

УДК 614.847

А. О. Биченко, к.т.н., доцент, нач. каф. (ORCID 0000-0003-3788-3268)

М. О. Пустовіт, ст. викл. каф. (ORCID 0000-0001-5313-1459)

А. О. Остапенко, здобувачка вищої освіти (ORCID 0009-0005-7892-4662)

В. Б. Ротар, к.пед.н., доцент, заст. нач. каф. (ORCID 0000-0001-5752-5762)

Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна

АНАЛІЗ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ПОЖЕЖНИХ

В умовах збройної агресії, зростання техногенних навантажень та підвищення рівня небезпеки на об'єктах критичної інфраструктури, хімічної, нафтопереробної промисловості та в зонах бойових дій виникає нагальна потреба у мінімізації ризиків для особового складу підрозділів ДСНС. Використання наземних роботизованих комплексів пожежних дозволяє виконувати завдання з гасіння пожеж, розвідки, аварійно-рятувальних робіт та логістичних завдань в умовах підвищеного ризику без безпосередньої присутності людини. Метою дослідження є комплексний аналіз тактико-технічних характеристик сучасних наземних роботизованих комплексів пожежного призначення, їх класифікація, порівняльна оцінка ефективності та визначення напрямів інтеграції в систему реагування ДСНС. У ході роботи проведено огляд наукових джерел, технічної документації та патентних матеріалів. Проведено порівняльний аналіз 10 моделей роботизованих комплексів провідних виробників Howe & Howe Technologies (США), LUF GmbH (Австрія), Magirus GmbH (Німеччина), ТОВ «Ровер Тек», Tactical Technology (Україна), Shark Robotics (Франція) за ключовими параметрами. Встановлено, що найбільш ефективними для виконання завдань в ДСНС є роботизовані комплекси з гусеничним рушієм, витратою вогнегасної речовини 40–80 л/с, дальністю подачі струменя 60–100 м та дальністю керування до 2000 м. Визначено, що основними обмеженнями широкого впровадження є висока вартість, недостатня адаптація до роботи в умовах радіоелектронного подавлення, а також відсутність відомостей про гарантовану відстань подачі вогнегасних речовин від наявної в Україні протипожежної техніки. Отримані результати дозволяють обґрунтувати вимоги до перспективних зразків роботизованої техніки для підрозділів ДСНС та визначити напрями подальших науково-дослідних робіт, зокрема щодо створення вітчизняних зразків з урахуванням специфіки умов застосування.

Ключові слова: безпілотні системи, наземний роботизований комплекс, тактико-технічні характеристики, пожежогасіння, дистанційне керування

1. Вступ

Пожежі та надзвичайні ситуації техногенного, природного та воєнного характеру становлять значну загрозу для життя та здоров'я населення, а також для матеріальних цінностей та об'єктів критичної інфраструктури. За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС), протягом 2024–2025 років кількість пожеж на промислових об'єктах зростає на 35 % порівняно з довоєнним періодом, що зумовлено як збільшенням техногенних навантажень, так і наслідками бойових дій [1]. В умовах військової агресії підрозділи ДСНС виконують завдання в надзвичайно складних умовах, зокрема, під час ліквідації пожеж на об'єктах, які зазнали ракетних обстрілів, складах боєприпасів, нафтобазах, хімічно небезпечних об'єктах, у зонах активних бойових дій [2, 3]. Пряма участь особового складу в таких умовах пов'язана з високими ризиками травмування, отруєння продуктами горіння, ураження вибуховими речовинами та загибелі.

Світовий досвід розвинених країн (США, Німеччина, Австрія, Франція, Південна Корея) свідчить, що ефективним шляхом вирішення цієї проблеми є роботизація процесів пожежогасіння. Безпілотні наземні роботизовані комплекси (далі – БпНРК) пожежного призначення дозволяють виконувати розвідку, подавати вогнегасні речовини, здійснювати аварійно-рятувальні роботи дистанційно, що

забезпечує безпеку пожежників [4, 5]. За оцінками експертів, використання роботизованих комплексів дозволяє знизити ризик для особового складу на 70–90 % під час ліквідації пожеж на особливо небезпечних об'єктах [6].

Водночас, незважаючи на значний прогрес у розвитку робототехніки та появу численних зразків наземних роботизованих комплексів (далі – НРК), питання системного аналізу тактико-технічних характеристик (далі – ТТХ) наявних та перспективних комплексів, їх відповідності реальним потребам підрозділів ДСНС залишаються недостатньо дослідженими. Відсутність уніфікованих підходів до класифікації, оцінки ефективності та визначення вимог до таких комплексів ускладнює процеси їх закупівлі, впровадження та експлуатації. Крім того, існує значна диференціація між роботами різних виробників за вартістю, функціональністю, надійністю та адаптованістю до різних умов застосування [7]. Таким чином, проблема аналізу ТТХ наземних роботизованих комплексів пожежних є актуальною, науково-обґрунтованою та потребує комплексного вирішення, чому і присвячене дане дослідження.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Питання розробки, дослідження та застосування роботизованих засобів для пожежогасіння є предметом активної наукової дискусії як у зарубіжній, так і вітчизняній науці.

У фундаментальній роботі [4] представлено порівняльний аналіз мобільної робототехніки для пожежогасіння з акцентом на міждисциплінарні аспекти проектування. Автори детально розглядають питання інтеграції систем навігації, тепловізійного контролю, дистанційного керування та ергономіки. Наведено результати польових випробувань декількох прототипів, проте робота має переважно оглядовий характер і не містить систематизованих кількісних даних щодо ТТХ серійних зразків.

У дослідженні [5] розглядаються роботизовані транспортні засоби для пожежогасіння (Fire Fighting Robotic Vehicles). Автори наводять технічні характеристики п'яти моделей, аналізують їх переваги та недоліки. Встановлено, що більшість роботів мають гусеничний рушій, масу від 500 до 2500 кг та витрату вогнегасної речовини від 20 до 50 л/с. Однак порівняльний аналіз не включає такі важливі параметри, як відстань керування, температурний діапазон експлуатації та захищеність від агресивних середовищ.

Важливі результати представлено в оглядовій роботі [7], де автори здійснюють комплексний аналіз наземних роботизованих комплексів для автоматичного пожежогасіння. Робота містить детальну класифікацію за типами рушіїв (колісні, гусеничні, крокуючі, змішані), системами управління (телеметричні, напівавтономні, автономні) та функціональним призначенням. Автори наводять порівняльні таблиці для 15 моделей роботів, включаючи такі параметри, як витрата, відстань подачі, час роботи, наявність систем технічного зору. Проте більшість даних мають узагальнений характер без посилань на конкретні випробування.

Таким чином, проведений аналіз літературних джерел [4, 5, 7] свідчить, що, незважаючи на значну кількість публікацій, існують наступні уточнення:

- відсутнє системне дослідження, яке б узагальнювало тактико-технічні характеристики сучасних наземних роботизованих комплексів пожежних у розрізі їх класифікації, можливостей та обмежень для застосування в ДСНС;
- наявні порівняльні аналізи охоплюють обмежену кількість моделей та параметрів, що не дозволяє сформувати повну картину;
- відсутні інтегральні показники ефективності, які дозволяють порівнювати

роботів різних класів та виробників;

– недостатньо уваги приділено аналізу адаптованості роботів до специфічних умов України (низькі температури, радіоелектронна боротьба, наявність вибухонебезпечних предметів);

– не визначено вимоги до перспективних вітчизняних зразків з урахуванням світового досвіду та локальних потреб.

Це зумовлює актуальність даного дослідження, спрямованого на заповнення цих уточнень та створення науково-обґрунтованої основи для формування вимог до перспективної роботизованої техніки.

3. Мета та завдання дослідження

Мета дослідження – підвищення ефективності застосування наземних роботизованих комплексів пожежними підрозділами ДСНС шляхом систематизації, детального аналізу та порівняльної оцінки їх тактико-технічних характеристик.

Для досягнення поставленої мети дослідження необхідно вирішити наступні завдання:

– здійснити порівняльний аналіз тактико-технічних характеристик та функціональних можливостей сучасних зразків наземних роботизованих комплексів пожежного призначення, що представлені на світовому ринку;

– провести аналіз сфери застосування наземних роботизованих комплексів в системі ДСНС;

– провести теоретичне дослідження дальності прокладання рукавних ліній безпілотними наземними роботизованими комплексами;

– розробити інтегральний показник ефективності наземних роботизованих комплексів та провести порівняльну оцінку безпілотних наземних роботизованих комплексів різних класів.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження є наземні роботизовані комплекси пожежного призначення.

Предметом дослідження є тактико-технічні характеристики цих комплексів, їх класифікація, методи оцінки ефективності та можливості застосування в умовах підвищеного ризику.

Гіпотеза дослідження полягає в припущенні, що систематизація та детальний аналіз тактико-технічних характеристик НРК дозволить обґрунтувати науково-обґрунтовані вимоги до перспективних зразків, оптимізувати їх використання в діяльності підрозділів ДСНС та створити методичну основу для оцінки ефективності.

Для досягнення поставленої мети та перевірки гіпотези були застосовані наступні методи дослідження. Аналітичний метод. Використано для вивчення та узагальнення науково-технічної літератури [4–16], технічної документації виробників (Howe & Howe ThermiteRS3 Howe & Howe Thermite EV2 (Howe & Howe Technologies Inc., США), LUF 60, LUF 120, LUF Nano (LUF GmbH, Австрія), Magirus AirCore TAF35, Magirus Wolf R1 (Magirus GmbH, Німеччина), «Змій» (ТОВ «Ровер Тек», Україна), Shark Robotics Colossus (Shark Robotics, Франція), TENGU-5 (Tactical Technology, Україна), патентних матеріалів, звітів про випробування та аналітичних оглядів міжнародних організацій (NFPA, UL, EN).

Порівняльний метод. Застосовано для зіставлення отриманих даних щодо тактико-технічних характеристик БпНРК (тип шасі, вага, габаритні розміри, тип

двигуна, максимальна швидкість руху, час роботи, подолання підйому, продуктивність лафетного ствола, номінальний напір на стволі, відстань подачі води, відстань дистанційного керування). Це дозволило виявити найбільш та найменш ефективні конфігурації.

Метод статистичного аналізу. Використано для обробки та інтерпретації обсягу зібраних розрахункових даних. Статистичний аналіз дозволив виявити закономірності, встановити значущі залежності між параметрами системи та обґрунтувати висновки щодо ефективності безпілотних наземних роботизованих комплексів.

Застосування цих методів дозволило отримати достовірні дані, що стали основою для формулювання обґрунтованих висновків та практичних рекомендацій щодо оптимізації використання безпілотних наземних роботизованих комплексів в ДСНС.

5. Порівняльний аналіз тактико-технічних характеристик пожежних безпілотних наземних роботизованих комплексів

Розвиток технологій у сфері цивільного захисту призвів до появи нового класу техніки – безпілотних наземних роботизованих комплексів. Ці системи стають незамінними під час ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах з високим рівнем ризику, таких як склади боєприпасів, нафтобази, хімічні підприємства та будівлі великого розміру з можливістю руйнування конструкцій. Головною перевагою таких комплексів є можливість дистанційного керування, що дозволяє вивести особовий склад із небезпечної зони, зберігаючи при цьому високу ефективність пожежогасіння.

Одним із найбільш технологічних зразків є комплекс Magirus Wolf R1 (рис. 1, а). Він побудований на гусеничній платформі з електричним приводом, що забезпечує низький рівень шуму та відсутність викидів. Маса комплексу становить близько 900 кг, а енергії літій-іонних акумуляторів вистачає на 8 годин безперервної роботи. Робот оснащений лафетним стволом, з продуктивністю до 2500 літрів на хвилину. Особливу увагу приділено системі візуалізації: комплекс має 4 статичні камери для кругового огляду та дві додаткові поворотні камери, одна з яких є тепловізійною, що дозволяє оператору бачити осередки горіння крізь густий дим. Відстань керування комплексом сягає 2500 метрів при використанні ретранслятора [8–12].



