

# Аналіз можливостей створення безпілотного літального апарату для радіаційного моніторингу

Володимир Паламарчук , Олександр Пилипенко 

**Purpose.** This research focuses on analyzing the feasibility of developing an unmanned aerial vehicle (UAV) specifically designed for measuring radiation levels. Such a UAV would enhance safety and provide essential data in scenarios where human presence is either impossible or hazardous. **Design / Method / Approach.** The study utilized a combination of technical analysis of drone components and the modeling of the UAV's design. Various elements, including battery capacity, weight distribution, sensor integration, were evaluated to determine their suitability for assembling a radiation-monitoring drone. **Findings.** Through detailed analysis of existing drone components, the potential for creating a specialized UAV for radiation detection was assessed. Key findings indicate that current technologies can support the development of a drone capable of accurately measuring and transmitting radiation data in real time. **Theoretical Implications.** A theoretical model of the drone was developed, aimed at enhancing the collection and processing of radiation data. This could have significant implications for future scientific research in automated environmental monitoring, particularly in high-risk areas. **Practical Implications.** The development of such a UAV is essential for ensuring radiation safety, as well as for routine monitoring of radiation levels in testing grounds, industrial zones, and other environmentally sensitive locations. It would improve response times and reduce risks to human health. **Originality / Value.** This article offers an innovative approach by integrating automated data collection technologies into UAVs, significantly increasing the efficiency and scope of radiation monitoring, especially in areas that are difficult or dangerous for human access. **Research Limitations / Future Research.** The study's limitations involve the specific sensor models used, which may not be universally applicable to all potential UAV configurations. Further research will explore alternative technologies. **Paper Type.** Applied Research.

## Keywords:

radiation monitoring, unmanned aerial vehicle (UAV), drone design, real-time data transmission, environmental monitoring

## Contributor Details:

Volodymyr Palamarchuk., MSc of Civilian Security, Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, UA, pknd.29.75@gmail.com

Oleksandr Pylypenko, Cand.Sc., Assoc.Prof., Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, UA, alex.pilip@ukr.net

У сучасному світі дрони стали незамінними помічниками в багатьох галузях, завдяки своїм винятковим можливостям у зборі даних і моніторингу. У сільському господарстві ці технології використовуються для спостереження за станом врожаю та обприскування полей. У будівництві дрони активно сприяють проведенню топографічних зйомок, що дозволяє з точністю вимірювати земельні ділянки та планувати будівельні роботи. Вони також використовуються для створення 3D-моделей будівельних об'єктів, що допомагає проєктувальникам і архітекторам створити кінцевий результат. Крім того, дрони забезпечують контроль якості виконаних робіт, виявляючи відхилення від проєктних норм, що, в свою чергу, знижує витрати та підвищує ефективність проєктів (Maghazei et al., 2021). Схоже використання можливе в геодезії (Фоменко, 2024).

В екології їх застосовують для моніторингу якості повітря та води, слідкування за дикими тваринами і оцінки стану екосистем і змін в них, таких як забруднення води, вирубка лісів. Спираючись на досвід екологічного моніторингу та застосовуючи новітні технічні розробки необхідно використати досвід та проєктувати питання ведення радіаційного моніторингу на радіаційно-забруднених територіях за допомогою безпілотного летального апарату дрону-дозиметра.

Завдяки своїй універсальності та здатності підвищувати ефективність різних процесів, дрони мають величезний потенціал для подальшого розвитку та впровадження в нові сфери діяльності, що робить їх важливим інструментом у вирішенні багатьох сучасних викликів. Їхня роль у підвищенні продуктивності та зниженні витрат у багатьох галузях робить їх незамінними в умовах, коли ресурси стають дедалі обмеженішими.

Зараз радіаційний моніторинг є критично важливою складовою забезпечення безпеки населення та захисту навколишнього середовища. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) представляють собою перспективне рішення, що дозволяє здійснювати оперативний моніторинг радіаційної обстановки, забезпечуючи доступ до важкодоступних і небезпечних зон.

Використання БПЛА для радіаційного моніторингу відкриває нові можливості для збору даних, їх аналізу та обробки. Оснащення дронів сучасними приладами, що виявляють радіаційне випромінювання, дозволить отримувати точну інформацію про рівні радіації, а також виявляти джерела забруднення. Це, у свою чергу, дасть змогу приймати оперативні рішення щодо ліквідації наслідків радіаційних інцидентів та планування заходів для запобігання подібним ситуаціям у майбутньому.

