

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДРОН-МИНОИСКАТЕЛЬ НА БАЗЕ МАЛОГО ДИРИЖАБЛЯ

Н.А. Алиев

nazar2006aliev@gmail.com

Т.В. Сулейманов

sumbuildersteam@gmail.com

Юношеский робототехнический кружок SUMbuilders, СОШ № 11, Сумгаит, Азербайджан

---

### Аннотация

Отмечена актуальность поиска и обезвреживания мин и неразорвавшихся снарядов. Рассмотрены существующие методы разминирования, указана возможность применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для дистанционного миноискания. Отмечены преимущества и недостатки существующих коптерных моделей. В качестве альтернативы предложено использование БПЛА на основе существующей конструкции малого дирижабля с блоком «электронного носа». Для универсализации поисковых возможностей предложено дополнительно оснастить блок полезной нагрузки видеокамерой, тепловизором и металлодетектором (магнитомером). Выбраны размещаемые на существующей рабочей платформе миниатюрные модели приборов, позволяющих вести дистанционное обнаружение мин на малой скорости и с малой высоты полета.

### Ключевые слова

Дрон, разминирование, беспилотный летательный аппарат, мины, миноискатель, робот, металлоискатель, «электронный нос», дирижабль, тепловизор, видеокамера

Поступила в редакцию 17.09.2022

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

---

**Введение.** Мины и неразорвавшиеся снаряды представляют угрозу для жизни даже спустя десятки лет после боевых действий. Поиск и обезвреживание таких боеприпасов остается чрезвычайно опасной и актуальной задачей. Для решения проблем техники безопасности при разминировании применяют различные роботизированные системы.

Колесные и гусеничные роботы осуществляют обезвреживание мин на ровной местности через глубокое рыхление грунта, что наносит ущерб окружающей среде [1]. Шагающие роботы-миноискатели («роботы-насекомые») обладают высокой маневренностью движений даже на пересеченной местности [2]. Роботы обоих типов представляют собой весьма сложные и дорогостоящие технические объекты.

С 2015 г. для автоматического обнаружения мин начали использовать системы на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [3], представляющие собой зондирующий дрон, оснащенный поисковым оборудованием. В процессе работы такой дрон проводит аэрофотосъемку и дистанционное миноискание опасной зоны. Неглубоко зарытые мины могут быть выявлены с помощью тепловизора — тепловой «портрет» пластикового или металлического корпуса мины

контрастирует с окружающим грунтом, что позволяет обнаруживать присутствие мины [4, 5]. Управление дроном может осуществляться дистанционно оператором и автономно с помощью автопилота.

Известны коммерческие БПЛА на базе коптеров, способные вести аэрофотосъемку и тепловой анализ территорий [6, 7]. Однако, результативное обнаружение мин (свыше 80 %) с БПЛА возможно при зондировании на низких скоростях полета (до 1 м/с) [8]. Учитывая, что на сегодняшний день реальное время автономной работы электродвигателей пока не превышает 60 мин, поисковые возможности коптерных БПЛА крайне ограничены.

В этой связи представляется целесообразным использовать БПЛА на базе малого дирижабля, который может нести комплект поисковой полезной нагрузки и проводить медленный осмотр на малой высоте [9]. Недостаток подобных БПЛА тот же что и у классических малых дирижаблей — уязвимость для сильных порывов бокового ветра, затрудняющих управление, что является преодолемым при эксплуатации и не умаляет основных преимуществ.

**БПЛА на базе малого дирижабля.** В качестве примеров таких аппаратов можно рассмотреть БПЛА, описанные в работах [10, 11] (рис. 1).



а

б

**Рис. 1.** БПЛА на основе малого дирижабля:

а — cUAV [10]; б — Sky Baby [11]

Конструкция из работы [10] состоит из гондолы, наполненной гелием ( $\varnothing 1,5 \times 4,5$  м, объем 6 м<sup>3</sup>, полезная нагрузка до 3 кг), которая управляется четырьмя независимыми электродвигателями, закрепленными на карбоновой раме (рис. 2).

Полезная нагрузка аппарата состоит только из «электронного носа» — прибора для обнаружения летучих компонентов взрывчатых веществ [12], до некоторой степени заменяющего собой поисковых собак и крыс [13, 14]. Масса прибора составляет 90 г, его размер 80×100 мм. Столь малая масса полезной нагрузки не позволяет использовать данный БПЛА в качестве миноискателя.