Рис. 1. Загальний вигляд комплексів: а – Magirus WOLF R1 [8], б – Magirus AirCore TAF35 [13] (б)

Іншим рішенням від компанії Magirus є установка AirCore TAF35 (рис. 1, б). Це важка машина на дизельному двигуні, головною особливістю якої є наявність турбовентиляторної установки. Система здатна створювати дрібнодисперсний

водяний туман, який ефективно охолоджує поверхні та осаджує токсичні продукти горіння. Продуктивність насоса становить 4700 л/хв, а відстань подачі водяного струменя сягає 80 метрів. Така техніка є ідеальною для роботи в тунелях, на великих промислових майданчиках та в лісових масивах [13–16].

Американська компанія Howe & Howe розробила серію роботів Thermite, що вирізняються надзвичайною потужністю (рис. 2, а). Модель Thermite RS3 важить понад 1,6 тис. т і здатна подавати до 9464 літрів води на хвилину. Це робить її однією з найпродуктивніших роботизованих установок у світі. Завдяки дизельному двигуну та низькому центру ваги, робот може долати складні перешкоди та працювати в епіцентрі масштабних пожеж [17–20].

Для специфічних умов, де використання двигунів внутрішнього згорання неможливе (наприклад, у середовищі без кисню або з високою концентрацією вибухонебезпечних газів), була розроблена модель Thermite EV2 (рис. 2, б). Це повністю електричний аналог, який не поступається в прохідності та має вдосконалену систему охолодження власних вузлів, що дозволяє йому перебувати в зоні високих температур тривалий час [21–23].



Рис. 2. Загальний вигляд комплексів: а – Howe & Howe Thermite EV2 [22], б – Thermite RS3 [17]

Австрійська компанія LUF GmbH відома своїми БПНРК, що поєднують функції пожежогасіння та димовидалення. Модель LUF 60 (рис. 3, а) відома як перший роботизований комплекс масового виробництва у світі (випускається з 2000 року), оснащений двоступеневим насосом, турбовентиляторною установкою та лафетним стволом продуктивністю 3400 л/хв [24–31]. Модель LUF 120 (рис. 3, б) є найбільш потужним БПНРК в світі за продуктивністю, здатним подавати до 12 000 літрів води на хвилину на відстань до 100 метрів [32–35]. На противагу їм, комплекс LUF Nano (рис. 3, в) є максимально компактним (вага 220 кг), що дозволяє використовувати його всередині будівель, у вузьких коридорах та на залізничних платформах [36–42].



Рис. 3. Загальний вигляд комплексів: а – LUF 60 [26], б – LUF 120 [36], в – LUF Nano [36]

Французький робот Colossus від Shark Robotics (рис. 4) заслужив світове визнання після участі у гасінні пожежі в соборі Нотр-Дам де Парі. Він виготовлений з авіаційного алюмінієвого сплаву та захищений від теплового випромінювання, витримуючи температуру до $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Окрім гасіння, Colossus може використовуватися як транспортна платформа для перевезення до 500 кг вантажу, включаючи ноші з пораненими або додаткове гідравлічне обладнання [47–50].

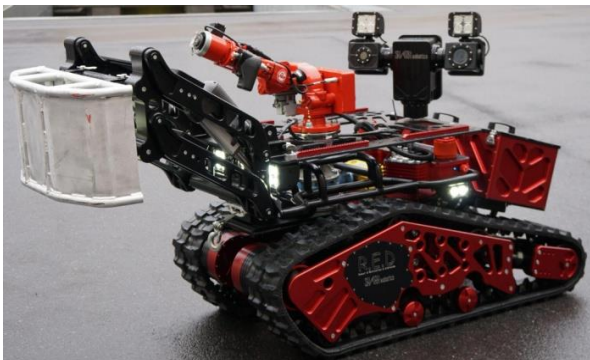


Рис. 4. Загальний вигляд Shark Robotics Colossus [47]

Український досвід останніх років сприяв створенню унікальних комплексів, максимально пристосованих до роботи на деокупованих та замінованих територіях. Робот «Змій» від компанії Rovertech (рис. 5, а) є колісною платформою з гібридним або електричним приводом. Його ключовою перевагою є наявність сертифікованого бронезахисту, який дозволяє машині витримувати підриви на протитанкових мінах. Це критично важливо при гасінні пожеж у полях та лісах, де залишається висока мінна небезпека. Керування комплексом здійснюється на відстані до 3 км, що забезпечує максимальну безпеку оператора [43–46].



а)



б)

Рис. 5. Вітчизняні комплекси: а – Rovertech «Змій» [44], б – Tengu-5 [52]

Найсучаснішим представником української робототехніки є комплекс Tengu-5, створений на замовлення ДСНС (рис. 5, б). Це важка гусенична машина з дизельним двигуном Yanmar потужністю 41 к.с. Робот важить 1200 кг і здатний перевозити до 600 кг корисного навантаження. Tengu-5 оснащений лафетним стволом Stream-Master II з електричним приводом та автоматичною системою наведення.

Особливу увагу в Tengu-5 приділено інтелектуальним системам: основна камера має 30-кратний оптичний зум і повноцінний тепловізійний модуль, що дозволяє проводити детальну розвідку об'єкта. Корпус робота захищений за стандартом STANAG 4569 Level 1, що гарантує захист від осколків снарядів та гранат.

Крім того, комплекс обладнаний спеціальним дихальним модулем, який дозволяє подавати кисень постраждалій особі безпосередньо під час її евакуації з небезпечної зони [51–54].

З метою узагальнення, систематизації та подальшого проведення порівняльного аналізу тактико-технічні характеристики БпНРК доцільно звести до табл. 1.

Табл. 1. Порівняльний аналіз ТТХ БпНРК

Назва, фірма, країна розробник	Thermite RS3; Howe & Howe Technologies, Inc. США	Thermite EV2; Howe & Howe Technologies, Inc. США	LUF 60; LUF GmbH, Австрія	LUF 120; LUF GmbH, Австрія	LUF Nano; LUF GmbH, Австрія
Основне призначення	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний
Тип шасі	гусеничний	гусеничний	гусеничний	гусеничний	гусеничний
Вага, т	1,58	1,225	2,2	4,3	0,22
Габаритні розміри ДхШхВ, м	2,14×1,66×1,64	2,87×1,54×1,32	2,33×1,35×2	3×2×2,1	1,2×0,8×0,43
Двигун	дизельний, потужністю 36,8 к.с. (27,4 кВт)	електричний	дизельний, потужністю 140 к.с. (104 кВт)	дизельний, потужністю 330 кВт (450 к.с.)	2 електродвигуни, потужністю 2,6 кВт
Максимальна швидкість руху, км/год	до 13	до 13	до 4,5	до 4,5	до 10
Час роботи, год	до 20 год без дозаправки паливом	до 20	до 4	до 12	до 4
Подолання підйому, °	до 35°	до 50°	до 30°	до 35°	до 35°
Продуктивність лафетного ствола, л/хв	9464	4800	3400	12000	2000
Номінальний напір на стволі, м.вод.ст	140	138	70	70	70
Відстань подачі води, м	100	100	80	100	70
Дистанційне керування, м	до 300 (радіоканал, пряма видимість)	до 300 (радіоканал, пряма видимість)	до 300 (радіоканал, пряма видимість)	до 300 (радіоканал, пряма видимість)	до 300 (радіоканал, пряма видимість)

При проведенні порівняння за масогабаритними показниками (рис. 6) відомо, що найбільшими та найважчими представниками серед БпНРК є LUF 120 та Magirus AirCore TAF35, що зумовлює ускладнену доставку до місця застосування. Найменші габарити розміром зі стандартом «європалети» 1,2 м на 0,8 м та масу має LUF Nano, що дозволяє застосувати для його доставки навіть пікапи та невеликі причепа.

Продовження табл. 1

Назва, фірма, країна розробник	Magirus AirCore TAF35; Magirus GmbH, Німеччина	Magirus Wolf R1; Magirus GmbH, Німеччина	«Змій»; Rovertech ТОВ «Ровер Тек», Україна	Shark Robotics Colossus, Shark Robotics, Франція	TENGU-5, Tactical Technology, Україна
Основне призначення	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний	багатофункціональний, пожежний
Тип шасі	гусеничний	гусеничний	колісний	гусеничний	гусеничний
Вага, т	3,9	0,9	0,85	0,5	1,2
Габаритні розміри ДхШхВ, м	3×1,65×2,2	1,677×1,3	2,07×1,6×0,85	1,60×0,78×0,76	2,25×1,5×1,62
Двигун	дизельний, 53 кВт (71 к.с.)	електричний, 8,8 кВт/год	електричний / гібридний (дизель-електричний)	2 електродвигуни, по 4 кВт (сумарно 8 кВт)	дизельний, 30,6 кВт (41 к.с.)
Максимальна швидкість руху, км/год	до 9	до 15	до 10	до 3,5	до 10
Час роботи, год	5–7	до 8	до 12	до 12	до 6
Подолання підйому, °	до 30°	до 30°	до 35°	до 40°	до 32°
Продуктивність лафетного ствола, л/хв	4700	2500	1200	2000	4800
Номінальний напір на стволі, м.вод.ст	130	70	60	70	100
Відстань подачі води, м	80 м (лафетний ствол); 60 м (дрібно-розпилений)	65	55	60	70
Дистанційне керування, м	до 300 (радіоканал, пряма видимість)	до 250 (радіоканал, пряма видимість), 2500 (з автомобіля-носія)	до 3000 (радіоканал, пряма видимість)	до 300 (радіоканал), до 1000 з Mesh-ретранслятором	до 500 (радіоканал, пряма видимість)

При проведенні порівняння за масогабаритними показниками (рис. 6) відомо, що найбільшими та найважчими представниками серед БпНРК є LUF 120 та Magirus AirCore TAF35, що зумовлює ускладнену доставку до місця застосування. Найменші габарити розміром зі стандартом «європалети» 1,2 м на 0,8 м та масу має LUF Nano, що дозволяє застосувати для його доставки навіть пікапи та невеликі причепа.

За швидкістю руху можливо відмітити Magirus Wolf R1 та Thermite RS3 та EV2, що здатні рухатись більше 13 км/год. Найповільнішими БпНРК є LUF 120, Fire safety. DOI: 10.52363/2524-0226-2026-43-2

LUF 60 та Shark Robotics Colossus, швидкість руху яких не перевищує 5 км/год, що зумовлює більш тривалий час їх руху до місця застосування, як наслідок – збільшує ймовірні збитки від пожежі.

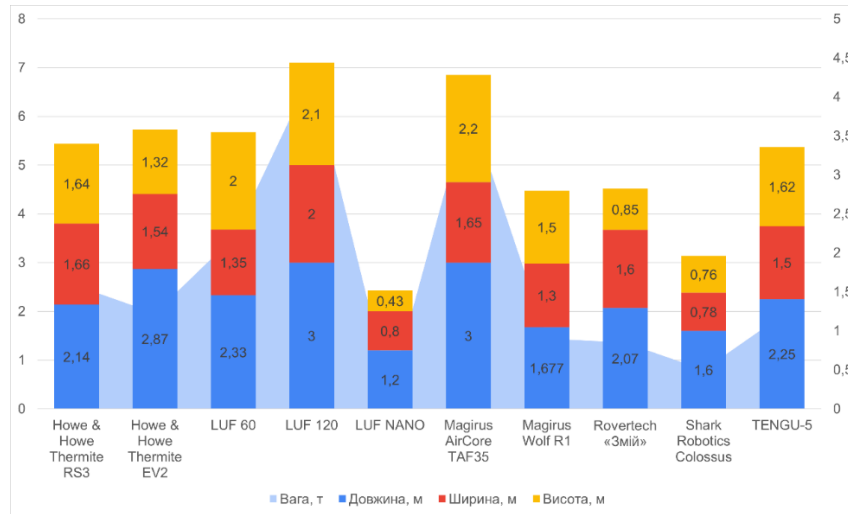


Рис. 6. Порівняння БпНРК за масогабаритними показниками

Важливим показником під час гасіння пожежі є час безперервної роботи БпНРК. Як видно з рис. 7 найдовше здатні працювати безперервно комплекси компанії Howe & Howe Technologies, Inc. Thermite RS3 та EV2 – не більше 20 годин. За ними з часом до 12 годин роботи розташувались LUF 120, Shark Robotics Colossus та Ровер Тек «Змій». Найменший час роботи продемонстрували LUF 60 та LUF Nano – лише до 4 годин роботи. Також варто зауважити, що поновлення роботи у випадку LUF 60 не займе багато часу, зважаючи на можливість дозаправки дизельним паливом безпосередньо на місці застосування, на відміну від зарядки LUF Nano, що становить не менше 1,5 години.

