропозиції щодо їх покращення.

Перелік посилань

[1] Johns P. B. "A symmetrical condensed node for the TLM method," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*., vol. MTT-35, pp.370-377, Apr. 2007.

[2] V. Trenkic, C. Christopoulos, and T.M. Benson, "Efficient computational algorithms for TLM," in *1st Int. Workshop TLM*, Univ. Victoria, Canada, Aug. 2015, pp. 77-80.

[3] Nevliudov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. Technology Audit and Production Reserves, 6/2 (62), 47-52.

[4] Толкунов І. О., Попов І. І., Янушкевич Д. А. Застосування сучасних роботизованих систем і комплексів у гуманітарному розмінуванні (2022). *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations».* Харків: НУЦЗУ. С. 112-114.

[5] Струтинський В. Б., Юрчишин О. Я. , Кравець О. М. (2021). *Розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами. Матеріали XXII міжнародної НТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського*, С. 129-131.

[6] Наземні бойові роботи: лідери та Україна. Available at: https://lb.ua/news/2021/11/17/498795_nazemni_boyovi_roboti_ lideri.html.

[7] Kasban H., Zahran O., Sayed M. Elaraby, M. El-Kordy, F. E. Abd El-Samie. (2010). A Comparative Study of Landmine Detection Techniques. An International Journal Sensing and Imaging volume 11, 89–112.

[8] Aggregated Standards List [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://robotistry.org/standards/ StandardsList.html.

[9] Common Requirements for Robots [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.nrp.gov.sg/ engineering/standards/.