Очевидно, что для более эффективного поиска система должна быть дополнительно оснащена расширенным комплектом оборудования, включающим

видеокамеру, металлодетектор (магнитометр) и тепловизор, что позволит превратить данный БПЛА в универсального миноискателя. Основной задачей является оптимальное сочетание готовых миниатюризированных изделий общей массой не более 2,5 кг и размещаемых в пределах платформы 640×280 мм (~180000 мм<sup>2</sup>, размеры определены визуально по рис. 2).

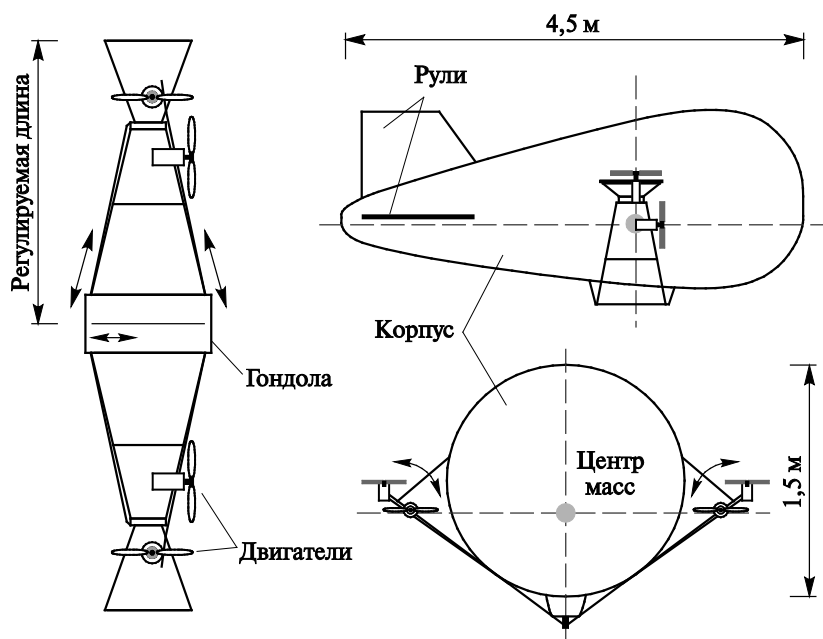


Рис. 2. БПЛА на базе дирижабля с двумя парами управляющих винтов [10]

Камера и тепловизор, представленные в работе [6] 2005 г. (мультиспектральная камера Duncan Tech MS3100 размерами 147×97×89 мм и массой 1,62 кг [15] и тепловизор FLIR SC3000 QWIP размерами 220×135×130 мм и массой 3,2 кг [16]), уже относительно устарели и не подходят по массогабаритным характеристикам. Вместо них выбираем превосходящую по техническим характеристикам мультиспектральную камеру MicaSense RedEdge-P размерами 89×70×67 мм и массой 350 г и тепловизор Infrared Thermography H2640 габаритами 110×110×210 мм и массой 1,7 кг.

Таким образом, приемлемая модель металлоискателя должна весить не более 1000 г, размещаться на площади не более 140 000 мм<sup>2</sup> и иметь возможность дистанционного обнаружения зарытых в грунте металлических объектов с высоты не менее 0,5 м. Блок обработки получаемых данных должен находиться на наземной станции, куда будут поступать сигналы от датчиков.

Среди производимых в настоящее время металлоискателей перечисленным массогабаритным требованиям удовлетворяет портативный магнитометр MagDrone R3 размерами 230×128×73 мм с поисковым элементом в виде штанги

длиной 1 м, размещаемой под основным блоком, и общей массой 884 г [17]. Общая масса полезной нагрузки составляет 3024 г, занимаемая площадь на рабочей платформе — 66 770 мм<sup>2</sup>, что наиболее близко соответствует всем предъявляемым требованиям по массе и размерам. Это позволяет разместить все приборы так, чтобы обеспечить выполнение ими своих функций и исключить возможность ложного срабатывания от взаимных помех.

Дальнейшие изыскания в данном направлении позволят более точно сконфигурировать облик блока поискового оборудования для универсального миноискателя на базе малого дирижабля.