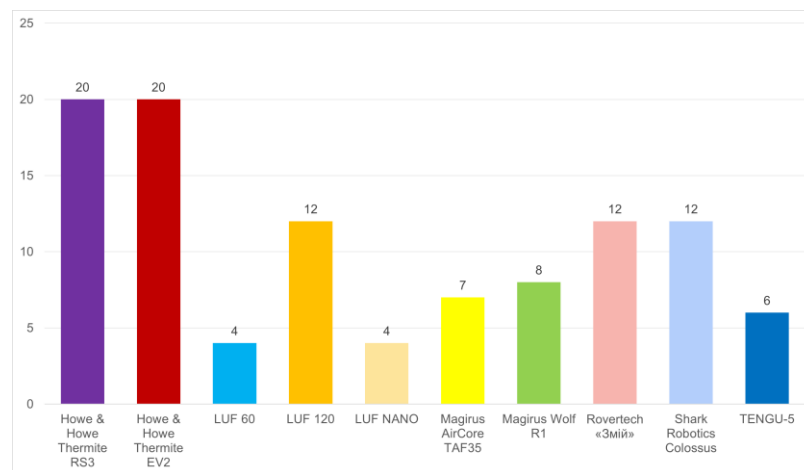


Рис. 7. Порівняння БпНРК за часом роботи

Одними з найбільш важливих параметрів БпНРК є продуктивність лафетного ствола та відстань подачі водяного струменя, що дозволяє працювати комплексу на значній відстані від зони теплового впливу та здійснювати ефективне гасіння пожежі. Як видно з рис. 8 найбільш продуктивним за обома показниками є LUF 120, що здатен подати до 12000 л/хв на відстань до 120 м. За ним йдуть комплекси компанії Howe & Howe Technologies Thermite RS3 та EV2 з відстанню до

100 м. LUF 60 та Magirus AirCore TAF35 можуть забезпечити відстань до 80 м при продуктивностях 3400 та 4700 л/хв. Найменше значення в 55 м при подачі 1200 л/хв – у Ровер Тек «Змій».

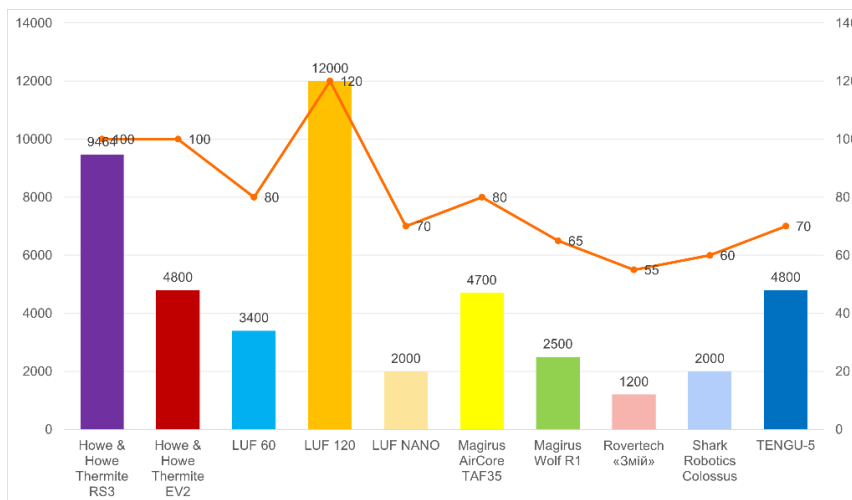


Рис. 8. Порівняння БпНРК за продуктивністю лафетного ствола та дальністю подачі суцільного струменя

З метою забезпечення безпеки оператора БпНРК від дії небезпечних факторів пожежі, роботи в умовах загрози його життю та здоров'ю, в тому числі від ворожих засобів ураження існує необхідність порівняти відстань керування комплексом. Як видно з табл. 1. переважна більшість БпНРК мають відстань керування до 300 м, що зумовлено малим значенням потужності радіопередавача (зазвичай до 50 мВт), малим радіогоризонтом та значним загасанням радіосигналу біля земної поверхні.

Виключенням є комплекс Ровер Тек «Змій», що має передавач потужністю 1 Вт, який в 20 разів більше за конкурентів та дає можливість управління до 3 км. При застосуванні спеціалізованого автомобіля VCU для доставки та управління Magirus Wolf R1 можливо досягти дальності в 2,5 км. Також при застосуванні Mesh-ретранслятора до комплексу Shark Robotics Colossus можливо керувати ним на відстані до 1000 м.

Спільною рисою всіх розглянутих БпНРК є мультифункціональність. Сучасний пожежний робот – це не лише дистанційний лафетний ствол, а складна інформаційна система. Більшість комплексів також мають специфічні функціональні можливості, подекуди притаманні лише деяким з них. Існує потреба вказати найбільш необхідні для виконання різноманітних завдань за призначенням, а не лише гасіння пожеж (табл. 2).

Як видно з табл. 2 найбільш широким спектром за функціональними можливостями володіє LUF 60, що зумовлено тривалим часом випуску даної моделі – більше 25 років. Найменше можливостей – у Ровер Тек «Змій», який виключно може застосовуватись для подачі вогнегасних речовин та транспортування потерпілих й вантажів.

6. Аналіз сфери застосування безпілотних наземних роботизованих комплексів для виконання завдань за призначенням

Застосування БпНРК є доцільним у випадках, коли під час виконання завдань за призначенням виникає загроза життю та здоров'ю рятувальників. Спектр завдань, що їх здатні виконувати роботизовані комплекси наступний:

Табл. 2. Функціональні можливості БпНРК

Функціональні можливості	Модель БпНРК									
	Thermite RS3	Thermite EV2	LUF 60	LUF 120	LUF Nano	Magirus AirCore TAF35	Magirus Wolf R1	Shark Robotics Colossus	Змій	Tengu-5
Оптикоелектронні пристрої	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Лафетний ствол, СПП, ГПС	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Можливість переміщення по сходовим клітинам			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Турбовентиляторна установка	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Насосна установка			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Відвал бульдозерного типу	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
Транспортування потерпілих		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Вантажні платформи		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Вилковий фронтальний навантажувач			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				
Лебідка	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Кран-маніпулятор			<input checked="" type="checkbox"/>							
Забезпечення роботи гідравлічного інструменту			<input checked="" type="checkbox"/>							
Заживлення електрообладнання					<input checked="" type="checkbox"/>					
Освітлення місця виконання робіт	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Евакуація та переміщення автомобільної техніки	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						

Проведення розвідки [8, 55–58]:

- виявлення загрози життю людей, визначення їхнього місцеперебування, а також встановлення шляхів і способів евакуації з небезпечних зон під час пожежі;
- визначення місця та розміру пожежі, ступеня задимлення і зони високих температур;
- встановлення загрози вибуху, отруєнь, обвалення конструкцій, можливості розливу та розтікання легкозаймистих рідин;
- вид, наявність, місцезнаходження та кількість вибухових речовин, стан технологічного обладнання та установок пожежогашіння;

- дистанційне визначення наявності сильнодіючих, отруйних і радіоактивних речовин, вимірювання температури, концентрації газів, розмірів можливих небезпечних зон, місць їх розташування, зон дії установок пожежогасіння, місць їх увімкнення та відключення;

- визначення місця і розташування електроустановок та електромереж під напругою, можливість їх відключення;

- визначення максимально безпечних маршрутів для пересування людей;

- отримання відео та зображень з тепловізійних камер в режимі реального часу;

- автоматичне передавання даних для ухвалення управлінських рішень.

Гасіння пожеж [6, 14, 32, 51, 59]:

- на об'єктах нафтогазового комплексу, хімічної промисловості, за можливості виникнення хімічного, радіаційного забруднення;

- на об'єктах з наявністю ВВП;

- в будівлях великого об'єму з можливістю руйнування конструкцій;

- в підземних спорудах, паркінгах тощо;

- електроустановок під напругою;

- транспортних засобів, зокрема з ємностями під тиском;

- забезпечення проведення тактичної вентиляції.

Проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, зумовлених хімічними та радіаційними загрозами:

- проведення хімічної та радіаційної розвідки;

- осадження хімічно-небезпечних речовин;

- проведення деконтамінації особового складу та техніки [67,68].

Виконання завдань із розмінування (гуманітарного розмінування) [61–63]:

- проведення розвідки місцевості;

- транспортування та знешкодження ВВП.

Виконання логістичних задач [64–67]:

- транспортування пожежно-технічного оснащення та аварійно-рятувального обладнання під час виконання завдань за призначенням;

- ліквідація та транспортування ВВП;

- транспортування хімічно-небезпечних речовин та матеріалів, зокрема у небезпечних зонах;

- евакуація та транспортування потерпілих;

- переміщення предметів за допомогою кранів-маніпуляторів, лебідок, тягового зусилля, відвалів бульдозерного типу, встановлених на БпНРК;

- переміщення та евакуація автомобільних транспортних засобів, зокрема пошкоджених і палаючих, з одночасним їх гасінням;

- забезпечення роботи електричного та гідравлічного аварійно-рятувального обладнання.

Також БпНРК рекомендовано застосовувати у випадку можливого виникнення повторних обстрілів, за необхідності виконання робіт за умов впливу високої температури та задимленості, ризику ураження електричним струмом, тривалої роботи щодо подавання вогнегасних речовин.

7 Теоретичне дослідження дальності прокладання рукавних ліній безпілотними наземними роботизованими комплексами

Зважаючи на те, що наведені у статті БпНРК виробники позиціонують в першу чергу саме як пожежні, необхідно враховувати те, що більшість БпНРК об-

ладнані потужними дистанційно керованими пожежними лафетними стволами із значеннями витрати від 2000 л/хв (33,3 л/с). В деяких моделях дистанційно керованих пожежних лафетних стволів передбачена можливість ступінчастої або безступінчастої зміни витрати.

Тому у випадку використання БпНРК з пожежними лафетними стволами без можливості регулювання витрати номінальні (оптимальні значення відповідно до паспортних характеристик) значення дальності подавання вогнегасних речовин можуть бути забезпечені лише за умови дотримання відповідних номінальних значень витрати та напору на стволі.

У випадку використання БпНРК з лафетними стволами з можливістю регулювання витрати, за недостатньої кількості води на пожежогасіння, можна забезпечувати номінальні значення дальності подавання вогнегасних речовин за рахунок зниження витрати ствола у разі дотримання номінальних значень напору на стволі.

Для ефективного використання БпНРК під час гасіння пожеж необхідно забезпечити виконання низки умов:

- запас води на гасіння пожежі за допомогою БпНРК повинен забезпечувати значення номінальної витрати ствола БпНРК протягом розрахункового (прогнозного) часу гасіння;

- вибір типу насосно-рукавної схеми повинен базуватись на розумінні явищ пропускної здатності рукавів та втрат напору в рукавних лініях;

- для кожного етапу перекачування води та подавання води до БпНРК необхідно передбачати необхідний запас пожежного устаткування;

- передбачити шляхи введення БпНРК на позиції, виведення та місця для маневрування та розвороту. Шляхи руху БпНРК (за можливості) повинні бути обрані таким чином, щоб мінімізувати можливість пошкодження пожежних рукавів, виходу з ладу рушія БпНРК;

- врахувати можливу необхідність додаткового охолодження БпНРК.

Під час застосування БпНРК за призначенням, зокрема при подачі вогнегасних речовин актуальним є питання граничної дальності роботи таких комплексів від насосних установок протипожежної та аварійно-рятувальної техніки. Зважаючи на те, що відстань подачі водяних струменів є не досить значною за мірками масштабних пожеж, та не надто відрізняється у більшості комплексів, актуальним є питання дальності розташування від насосної установки з можливістю забезпечити номінальні характеристики подавання вогнегасних речовин – продуктивність, напір тощо.

Для проведення розрахунку дальності прокладання рукавних ліній можна використати наступну залежність (1):

$$L = \frac{(H_H - H_{ВХ}) \cdot 20}{0,015 \cdot Q^2}, \quad (1)$$

де H_H – максимальний напір на насосі, м.вод.ст.; $H_{ВХ}$ – номінальний напір на стволі (на вході в БпНРК), м.вод.ст; 20 – довжина одного напірного пожежного рукава, м; 0,015 – опір одного напірного пожежного рукава, Q – витрата вогнегасної речовини через рукавну лінію, л/с.

В тактико-технічних характеристиках БпНРК, що наведені в розділі 5, нада-

на інформація стосовно продуктивності подачі вогнегасних речовин з лафетних стволів, проте кількість входів для приєднання напірних рукавів є різною, від 1 до 4 діаметром 75 (77) мм. Зважаючи на це, необхідно привести значення витрати вогнегасної речовини до такої, що буде розподілятися через 1 рукавну лінію.

Продуктивність ствола в такому разі необхідно привести до значень в л/с, а не в л/хв (2), тож

$$Q = \frac{Q_{л/хв}}{60}, \quad (2)$$

Витрата приведена можна знайти за формулою 3:

$$Q_{\text{ПР}} = \frac{Q}{N_{\text{р.л.}}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{ПР}}$ – витрата води через 1 рукавну лінію; $N_{\text{р.л.}}$ – кількість рукавних ліній діаметром 75 (77) мм, одночасно приєднаних до БпНРК.

Кінцева залежність для визначення дальності прокладання рукавних ліній буде мати вигляд (4):

$$L = \frac{(H_{\text{Н}} - H_{\text{ВХ}}) \cdot 20}{0,015 \cdot Q_{\text{ПР}}^2}, \quad (4)$$

Також доцільно враховувати спроможності різноманітної протипожежної та аварійно-рятувальної техніки до забезпечення максимального значення напору на насосі. Стандартом [68] визначено значення напору насосних установок в 100 м.вод.ст. та 150 м. вод.ст., що в свою чергу зумовить різні значення граничної дальності прокладання рукавних ліній для забезпечення роботи БпНРК.

За допомогою розрахункових методів, наведених вище визначено чисельні значення граничної відстані прокладання рукавних ліній від протипожежної техніки до БпНРК, що дозволило встановити оптимальні режими роботи насосних установок та лафетних стволів БпНРК (табл. 3). Як видно на рис. 9, найбільшу відстань прокладання рукавних ліній можливо досягнути за допомогою БпНРК типу LUF 60, зважаючи на наявність в нього насосної установки, що дозволяє залишити номінальний вхідний напір в рукавній лінії 20 м.вод.ст. Зі зростанням значення номінального напору зменшується і відстань, що видно на рис., проте кількість води, що проходить через напірну рукавну лінію теж впливає на кінцевий результат. При підвищенні напору в насосній установці до 150 м.вод.ст. розподіл БпНРК дещо змінюється (рис. 10). Лідером незмінно є LUF 60, а Змії та Wolf R1 також мають більші дальності ніж інші комплекси. Найменші ж значення мають БпНРК, що мають найбільш продуктивні стволи, проте не мають насосних установок, що зумовлює обмеженість їх застосування майже до мінімального локального переміщення.

8. Порівняльна оцінка безпілотних наземних роботизованих комплексів за інтегральним показником ефективності

Для проведення узагальнення результатів аналізу тактико-технічних характеристик, функціональних можливостей та чисельного дослідження дальності

прокладання рукавних ліній для БпНРК за інтегральним показником здійснено розподіл вагових коефіцієнтів.

Так, для значень максимальної швидкості руху, часу роботи, подолання підйому, відстань подачі водяного струменя, продуктивності лафетного ствола, дальності дистанційного керування, та дальності прокладання рукавних ліній встановлено вагові коефіцієнти за 10-бальною шкалою від 1 до 10 зважаючи на розподіл місця серед проаналізованих наземних роботизованих комплексів.

Табл. 3. Відстані прокладання рукавних ліній за максимальної витрати

Модель БпНРК	Максимальна витрата ствола (БпНРК), л/хв	Максимальна витрата, л/с	Наявність регулювання витрати ствола	Номінальний напір на вході в БпНРК*), м.вод.ст	Кількість патрубків для приєднання рукавних ліній, шт	Діаметр патрубків для приєднання рукавних ліній, мм	Максимальний напір на насосі, м.вод.ст.	Гранична відстань прокладання рукавних ліній за максимальної витрати, м
LUF 60	3400	56,67	+	20*	3	77(75)	100	298,96
							150	485,81
LUF Nano	2000	33,33	-	70	1	77(75)	100	36,00
							150	96,00
Magirus Wolf R1	2400	40,00	+	70	2	77(75)	100	100,00
							150	266,67
Shark Robotics Colossus	2000	33,33	-	70	1	77(75)	100	36,00
							150	96,00
Magirus AirCore TAF35	4700	78,33	+	130	4	77(75)	100	-
							150	69,53
Змії	1200	20,00	-	60	1	77(75)	100	133,33
							150	300,00
TENGU-5	4800	80,00	-	100	4	77(75)	100	0,00
							150	166,67
Thermite RS3	9464	157,73	-	140	6	77(75)	100	-
							150	19,29
Thermite EV2	4800	80,00	-	138	4	77(75)	100	-

*Примітки

1. Значення граничних відстаней прокладання рукавних ліній за максимальної витрати розраховано для рукава діаметром 77 мм із значенням гідравлічного опору $S=0,015$;
2. Невисокі значення відстаней подавання за умови використання однієї рукавної лінії зумовлені обмеженнями в пропускній здатності пожежного рукава діаметром 77 мм;
3. Граничні відстані прокладання рукавних ліній в таблиці визначені за умови забезпечення номінальних характеристик лафетного ствола. Можливе збільшення дальності прокладання рукавних ліній за рахунок зниження витрати та довжини струменя лафетного ствола.
4. За наявності можливості регулювання витрат лафетного ствола відстань прокладання рукавних ліній буде збільшуватись за умови зменшення витрати ствола.

Для функціональних можливостей та важливого оснащення БпНРК, зокрема можливості переміщення по сходовим клітинам, транспортування потерпілих, забезпечення роботи гідравлічного інструменту, заживлення електрообладнання, освітлення місця виконання робіт, евакуації та переміщення автомобільної техніки, наявності турбовентиляторної та насосної установки, вантажної платформи, відвалу бульдозерного типу, вилкового фронтального навантажувача, лебідки, крана-маніпулятора та тепловізора встановлено вагові коефіцієнти в 5 балів зважаючи на наявність відповідного пункту.

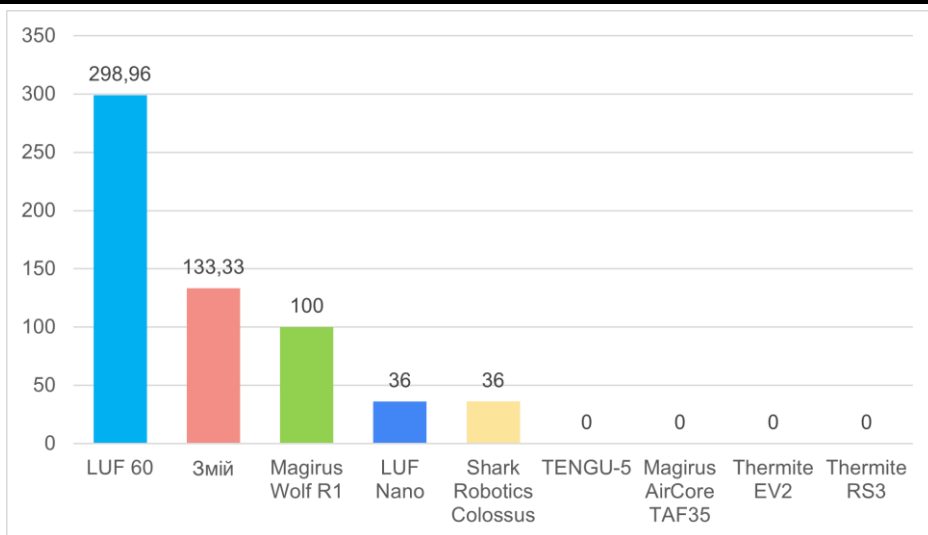


Рис. 9. Відстань прокладання рукавних ліній при H=100 м.вод.ст.

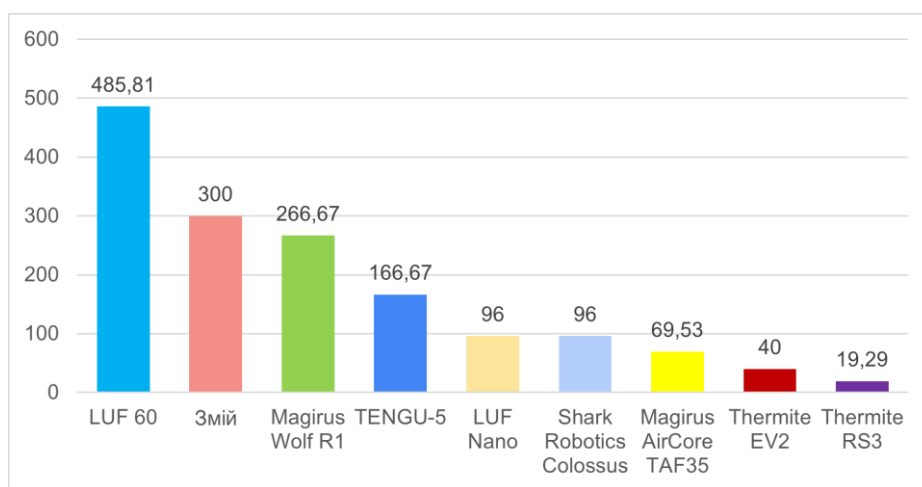


Рис. 10. Відстань прокладання рукавних ліній при H=150 м.вод.ст.