### Литература

- [1] Habib M.K. Mine clearance techniques and technologies for effective humanitarian demining. *J. Mine Action*, 2002, vol. 6, no. 1, art. 17.  
URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol6/iss1/17/>
- [2] Фокин В.Г., Шаныгин С.В. Обзор и перспективы развития мобильных шагающих робототехнических систем. *Молодой ученый*, 2015, № 18, с. 207–215.
- [3] Gottwald R., Mayer W., Docci N. Humanitarian demining - UAV-based detection of land mines. FIG Working Week, 2017. URL: [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2017/papers/ts02c/TS02C\\_gottwald\\_mayer\\_et\\_al\\_8531.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2017/papers/ts02c/TS02C_gottwald_mayer_et_al_8531.pdf) (дата обращения: 15.02.2022).
- [4] Schartel M., Burry R., Bahnemann R. et al. An Experimental study on airborne landmine detection using a circular synthetic aperture radar.  
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.02600>
- [5] Cruz I., Jaupi L., Sequesseque S.K.N. et al. Enhancing humanitarian mine action in Angola with high resolution UAS imagery. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 2018, vol. 22, no. 3, art. 5. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss3/5/>
- [6] de Lange D.-J., den Breejen E. Airborne multi-spectral minefield survey. In: *Advanced sensory payloads for UAV. Meeting proc. RTO-MP-SET-092*, 2005, paper 18.
- [7] Santana P., Barata J. Unmanned helicopters applied to humanitarian demining. *IEEE Conf. on Emerging Technologies and Factory Automation*, 2005.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/ETFA.2005.1612598>
- [8] Castiblanco C., Rodriguez J., Mondragon I. et al. Air drones for explosive landmines detection. In: *ROBOT2013. First Iberian Robotics Conference*. Springer, 2014, pp. 107–114.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03653-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03653-3_9)
- [9] Кирилин А.Н. Дирижабли. М., МАИ, 2013.
- [10] i Badia S.B., BernardetU., Guanella A. et al. A biologically based chemo-sensing UAV for humanitarian demining. *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, 2007, vol. 4, no. 2.  
DOI: <https://doi.org/10.5772/5697>
- [11] Бекасов В.С. Особенности проектирования БПЛА с аэростатической разгрузкой. *Всероссийская зимняя школа-семинар, УГАТУ*, 2021.
- [12] Hansson B.S. A bug's smell-research into insect olfaction. *Trends Neurosci.*, 2002, vol. 25, no. 2, pp. 270–274. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(02\)02140-9](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(02)02140-9)

- [13] Verhagen R., Weetjens F., Cox C. et al. Rats to the rescue: results of the first tests on a real minefield. *J. Mine Action*, 2006, vol. 9, no. 2.  
URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol9/iss2/51/>
- [14] Pearce T.C., Chonga K.Y., Verschure P.F.M.J. et al. Chemotactic search in complex environments. In: *Electronic noses & sensors for the detection of explosives*. Springer, 2004, pp. 181–207. DOI: [https://doi.org/10.1007/1-4020-2319-7\\_13](https://doi.org/10.1007/1-4020-2319-7_13)
- [15] MS2100, MS2150 & MS3100. Digital multispectral camera. User Manual. DuncanTech. Document Number: 9000-0001-05.
- [16] ThermaCAM® SC3000. INFRARED CAMERA. Specifications subject to change. FLIR Systems, 2005.
- [17] MagDrone R3 UAV drone magnetometer survey kit specification. Version 1.18.

**Алиев Назар Акпер оглы** — ученик 11-го класса СОШ № 11, участник юношеского робототехнического кружка SUMbuilders, Сумгаит, Азербайджан.

**Сулейманов Турал Валех оглы** — инженер, преподаватель юношеского робототехнического кружка SUMbuilders, Сумгаит, Азербайджан.

**Научный руководитель** — Романова-Большакова Ирина Константиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Алиев Н.А., Сулейманов Т.В.. Универсальный дрон-мино-искатель на базе малого дирижабля. *Политехнический молодежный журнал*, 2022, № 09(74). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-09-827>

---

## UNIVERSAL MINE DETECTOR DRONE BASED ON A SMALL BLIMP

N.A. Aliev

nazar2006aliev@gmail.com

T.V. Suleymanov

sumbuildersteam@gmail.com

SUMbuilders Youth Robotics Circle, School No. 11, Sumgait, Azerbaijan

---

### Abstract

The relevance of search and clearance of mines and unexploded ordnance is noted. The existing methods of mine clearance are considered, the possibility of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote mine detection is indicated. The advantages and disadvantages of existing copter models are noted. As an alternative, the use of UAVs based on the existing design of a small airship with an "electronic bow" unit is proposed. To universalize the search capabilities, it was proposed to additionally equip the payload unit with a video camera, thermal imager and metal detector (magnetometer). Selected miniature models of devices placed on the existing work platform, allowing remote mine detection at low speed and from low flight altitude.