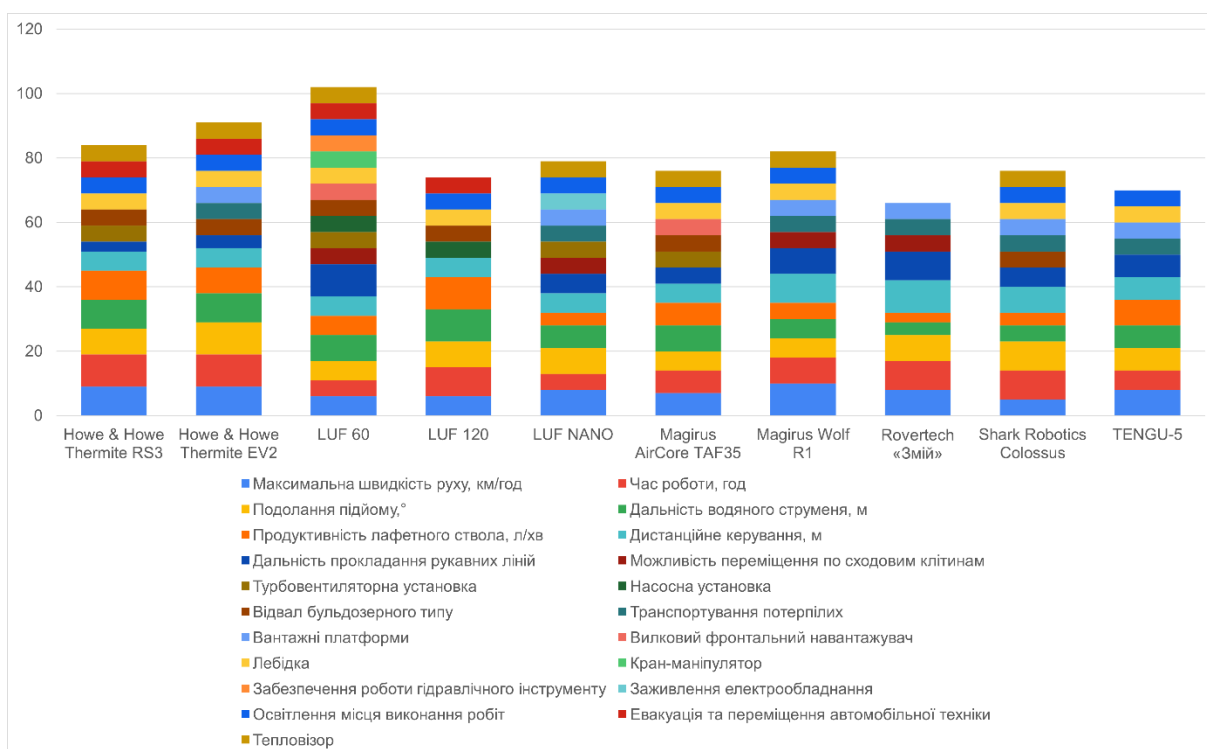


Рис. 11. Результати аналізу за інтегральним показником

Як видно з рис. 11 лідером за сукупністю показників є БпНРК LUF 60, зважаючи на тривалий час виробництва, продуману конструкцію та наявність значної кількості додаткових опцій. На другому та третьому місці – БпНРК компанії Howe & Howe – Thermite EV2 та RS3, що мають хороші ТТХ та забезпечують виконання додаткових робіт на пожежі, проте на разі ці комплекси не представлені в Україні. Серед БпНРК, що є на озброєнні підрозділів ДСНС лідируючі позиції має Magirus Wolf R1, LUF Nano та Shark Robotics Colossus, що підтверджує доцільність їх подальшої закупівлі. Поруч з тим, БпНРК вітчизняного виробництва мають вагомі ТТХ для виконання завдань в умовах воєнного стану, що в багатьох випадках може стати одним з ключових рішень для подальшої закупівлі та експлуатації в районах, близьких до ведення бойових дій.

9. Обговорення результатів досліджень наземних роботизованих комплексів пожежних

Проведений аналіз джерел та технічної документації показав, що роботизація процесів пожежогасіння є одним із найбільш ефективних напрямів підвищення безпеки рятувальників під час ліквідації пожеж і надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки. Використання роботизованих комплексів дозволяє значно зменшити ризики для особового складу під час виконання робіт у зонах високої температури, задимлення, можливих вибухів та хімічного або радіаційного забруднення.

У межах дослідження проведено порівняльний аналіз десяти сучасних моделей роботизованих комплексів провідних світових та українських виробників за основними тактико-технічними параметрами (тип шасі, маса, швидкість руху, час автономної роботи, продуктивність лафетного ствола, відстань подачі води та дистанційного керування). Встановлено значну диференціацію характеристик залежно від конструктивного виконання та функціонального призначення роботів. Встановлено, що найбільш ефективними для виконання пожежно-рятувальних завдань є комплекси з гусеничним рушієм, які характеризуються високою прохідністю, стабільністю роботи на складному рельєфі та надійним зчепленням з покриттям. Оптимальними для умов підрозділів ДСНС є БпНРК з витратою вогнегасної речовини 40–80 л/с, дальністю подачі струменя 60–100 м та дальністю дистанційного керування до 2000 м.

Проведений аналіз сфери застосування є важливим з огляду на виокремлення ряду завдань, що їх здатні виконувати наземні роботизовані комплекси пожежного призначення в системі ДСНС. Зважаючи на те, що більшість комплексів мають оптико-електронні засоби для керування ними, вони здатні проводити розвідку пожеж та надзвичайних ситуацій, зокрема встановлювати загрози вибуху, отруєнь, обвалення конструкцій, можливості розливу та розтікання легкозаймистих рідин, місця та розміру пожежі, ступеня задимлення і зони високих температур тощо. Проте відсутність в деяких з них тепловізійних камер обмежує виконання подібних завдань при наявності густого задимлення.

Виконувати завдань із гасіння пожеж здатні всі представлені в дослідженні комплекси. Проте проведення тактичної вентиляції здебільшого можливе лише за допомогою засобів, що оснащені турбовентиляторними установками, зокрема це Thermite RS3, Magirus AirCore TAF35 та LUF 60, що трохи розширює їх можливості. Проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, зумовлених хімічними та радіаційними загро-

зами, окрім проведення хімічної та радіаційної розвідки здатні виконувати всі представлені засоби, зважаючи на наявність водяних стволів та можливість створення розпорошених струменів.

Виконання логістичних завдань опирається на доступні функціональні можливості БпНРК. Так, найширшими з представлених в дослідженні володіє комплекс LUF 60, Thermite RS3 та LUF Nano, що мають найбільший перелік опційно встановлюваного обладнання.

Для виконання завдань із розмінування в ДСНС передбачено застосування окремих вузькоспеціалізованих комплексів – машин механізованого розмінування, що не досліджувались в даній роботі.

В ході дослідження встановлено, що відстань подачі водяних струменів у порівнянні із масштабами пожеж не є досить значною, а от віддаленість БпНРК від вододжерел зазвичай складає більше 150 метрів. Ці фактори впливають на величину напору, під яким надходить вода через рукавні лінії до роботизованих комплексів, та зважаючи на велику довжину рукавних ліній для забезпечення номінальної продуктивності лафетного ствола його буває недостатньо. Тож актуальним постає питання дальності розташування БпНРК від насосної установки з можливістю забезпечити номінальні характеристики подавання вогнегасних речовин. Умовами проведення теоретичного дослідження було дослідити граничну відстань роботи при напорі в насосних установках протипожежної техніки 100 м.вод.ст. та 150 м.вод.ст., зважаючи на їх доступність і розповсюдженість в підрозділах ДСНС.

За результатами теоретичного дослідження встановлено, що основними факторами, що зменшують відстань прокладання рукавних ліній в БпНРК є високі номінальні значення напору та продуктивності лафетних стволів, обмежена кількість входів водопінних комунікацій та обмежена пропускна здатність рукавів. Вагомою перевагою БпНРК LUF 60 є наявність насосної установки, що дозволяє підвищити напір від 20 м.вод.ст. на вході до 100 м.вод.ст. на виході з неї. Також варто зауважити, що БпНРК LUF 120 не брав участь у даному дослідженні, зважаючи на його можливість роботи лише з рукавними лініями діаметром 150 мм. Результати даного дослідження дозволяють наочно представити спроможності БпНРК щодо роботи у маловодних районах, або в районах з віддаленими вододжерелами, що зважаючи на наявність та поточний стан вододжерел, особливо у районах, близьких до ведення бойових дій, є актуальним.

Одним з методів узагальнення результатів аналізу різноманітних значень є оцінка за інтегральним показником. В даній роботі проведено спробу оцінити сукупність тактико-технічних характеристик, функціональних можливостей та результатів чисельного дослідження дальності прокладання рукавних ліній БпНРК за інтегральним показником. З цією метою проведено розподіл вагових коефіцієнтів за всіма параметрами та отримано загальні зведені результати. Лідером за сукупністю показників є БпНРК LUF 60, на другому та третьому місці – БпНРК компанії Howe & Howe – Thermite EV2 та RS3. Зважаючи на те, що продукція компанії Howe & Howe не представлена на ринку України, наступними за даним розподілом є Magirus Wolf R1, LUF Nano та Shark Robotics Colossus, що є орієнтиром для подальшої закупівлі та/або розробки вітчизняних зразків з подібними характеристиками та можливостями.

Разом з тим визначено основні обмеження широкого впровадження наземних роботизованих комплексів у практику ДСНС, серед яких: висока вартість техніки,

обмежена відстань керування більшістю моделей та часто недостатня адаптованість до умов радіоелектронної боротьби.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на встановлення пріоритетності тактико-технічних характеристик, функціональних можливостей та призначення уточнених вагових коефіцієнтів для підбору конкретних БпНРК для виконання завдань за призначенням в більш конкретизованих умовах, наприклад гасіння пожеж нафтогазового комплексу чи гасіння пожеж на об'єктах з наявністю ВВП тощо, що дозволить підвищити обґрунтованість вибору засобів робототехніки для системи реагування на надзвичайні ситуації.

10. Висновки

1. Порівняльний аналіз тактико-технічних характеристик показав, що окремі моделі безпілотних наземних роботизованих комплексів мають значні переваги за певними параметрами: наприклад, LUF 120 характеризується найбільшою продуктивністю лафетного ствола, комплекси Thermite RS3 та EV2 – тривалим часом безперервної роботи, Magirus Wolf R1 – швидкістю руху, а український комплекс «Змій» – найбільшою дальністю дистанційного керування. Порівняльний аналіз функціональних можливостей безпілотних наземних роботизованих комплексів показав, що для виконання найбільшої кількості завдань у сфері компетенції ДСНС LUF 60 має найбільший перелік можливостей, зокрема має насосну установку, відвал бульдозерного типу, вилковий фронтальний навантажувач, лебідку, кран-маніпулятор, здатний забезпечити роботу додаткового гідравлічного обладнання, освітлення місця виконання робіт, евакуацію та переміщення автомобільної техніки. Серед багатофункціональних безпілотних наземних роботизованих комплексів можна відзначити Shark Robotics Colossus, LUF Nano та Thermite EV2.

2. Проведений аналіз сфери застосування наземних роботизованих комплексів в системі ДСНС показав спроможність безпілотних наземних роботизованих комплексів пожежного призначення виконувати значну кількість завдань, пов'язаних не лише з гасінням пожежі, а й вирішувати логістичні задачі, проводити розвідку та аварійно-рятувальні й інші невідкладні роботи зважаючи як на світовий так і вітчизняний досвід. Проте в результаті аналізу встановлено їх неспроможність виконувати завдання, пов'язані із розмінуванням. Для виконання подібних завдань в ДСНС передбачено застосування окремих вузькоспеціалізованих комплексів – машин механізованого розмінування, що не були предметом дослідження в даній роботі.

3. За результатами проведеного дослідження дальності прокладання рукавних ліній безпілотними наземними роботизованими комплексами при різних напорах (100 та 150 м.вод.ст.) в насосних установках протипожежної техніки, що забезпечують їх роботу встановлено, що найбільшу відстань прокладання рукавних ліній (радіус роботи) має безпілотний наземний роботизований комплекс типу LUF 60 – 298 та 485 м відповідно, зважаючи на наявність в нього насосної установки, що дозволяє залишити номінальний вхідний напір в рукавній лінії 20 м.вод.ст. Наступними за дальністю є комплекси, що поширені в ДСНС – Змій зі значеннями 133 та 300 м та Magirus Wolf R1 з дальністю 100 та 266 м.

4. Проведена оцінка безпілотних наземних роботизованих комплексів за комплексним інтегральним показником, дає можливість стверджувати щодо ефективності застосування окремих комплексів для виконання завдань у сфері компетенції ДСНС. Лідером є БпНРК LUF 60, Thermite EV2 та RS3, проте на разі ці

комплекси майже не представлені в Україні. Серед безпілотних наземних роботизованих комплексів, що є на озброєнні підрозділів ДСНС найвищі значення інтегрального показника мають Magirus Wolf R1, LUF Nano та Shark Robotics Colossus, що підтверджує доцільність їх подальшого застосування для виконання завдань за призначенням.

Література

1. Про затвердження рекомендацій про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії: Наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf>
2. Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту: Наказ МВС України від 18.04.2024 № 251. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0602-24#Text>
3. Про затвердження Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж: Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0802-18#Text>
4. Pack D., Avanzato R., Ahlgren D., Verner I. Fire-Fighting Mobile Robotics and Interdisciplinary Design-Comparative Perspectives. *Education, IEEE Transactions on*. 2004. Vol. 47. P. 369–376. doi: 10.1109/TE.2004.825547
5. Prof R., Mahato Mr., Kumar Mr., Ghayale Mr., Shaikh Mr. Fire Fighting Robotic Vehicles. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*. 2024. Vol. 11. P. 8–14. doi: 10.26662/ijiert.v11i2.pp8-14
6. Черниченко О. Б., Сукач Р. Ю. Використання пожежних роботів при гасінні пожеж в машинних залах. «Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності»: матеріали X Міжн. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. м. Львів. 2015. С. 149–150. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/2054>
7. Korendiy V., Kachur O., Pylyp M., Karpyn R., Lanets O. The state of the art in ground robotic complexes for automatic fire suppression: a comprehensive review. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*. 2025. Vol. 11. № 4. P. 1–26. doi: 10.23939/ujmems2025.04.001
8. Wolf R1 tactical response robot by Magirus. Magirus GmbH: Hersteller von Feuerwehrfahrzeugen & Brandschutztechnik. URL: <https://www.magirusgroup.com/de/products/special-vehicles/wolf-r1/>
9. Alpha Wolf R1 – Alpha Wolf. Alpha Wolf. URL: <https://www.alpha-wolf.de/en/alpha-wolf-r1/>
10. Пожежний робот під обстрілами: ексклюзив із серії «Техніка, що рятує». URL: <https://mvs.gov.ua/news/pozeznii-robot-pid-obstrilami-ekskluziv-iz-seriyi-texnika-shho-riatuje-video>
11. В Одеській області робот допомагав ліквідувати наслідки атаки РФ (фото). РБК-Україна. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/odeskiy-oblasti-robot-dopomagav-likviduvati-1711126450.html>
12. У Дніпрі залучили робота до гасіння пожежі: як він працює у небезпечних умовах. Дніпро Інфо. URL: <https://dnopr.info/uk/news/u-dnipri-zaluchili-robotado-gasinnya-pozhezhi-yak-vin-pracyuye-u-nebezpechnih-umovah>

13. Magirus GmbH: Hersteller von Feuerwehrfahrzeugen & Brandschutztechnik. URL: <https://www.magirusgroup.com/de/fileadmin/resources/download/datasheets/DatasheetAirCoreTAF35EN2018-04.pdf>
14. Firefighting robot TAF35 – Firefighting with water mist. EmiControls – Dust suppression and fire fighting with water mist. URL: <https://www.emicontrols.com/en/fire-fighting/mobile-fire-protection/firefighting-robot-taf35>
15. Magirus AirCore – A new generation of firefighting URL: <https://apfimag.com/magirus-aircore-a-new-generation-of-firefighting/>
16. Дрофич М. На Полтавщині рятувальники загасили пожежу після ворожого удару. Полтавська хвиля. URL: <https://poltavawave.com.ua/na-poltavshhyni-ryatuvalnyky-zagasyly-pozhezhu-pislya-vorozhogo-udaru/>
17. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. URL: [https://www.howeandhowe.com/sites/default/files/_documents/Thermite%20RS-3_DataSheet_012721%20\(1\).pdf](https://www.howeandhowe.com/sites/default/files/_documents/Thermite%20RS-3_DataSheet_012721%20(1).pdf)
18. Ukrainian First Responders Train with Thermite RS3. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. URL: <https://www.howeandhowe.com/news-flash/articles/news/ukrainian-first-responders-train-thermite-rs3>
19. Công nghệ. Thông tin Khoa học Công nghệ Cần Thơ. URL: <https://trithuckhoahoc.vn/?tabid=234&ndid=72325>
20. McGlaun S. Los Angeles City Fire Department Unveils Robotic Firefighting Vehicle – SlashGear. SlashGear. URL: <https://www.slashgear.com/los-angeles-city-fire-department-unveils-robotic-firefighting-vehicle-16642976/>
21. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. URL: https://www.howeandhowe.com/sites/default/files/_documents/Thermite_EV-2_2026.pdf
22. News Flash. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. URL: <https://www.howeandhowe.com/news-flash?page=1>
23. ISNR 2022: Howe & Howe Technologies displays its Thermite EV2 firefigh. Defense News security global military army equipment industry. URL: <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-land-defense/land-defense-2022/isnr-2022-howe-howe-technologies-displays-its-thermite-ev2-firefighting-robot>
24. LUF 60 – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. URL: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/fire-fighting-robot-luf-60/>
25. MFSD | Product Detail. MFSD | Home. URL: <https://fsd.gov.mm/product/177>
26. LUF 60 Firefighting Machine – COSEM Singapore. COSEM Singapore. URL: <https://www.cosem.org.sg/product-technology/luf-60-firefighting-machine/>
27. Personnel Extinguish Fire at Kramat Jati Market. beritajakarta.id. URL: <https://m.beritajakarta.id/en/read/61199/>
28. Пожежники з Тайнаня та Гаосюна обмінюються досвідом для підвищення безпеки ліквідації наслідків стихійних лих у Південному науковому парку | ETtoday. URL: <https://www.ettoday.net/news/20250307/2921105.htm>
29. Singer Associates Distributes Remote Fire Fighting Unit. Fire Apparatus: Fire trucks, fire engines, emergency vehicles, and firefighting equipment. URL: <https://www.fireapparatusmagazine.com/fire-apparatus/singer-associates-distributes-remote-fire-fighting-unit/>
30. Мобільний робот пожежогасіння (LUF60) Fire Services Department. URL: https://www.hkfsd.gov.hk/chi/aboutus/gallery/equip/fire/c_luf60.html
- 31/ LUF 60C – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. URL: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-60c/>

32. LUF 120 – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. URL: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-120/>

33. Einsatzfahrzeug: LUF – LUF – LUF 120 – BOS-Fahrzeuge – Einsatzfahrzeuge und Wachen weltweit. BOS-Fahrzeuge – Einsatzfahrzeuge und Wachen weltweit. URL: https://bos-fahrzeuge.info/einsatzfahrzeuge/132250/LUF_GmbH_-_LUF_GmbH_-_LUF_120/photo/231542

34. Moving forward to strengthen MENA's fire fighting capacity – Health, Safety and Environment Review. Home. URL: <https://hsereview.com/industry-insights/fire-safety/moving-forward-to-strengthen-mena-s-fire-fighting-capacity>

35. LUF 120 Fire Fighting Robot – Chase Enterprise (Siam) Co., Ltd. Chase Enterprise (Siam) Co., Ltd. URL: <https://www.chasesiam.com/products/b5-fire-fighting-vehicle/fire-fighting-robot/luf-120-fire-fighting-robot/>

36. LUF Nano – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. URL: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-nano/>

37. LUF. Home. URL: <https://www.ff-werndorf.org/index.php/ueberuns/fuhrpark/luf>

38. Secure Networks Co., Ltd. URL: <https://www.facebook.com/SecureNetworksCoLtd/posts/the-luf-nano-firefighting-robot-is-an-innovation-for-firefighting-operations-thi/759008679361241/>

39. Neue Spezialtechnik bei der Bad Homburger Feuerwehr. Startseite | Bad Homburg v. d. Höhe. URL: <https://bad-homburg.de/de/stadt/aktuelles/neue-spezialtechnik-bei-der-bad-homburger-feuerwehr-ov5a1ed5dn>

40. Seine Feuertaufe hat „LUF nano“ bereits bestanden. Taunus-Nachrichten. URL: <https://www.taunus-nachrichten.de/bad-homburg/nachrichten/bad-homburg/feuertaufe-hat-luf-nano-bereits-bestanden-id183376.html>

41. Yangon Region stages water-surface firefighting, rescue drill at Kandawgyi Lake. MDN – Myanmar DigitalNews. URL: <https://www.myanmar.digitalnewspaper.com/my/node/189167>

42. НУЦЗУ отримав наземні роботизовані платформи підтримки пожежога-сіння LUF 60 та LUF Nano. URL: <https://nuczu.dsns.gov.ua/photo/nuczu-otrimav-nazemni-robotizovani-platformi-pidtrimki-pozhezogasinia-luf-60-ta-luf-nano>

43. Ядченко Д., Коваленко С., Волошко Р., Поліщук А., Добряк Д., Биченко А., Жиденко І., Ротар В., Великий А., Ружин В., Ножко І. Застосування безпілотних наземних роботизованих комплексів (пожежних та багатофункціональних): методичні рекомендації, 2026. 64 с.

44. Компанія RoverTech передала підрозділам ДСНС перший український пожежний робот «Змій» – RoverTech – українська оборонно-технологічна компанія, що розробляє та виробляє наземні роботизовані комплекси (НРК) для сучасної війни. RoverTech – українська оборонно-технологічна компанія, що розробляє та виробляє наземні роботизовані комплекси (НРК) для сучасної війни. URL: <https://rovertech.co.ua/kompaniya-rovertech-peredala-pidrozdilam-dsns-pershyj-ukrayinskyj-pozheznyj-robot-zmij/>

45. Волонтери закупили НРК «Змій пожежний» для посилення роботи ДСНС на Донеччині та Дніпропетровщині – RoverTech – українська оборонно-технологічна компанія, що розробляє та виробляє наземні роботизовані комплекси (НРК) для сучасної війни. RoverTech – українська оборонно-технологічна компанія, що розробляє та виробляє наземні роботизовані комплекси (НРК) для сучасної війни. URL: <https://rovertech.co.ua/volontery-zakupyly-nrk-zmij-pozheznyj-fire-safety>. DOI: 10.52363/2524-0226-2026-43-2

dlya-posyleniya-roboty-dsns-na-donechchyni-ta-dnipropetrovshhyni/

46. Як Rovertech розробляє ударні НРК та розвиває розміновувач «Змій». AIN – новини IT, бізнесу та стартапів в Україні. URL: <https://ain.ua/2025/10/23/rovertech/>

47. Colossus firefighting robot – Shark Robotics. Shark Robotics. URL: <https://www.shark-robotics.com/colossus-firefighting-robot/>

48. Colossus unmanned ground vehicle (UGV), Shark Robotics. Army Technology. URL: <https://www.army-technology.com/projects/colossus-unmanned-ground-vehicle/?cf-view>

49. Colossus – ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. URL: <https://robotsguide.com/robots/colossus/>

50. Ukrinform. На Миколаївщині випробували французьких пожежних роботів Shark Robotics Colossus. Укрінформ – актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/4063372-na-mikolaiivsini-viprobuvali-francuzkih-pozeznih-robotiv-shark-robotics-colossus.html>

51. TENGU-5 – НРК для пожежогасіння та рятувальних операцій. Системи РЕБ, дрони, наземні станції та ретранслятори | Tactical Technology. URL: <https://www.tactech.world/products/tengu-5>

52. Khrystoforov V. Ukraine unveils Tengu-5 firefighting robot for strategic sites – photos. Ukrainska Pravda. URL: <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2025/10/03/8001097/>

53. Ukraine presents unmanned robot for firefighting at strategic facilities. Оборонка. URL: <https://oboronka.mezha.ua/en/tengu-5-dlya-pozhezhogasinnya-strategichnih-ob-yektiv-305315/>

54. Tengu-5 firefighting robot presented at SECURITY 2.0. Системи РЕБ, дрони, наземні станції та ретранслятори | Tactical Technology. URL: <https://www.tactech.world/en/blog/protipozhezhniy-robot-tengu-5-predstavleno-na-vistavci-security-2-0>