### Keywords

Drone, mine clearance, unmanned aerial vehicle, mines, mine detector, robot, metal detector, "electronic bow", blimp, thermal imager, cam-corder

Received 17.09.2022

© Bauman Moscow State Technical University, 2022

---

### References

- [1] Habib M.K. Mine clearance techniques and technologies for effective humanitarian demining. *J. Mine Action*, 2002, vol. 6, no. 1, art. 17.  
URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol6/iss1/17/>
- [2] Fokin V.G., Shanygin S.V. Development review and prospects of mobile walking robotic systems. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2015, no. 18, pp. 207–215 (in Russ.).
- [3] Gottwald R., Mayer W., Docci N. Humanitarian demining - UAV-based detection of land mines. *FIG Working Week*, 2017.  
URL: [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2017/papers/ts02c/TS02C\\_gottwald\\_mayer\\_et\\_al\\_8531.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2017/papers/ts02c/TS02C_gottwald_mayer_et_al_8531.pdf) (accessed: 15.02.2022).
- [4] Schartel Moscow, Burry R., Bahnemann R. et al. An Experimental study on airborne landmine detection using a circular synthetic aperture radar.  
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.02600>
- [5] Cruz I., Jaupi L., Sequesseque S.K.N. et al. Enhancing humanitarian mine action in Angola with high resolution UAS imagery. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 2018, vol. 22, no. 3, art. 5. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss3/5/>
- [6] de Lange D.-J., den Breejen E. Airborne multi-spectral minefield survey. In: *Advanced sensory payloads for UAV. Meeting proc. RTO-MP-SET-092*, 2005, paper 18.
- [7] Santana P., Barata J. Unmanned helicopters applied to humanitarian demining. *IEEE Conf. on Emerging Technologies and Factory Automation*, 2005.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/ETFA.2005.1612598>

- [8] Castiblanco C., Rodriguez J., Mondragon I. et al. Air drones for explosive landmines detection. In: *ROBOT2013. First Iberian Robotics Conference*. Springer, 2014, pp. 107–114. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03653-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03653-3_9)
- [9] Kirilin A.N. Dirizhabli [Zeppelins]. Moscow, MAI Publ., 2013 (in Russ.).
- [10] i Badia S.B., BernardetU., Guanella A. et al. A biologically based chemo-sensing UAV for humanitarian demining. *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, 2007, vol. 4, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.5772/5697>
- [11] Bekasov V.S. [Special aspects of designing UAV with aerostatic load]. *Vserossiyskaya zimnyaya shkola-seminar* [Russian Winter School-Seminar], UGATU Publ., 2021 (in Russ.).
- [12] Hansson B.S. A bug's smell-research into insect olfaction. *Trends Neurosci.*, 2002, vol. 25, no. 2, pp. 270–274. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(02\)02140-9](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(02)02140-9)
- [13] Verhagen R., Weetjens F., Cox C. et al. Rats to the rescue: results of the first tests on a real minefield. *J. Mine Action*, 2006, vol. 9, no. 2. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol9/iss2/51/>
- [14] Pearce T.C., Chonga K.Y., Verschure P.F.M.J. et al. Chemotactic search in complex environments. In: *Electronic noses & sensors for the detection of explosives*. Springer, 2004, pp. 181–207. DOI: [https://doi.org/10.1007/1-4020-2319-7\\_13](https://doi.org/10.1007/1-4020-2319-7_13)
- [15] MS2100, MS2150 & MS3100. Digital multispectral camera. User Manual. DuncanTech. Document Number: 9000-0001-05.
- [16] ThermaCAM® SC3000. INFRARED CAMERA. Specifications subject to change. FLIR Systems, 2005.
- [17] MagDrone R3 UAV drone magnetometer survey kit specification. Version 1.18.

**Aliev N.A.** — a 11th-grade student at School No. 11, a member of the SUMbuilders Youth Robotics Circle, Sumgait, Azerbaijan.

**Suleymanov T.V.** — engineer, teacher, SUMbuilders Youth Robotics Circle, School No. 11, Sumgait, Azerbaijan.

**Scientific advisor** — Romanova-Bolshakova I.K., Dr. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Robotics Systems and Mechatronics, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Please cite this article in English as:**

Aliev N.A., Suleymanov T.V. Universal mine detector drone based on a small blimp. *Politekhnikheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2022, no. 09(74). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-09-827.html> (in Russ.).