55. Великий Я., Шалдуга В. Застосування роботизованої техніки пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України. «Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності»: матеріали XIX Міжн. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. м. Львів.2024. С. 462–465 URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/15113>

56. Ren X., Qu K., Guo J. et al. Research on accurate fire source localization and seconds-level autonomous fire extinguishing technology. Sci Rep. 2025. Vol. 15. P. 7135. doi: 10.1038/s41598-025-01830-5

57. ДСНС використовує наземні роботи та дрони для гасіння пожеж після російських прильотів – ВСВІТІ. URL: <https://vsviti.com.ua/news/172309>

58. «Використання роботизованої техніки – оптимальне рішення для безпеки фахівців пожежних підрозділів», – Андрій Заліський. Новини України – останні новини України сьогодні – УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/society/vikoristannya-robotizovanoji-tehniki-optimalne-rishennya-dlya-bezpeki-fahivciv-pozhezhnih-pidrozdiliv-andriy-zaliskiy-12455592.html>

59. After Enemy Attack: EmiControls' TAF Firefighting Robot in Action Against Fires in the Ukrainian War Zone. News and Stories about EmiControls and our Projects. EmiControls – Dust suppression and fire fighting with water mist. URL: <https://www.emicontrols.com/en/stories/after-enemy-attack-taf-in-action-against-fires-128/>

60. Національний університет цивільного захисту України отримав від GIZ

Ukraine: Resilient Society наземні роботизовані платформи підтримки пожежога-сіння LUF60 та LUF Nano. Головна. URL: <https://nuczu.edu.ua/ukr/nutszu/arkhiv-novyn/natsionalnij-universitet-tsivilnogo-zakhistu-ukrajini-otrimav-vid-giz-ukraine-resilient-society-nazemni-robotizovani-platformi-pidtrimki-pozhezhogasinnya-luf60-ta-luf-nano>

61. MVC8 – Komodo – DOK-ING. DOK-ING. URL: <https://dok-ing.hr/defence-security/mvc8-komodo/>

62. Дистанційне розмінування, розвідка та евакуація: як в Україні працюють над «роботизованою лінією нуля». Рубрика. URL: <https://rubryka.com/article/robotyzovane-rozminuvannya/>

63. Робототехнічні системи та їх застосування для пошуку вибухонебезпечних предметів M&MS 2022, 21–22 October, Kharkiv, Ukraine URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/087a4e85-c48f-4974-ae41-c225b8c6524c/content>

64. Kolejne bezzalogowce THeMIS dla Ukrainy – MILMAG. MILMAG. URL: https://milmag.pl/kolejne-bezzalogowce-themis-dla-ukrainy/#google_vignette

65. Презентація наземного пожежного робота ARKAN Fire. Головна. URL: <https://nuczu.edu.ua/ukr/nutszu/arkhiv-novyn/prezentatsiya-nazemnogo-pozhezhnogo-robot-a-arkan-fire>

66. Ще один чеський пожежний робот допомагатиме в Україні. Radio Prague International. URL: <https://ukraina.radio.cz/ishche-odyn-cheskyu-pozhezhnyu-robot-dopomagatyme-v-ukraini-8874574>

67. Дрони та роботи ДСНС рятують життя в умовах війни: як змінилась робота служби. Humanitarian Media Hub. URL: <https://hnh.news/20087/drony-ta-roboty-dsns-ryatuyut-zhyttya-v-umovah-vijny-yak-zminylas-robot-a-sluzhby/>

68. ДСТУ EN 14710-1:2018 (EN 14710-1:2005 + A2:2008, IDT Насоси пожежні відцентрові без заливного пристрою. Частина 1. Класифікація, загальні вимоги та вимоги щодо безпеки. Чинний від 2018-10-02. Вид. офіц. 24 с.

A. Bychenko, PhD, Associate Professor, Head of Department

M. Pustovit, Senior Lecturer of the Department

A. Ostapenko, Student

V. Rotar, PhD, Associate Professor, Deputy Head of the Department

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ANALYSIS OF TECHNICAL SPECIFICATIONS OF FIREFIGHTING UNMANNED GROUND VEHICLES

In the context of armed aggression, increasing technogenic loads, and elevated danger levels at critical infrastructure facilities, chemical and oil refining industries, and combat zones, there is an urgent need to minimize risks to personnel of the State Emergency Service of Ukraine (SESU). The use of firefighting unmanned ground vehicles allows performing tasks of fire suppression, reconnaissance, emergency rescue operations, and logistics under high-risk conditions without direct human presence. The aim of the study is a comprehensive analysis of specifications of modern firefighting unmanned ground vehicles, their classification, comparative assessment of effectiveness, and identification of directions for integration into the response system of the SESU. During the work, a review of scientific sources, technical documentation, and patent materials was conducted. A comparative analysis of 10 models of robotic complexes from leading manufacturers Howe & Howe Technologies (USA), LUF GmbH (Austria), Magirus GmbH (Germany), Rover Tech LLC, Tactical Technology (Ukraine), and Shark Robotics (France) was performed based on key parameters. It has been determined that the most effective for performing tasks within the SESU conditions are robotic complexes with crawler chassis,

extinguishing agent flow rate of 40–80 L/s, jet range of 60–100 m, and control range of up to 2000 m. It was concluded that the main limitations to widespread implementation are high cost, insufficient adaptation to operation in conditions of electronic jamming, and absence of information regarding the guaranteed delivery range of fire-extinguishing agents from the fire-fighting vehicles currently available in Ukraine. The obtained results provide a basis for establishing requirements for prospective models of robotic vehicles for the SESU units and determine the directions for further research, in particular regarding the development of domestic models based on the specific conditions of use.

Keywords: unmanned systems, firefighting unmanned ground vehicles, tactical and technical specifications, firefighting, remote control, State Emergency Service of Ukraine

References

1. Pro zatverdzhennia rekomendatsii pro osoblyvosti vykonannia orhanamy upravlinnia ta pidrozdilamy DSNS zavdan za pryznachenniam u naselenykh punktakh i na terytoriiakh pid chas zbroinoi ahresii: Nakaz DSNS Ukrainy vid 02.04.2024 № 375. Available at: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf>
2. Pro zatverdzhennia Statutu dii u nadzvychnykh sytuatsiiakh orhaniv upravlinnia ta pidrozdiliv Operatyvno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu: Nakaz MVS Ukrainy vid 18.04.2024 № 251. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0602-24#Text>
3. Pro zatverdzhennia Statutu dii orhaniv upravlinnia ta pidrozdiliv Operatyvno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu pid chas hasinnia pozhezh: Nakaz MVS Ukrainy vid 26.04.2018 № 340. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0802-18#Text>
4. Pack, D., Avanzato, R., Ahlgren, D., Verner, I. (2004). Fire-Fighting Mobile Robotics and Interdisciplinary Design-Comparative Perspectives. Education, IEEE Transactions on, 47, 369 – 376. doi: 10.1109/TE.2004.825547
5. Prof, R., Mahato, Mr., Kumar, Mr., Ghayale, Mr., Shaikh, Mr. (2024). Fire Fighting Robotic Vehicles. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology, 11, 8–14. doi: 10.26662/ijiert.v11i2.pp8-14
6. Chernychenko, O. B., Sukach, R. Yu. (2015). Vykorystannia pozhezhnykh robotiv pry hasinni pozhezh v mashynnykh zalakh. Materialy Kh Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsiia molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv “Problemy ta perspektyvy rozvytku zabezpechennia bezpeky zhyttiediialnosti”, m. Lviv, 149–150. Available at: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/2054>
7. Korendiy, V., Kachur, O., Pylyp, M., Karpyn, R., Lanets, O. (2025). The state of the art in ground robotic complexes for automatic fire suppression: a comprehensive review, Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science, 11, 4, 1–26. doi: 10.23939/ujmeme2025.04.001
8. Wolf R1 tactical response robot by Magirus. Magirus GmbH: Hersteller von Feuerwehrfahrzeugen & Brandschutztechnik. Available at: <https://www.magirusgroup.com/de/products/special-vehicles/wolf-r1/>
9. Alpha Wolf R1 – Alpha Wolf. Alpha Wolf. Available at: <https://www.alpha-wolf.de/en/alpha-wolf-r1/>
10. Pozhezhnyi robot pid obstrilamy: eksklyuzyv iz serii “Tekhnika, shcho riatuie”. Available at: <https://mvs.gov.ua/news/pozeznii-robot-pid-obstrilami-eksklyuziv-iz-seriyi-texnika-shho-riatuje-video>
11. V Odeskii oblasti robot dopomahav likviduvaty naslidky ataky RF (foto). RBK-Ukraina. Available at: <https://www.rbc.ua/ukr/news/odeskiy-oblasti-robot-dopomagav-likviduvati-1711126450.html>

12. U Dnipro zaluchyly robota do hasinnia pozhezhi: yak vin pratsiue u nebezpechnykh umovakh. Dnipro Info. Available at: <https://dnep.info/uk/news/u-dnipro-zaluchili-robota-do-gasinnya-pozhezhi-yak-vin-pracyuye-u-nebezpechnih-umovah>

13. Magirus GmbH: Hersteller von Feuerwehrfahrzeugen & Brandschutztechnik. Available at: <https://www.magirusgroup.com/de/fileadmin/resources/download/datasheets/DatasheetAirCoreTAF35EN2018-04.pdf>

14. Firefighting robot TAF35 – Firefighting with water mist. EmiControls – Dust suppression and fire fighting with water mist. Available at: <https://www.emicontrols.com/en/fire-fighting/mobile-fire-protection/firefighting-robot- taf35>

15. Magirus AirCore – A new generation of firefighting Available at: <https://apfmag.com/magirus-aircore-a-new-generation-of-firefighting/>

16. Drofych, M. Na Poltavshchyni riatuvalnyky zahasyly pozhezhu pislia vorozhoho udaru. Poltavska khvyliya. Available at: <https://poltavawave.com.ua/na-poltavshhyni-ryatuvalnyky-zahasyly-pozhezhu-pislya-vorozhogo-udaru/>

17. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. Available at: [https://www.howeandhowe.com/sites/default/files/_documents/Thermite%20RS-3_DataSheet_012721%20\(1\).pdf](https://www.howeandhowe.com/sites/default/files/_documents/Thermite%20RS-3_DataSheet_012721%20(1).pdf)

18. Ukrainian First Responders Train with Thermite RS3. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. Available at: <https://www.howeandhowe.com/news-flash/articles/news/ukrainian-first-responders-train-thermite-rs3>

19. Công nghệ. Thông tin Khoa học Công nghệ Cần Thơ. Available at: <https://trithuckhoahoc.vn/?tabid=234&ndid=72325>

20. McGlaun S. Los Angeles City Fire Department Unveils Robotic Firefighting Vehicle – SlashGear. SlashGear. Available at: <https://www.slashgear.com/los-angeles-city-fire-department-unveils-robotic-firefighting-vehicle-16642976/>

21. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. Available at: https://www.howeandhowe.com/sites/default/files/_documents/Thermite_EV-2_2026.pdf

22. News Flash. Tread Boldly | Howe & Howe Technologies. Available at: <https://www.howeandhowe.com/news-flash?page=1>

23. ISNR 2022: Howe & Howe Technologies displays its Thermite EV2 firefigh. Defense News security global military army equipment industry. Available at: <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-land-defense/land-defense-2022/isnr-2022-howe-howe-technologies-displays-its-thermite-ev2-firefighting-robot>

24. LUF 60 – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. Available at: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/fire-fighting-robot-luf-60/>

25. MFSD | Product Detail. MFSD | Home. Available at: <https://fsd.gov.mm/product/177>

26. LUF 60 Firefighting Machine – COSEM Singapore. COSEM Singapore. Available at: <https://www.cosem.org.sg/product-technology/luf-60-firefighting-machine/>

27. Personnel Extinguish Fire at Kramat Jati Market. beritajakarta.id. Available at: <https://m.beritajakarta.id/en/read/61199/>

28. Pozhezhnyky z Tainania ta Haosiuna obminiuiutsia dosvidom dlia pidvyshchennia bezpeky likvidatsii naslidkiv stykhiinykh lykh u Pivdenному naukovomu parku | ETtoday. Available at: <https://www.ettoday.net/news/20250307/2921105.htm>

29. Singer Associates Distributes Remote Fire Fighting Unit. Fire Apparatus: Fire trucks, fire engines, emergency vehicles, and firefighting equipment. Available at:

<https://www.fireapparatusmagazine.com/fire-apparatus/singer-associates-distributes-remote-fire-fighting-unit/>

30. Mobilnyi robot pozhezhohasinnia (LUF60) Fire Services Department. Available at: https://www.hkfsd.gov.hk/chi/aboutus/gallery/equip/fire/c_luf60.html

31. LUF 60C – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. Available at: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-60c/>

32. LUF 120 – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. Available at: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-120/>

33. Einsatzfahrzeug: LUF – LUF – LUF 120 – BOS-Fahrzeuge – Einsatzfahrzeuge und Wachen weltweit. BOS-Fahrzeuge – Einsatzfahrzeuge und Wachen weltweit. Available at: https://bos-fahrzeuge.info/einsatzfahrzeuge/132250/LUF_GmbH_-_LUF_GmbH_-_LUF_120/photo/231542

34. Moving forward to strengthen MENA's fire fighting capacity – Health, Safety and Environment Review. Home. Available at: <https://hsereview.com/industry-insights/fire-safety/moving-forward-to-strengthen-mena-s-fire-fighting-capacity>

35. LUF 120 Fire Fighting Robot – Chase Enterprise (Siam) Co., Ltd. Chase Enterprise (Siam) Co., Ltd. Available at: <https://www.chasesiam.com/products/b5-fire-fighting-vehicle/fire-fighting-robot/luf-120-fire-fighting-robot/>

36. LUF Nano – LUF GmbH. LUF GmbH – Löschunterstützungsfahrzeuge. Available at: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-nano/>

37. LUF. Home. Available at: <https://www.ff-werndorf.org/index.php/ueberuns/fuhrpark/luf>

38. Secure Networks Co., Ltd. Available at: <https://www.facebook.com/SecureNetworksCoLtd/posts/the-luf-nano-firefighting-robot-is-an-innovation-for-firefighting-operations-thi/759008679361241/>

39. Neue Spezialtechnik bei der Bad Homburger Feuerwehr. Startseite | Bad Homburg v. d. Höhe. Available at: <https://bad-homburg.de/de/stadt/aktuelles/neue-spezialtechnik-bei-der-bad-homburger-feuerwehr-ov5a1ed5dn>

40. Seine Feuertaufe hat „LUF nano“ bereits bestanden. Taunus-Nachrichten. Available at: <https://www.taunus-nachrichten.de/bad-homburg/nachrichten/bad-homburg/feuertaufe-hat-luf-nano-bereits-bestanden-id183376.html>

41. Yangon Region stages water-surface firefighting, rescue drill at Kandawgyi Lake. MDN – Myanmar DigitalNews. Available at: <https://www.myanmar.digitalnewspaper.com/my/node/189167>

42. NUTsZU otrymav nazemni robotyzovani platformy pidtrymky pozhezhohasinnia LUF 60 ta LUF Nano. Available at: <https://nuczu.dsns.gov.ua/photo/nuczu-otrimav-nazemni-robotizovani-platformi-pidtrimki-pozezogasinnia-luf-60-ta-luf-nano>

43. Zastosuvannia bezpilotnykh nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv (pozhezhnykh ta bahatofunktionalnykh): metodychni rekomendatsii / Yadchenko D., Kovalenko S., Voloshko R., Polishchuk A., Dobriak D., Bychenko A., Zhydenko I., Rotar V., Velykyi A., Ruzhyn V., Nozhko I., 2026 – 64 s.

44. Kompaniia Rovertech peredala pidrozdilam DSNS pershyi ukrainskyi pozhezhnyi robot «Zmii» – RoverTech – ukrainska oboronno-tekhnologichna kompaniia, shcho rozrobliaie ta vyrobliiaie nazemni robotyzovani komplekxy (NRK) dlia suchasnoi viiny. RoverTech – ukrainska oboronno-tekhnologichna kompaniia, shcho rozrobliaie ta vyrobliiaie nazemni robotyzovani komplekxy (NRK) dlia suchasnoi viiny. Available at: <https://rovertech.co.ua/kompaniia-rovertech-peredala-pidrozdilam-dsns-pershyj-ukrayinskyj-pozhezhnyj-robot-zmij/> (date of access: 30.03.2026).

45. Volontery zakupyly NRK "Zmii pozhezhnyi" dlia posylennia roboty DSNS na Donechchyni ta Dnipropetrovshchyni – RoverTech – ukrainska oboronno-tekhnologichna kompaniia, shcho rozrobliaie ta vyrobliiaie nazemni robotyzovani komplekсы (NRK) dlia suchasnoi viiny. RoverTech – ukrainska oboronno-tekhnologichna kompaniia, shcho rozrobliaie ta vyrobliiaie nazemni robotyzovani komplekсы (NRK) dlia suchasnoi viiny. Available at: <https://rovertech.co.ua/volontery-zakupyly-nrk-zmij-pozhezhnyj-dlya-posylennya-roboty-dsns-na-donechchyni-ta-dnipropetrovshhyni/>

46. Yak Rovertech rozrobliaie udarni NRK ta rozvyvaie rozminovuvach "Zmii". AIN – novyny IT, biznesu ta startapiv v Ukraini. Available at: <https://ain.ua/2025/10/23/rovertech/>

47. Colossus firefighting robot – Shark Robotics. Shark Robotics. Available at: <https://www.shark-robotics.com/colossus-firefighting-robot/>

48. Colossus unmanned ground vehicle (UGV), Shark Robotics. Army Technology. Available at: <https://www.army-technology.com/projects/colossus-unmanned-ground-vehicle/?cf-view>

49. Colossus – ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. Available at: <https://robotsguide.com/robots/colossus/>

50. Ukrinform. Na Mykolaivshchyni vyprobuvaly frantsuzkykh pozhezhnykh robotiv Shark Robotics Colossus. Ukrinform – aktualni novyny Ukrainy ta svitu. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/4063372-na-mikolaivsini-viprobuvali-francuzkykh-pozezhnykh-robotiv-shark-robotics-colossus.html>

51. TENGU-5 – NRK dlia pozhezhohasinnia ta riatuvalnykh operatsii. Systemy REB, drony, nazemni stantsii ta retransliatory | Tactical Technology. Available at: <https://www.tactech.world/products/tengu-5>

52. Khrystoforov, V. Ukraine unveils Tengu-5 firefighting robot for strategic sites – photos. Ukrainska Pravda. Available at: <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2025/10/03/8001097/>

53. Ukraine presents unmanned robot for firefighting at strategic facilities. Oboronka. Available at: <https://oboronka.mezha.ua/en/tengu-5-dlya-pozhezhogasynnya-strategichnih-ob-yektiv-305315/>

54. Tengu-5 firefighting robot presented at SECURITY 2.0. Systemy REB, drony, nazemni stantsii ta retransliatory | Tactical Technology. Available at: <https://www.tactech.world/en/blog/protipozhezhnyy-robot-tengu-5-predstavleno-na-vistavci-security-2-0>

55. Zastosuvannia robotyzovanoi tekhniky pozhezhno-riatuvalnymy pidrozdilamy DSNS Ukrainy Ya. Velykyi, V. Shalduha – Materialy XIX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv «Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttiediialnosti» Lviv, 2024. S. 462–465 Available at: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/15113>

56. Ren, X., Qu, K., Guo, J. et al. (2025). Research on accurate fire source localization and seconds-level autonomous fire extinguishing technology. Sci Rep, 15, 17135. doi: 10.1038/s41598-025-01830-5

57. DSNS vykorystovuie nazemni roboty ta drony dlia hasinnia pozhezh pislia rosiiskykh prylyotiv – VSVITI. Available at: <https://vsviti.com.ua/news/>

58. "Vykorystannia robotyzovanoi tekhniky – optimalne rishennia dlia bezpeky fakhivtsiv pozhezhnykh pidrozdiliv", – Andrii Zaliskyi. Novyny Ukrainy – ostanni novyny Ukrainy sohodni – UNIAN. Available at: <https://www.unian.ua/society/vikorystannia-robotyzovanoji-tehniki-optimalne-rishennya-dlya-bezpeki->

fahivciv-pozhezhnih-pidrozdiliv-andriy-zaliskiy-12455592.html

59. After Enemy Attack: EmiControls' TAF Firefighting Robot in Action Against Fires in the Ukrainian War Zone / News and Stories about EmiControls and our Projects. EmiControls – Dust suppression and fire fighting with water mist. Available at: <https://www.emicontrols.com/en/stories/after-enemy-attack-taf-in-action-against-fires-128/>

60. Natsionalnyi universytet tsyvilnoho zakhystu Ukrainy otrymav vid GIZ Ukraine: Resilient Society nazemni robotyzovani platformy pidtrymky pozhezhohasinnia LUF60 ta LUF Nano. Holovna. URL: <https://nuczu.edu.ua/ukr/nutszu/arkhiv-novyn/natsionalnij-universitet-tsivilnogo-zakhistu-ukrajini-otrimav-vid-giz-ukraine-resilient-society-nazemni-robotyzovani-platformi-pidtrimki-pozhezhogasinnya-luf60-ta-luf-nano> (date of access: 01.04.2026).

61. MVC8 – Komodo – DOK-ING. DOK-ING. Available at: <https://dok-ing.hr/defence-security/mvc8-komodo/>

62. Dystantsiine rozminuvannia, rozvidka ta evakuatsiia: yak v Ukraini pratsiuut nad “robotyzovanoiu liniieiu nulia”. Rubryka. Available at: <https://rubryka.com/article/robotyzovane-rozminuvannya/>

63. Robototekhnichni systemy ta yikh zastosuvannia dlia poshuku vybukhonebezpechnykh predmetiv M&MS 2022, 21–22 October, Kharkiv, Ukraine Available at: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/087a4e85-c48f-4974-ae41-c225b8c6524c/content>

64. Kolejne bezzalogowce THEMIS dla Ukrainy – MILMAG. MILMAG. Available at: https://milmag.pl/kolejne-bezzalogowce-themis-dla-ukrainy/#google_vignette

65. Prezentatsiia nazemnoho pozhezhnoho robota ARKAN Fire. Holovna. Available at: <https://nuczu.edu.ua/ukr/nutszu/arkhiv-novyn/prezentatsiya-nazemnogo-pozhezhnogo-robota-arkan-fire>

66. Ishche o dyn cheskyi pozhezhnyi robot dopomahatyme v Ukraini. Radio Prague International. Available at: <https://ukraina.radio.cz/ishche-odyn-cheskyy-pozhezhnyy-robot-dopomagatyme-v-ukrayini-8874574>

67. Drony ta roboty DSNS riatuiut zhyttia v umovakh viiny: yak zminylas robota sluzhby. Humanitarian Media Hub. Available at: <https://hmh.news/20087/drony-ta-roboty-dsns-ryatuyut-zhyttya-v-umovah-vijny-yak-zminylas-robota-sluzhby/>

68. DSTU EN 14710-1:2018 (EN 14710-1:2005 + A2:2008, IDT Nasosy pozhezhni vidtsentrovi bez zalyvnoho prystroiu. Chastyna 1. Klasyfikatsiia, zahalni vymohy ta vymohy shchodo bezpeky. Chynnyi vid 2018-10-02. Vyd. Ofits, 24.

Надійшла до редколегії: 10.03.2026

Прийнята до друку: 13.04.2026

Дата публікації (оприлюднення): 30.05.2026