## **Мета та завдання**

Мета даного дослідження полягає у створенні теоретичної моделі безпілотного літального апарату (БПЛА) для радіаційного моніторингу, який забезпечить точний та безпечний збір даних про радіаційний фон у різних умовах. У контексті зростаючих ризиків, пов'язаних із ядерними інцидентами, техногенними катастрофами та змінами в навколишньому середовищі, ефективний радіаційний моніторинг є критично важливим для захисту здоров'я

населення та збереження навколишнього середовища.

## Методологія

Головним методом даного дослідження була аналітика існуючих дронів та їх елементів (деталей), яка передбачала детальне вивчення доступних компонентів, використовуваних у сучасних безпілотних літальних апаратах. Цей метод дозволив провести порівняльний аналіз різних моделей дронів, їх конструкційних елементів і технічних характеристик, що має велике значення для подальшої розробки БПЛА для радіаційного моніторингу.

При дослідженні різноманітних дронів та їх елементів, такі як каркаси, мотори, акумулятори та системи навігації, наведених на рис. 1. При дослідженні основним аспектом стало оцінювання матеріалів за їх масою, матеріалом, міцністю та впливу на загальну продуктивність дронів та спроможність для переносу додаткової (корисної) ваги у вигляді дозиметричних приладів.

Після збору та систематизації інформації про існуючі деталі дронів була здійснена спроба зібрати модель безпілотного літального апарату, що відповідала поставленій задачі. Ця модель базувалася на характеристиках, які є критично важливими для ефективного виконання завдань радіаційного моніторингу, таких як точність, дистанційне керування, надійність та автономність.

Таким чином, поєднання аналітичного підходу з теоретичним моделюванням дозволило сформулювати чітке уявлення про необхідні елементи дрону та їхню сумісність, що стане основою для подальшої розробки та вдосконалення безпілотного літального апарату, здатного виконувати специфічні завдання в сфері радіаційного моніторингу.

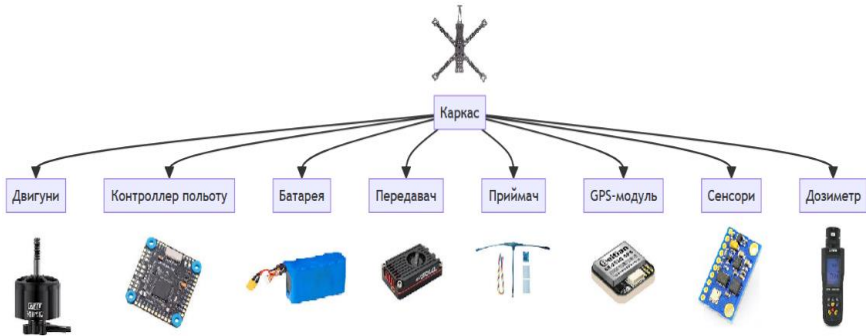
## Обговорення та результати

Роздивившись існуючі деталі дронів можливо зрозуміти, що потрібно підбирати кожен деталь окремо.

Каркаси дронів можуть суттєво відрізнитися за вагою в залежності від їхнього розміру та використовуваних матеріалів. Вони виготовляються з різних матеріалів, які забезпечують необхідну міцність, легкість і жорсткість. Пластик часто використовується для малих дронів через свою доступність і легкість, але він менш міцний у випадку ударів. Вуглецеве волокно є ідеальним для високопродуктивних моделей завдяки своїй відмінній міцності та легкості. Алюміній зазвичай застосовується для середніх і великих дронів, забезпечуючи високу міцність при відносно невеликій вазі, тоді як металеві сплави, такі як магній або титан, використовуються у великих дронах для підвищення жорсткості. Деякі дрони також можуть мати композитні каркаси, що поєднують властивості різних матеріалів, таких як вуглецеве волокно і епоксидна смола, для досягнення додаткової легкості та міцності.

Малі дрони зазвичай мають каркас, вага якого коливається від 30 до 200

грамів, виготовлених з легких матеріалів, таких як пластик або вуглецеве волокно. Середні за розмірами дрони мають каркаси вагою від 500 грамів до 2 кг, які можуть бути виготовлені з більш міцних матеріалів, таких як алюміній. Великі дрони мають каркаси вагою від 2 до 10 кг, що виготовляються з металевих сплавів або вуглецевого волокна для забезпечення високої міцності.



**Рисунок 1 – Загальна схема комплектування БПЛА з додаванням дозиметру  
(Джерело: Створено авторами)**

Акумулятори також мають різну вагу в залежності від їх типу і ємності. Найпоширенішими є літій-полімерні (LiPo) акумулятори, які відзначаються високою енергетичною щільністю, легкістю та можливістю заряджатися до великої ємності. Середня вага таких акумуляторів для малих дронів коливається від 50 до 300 грамів, тоді як для середніх вага може становити 400-800 грамів. Літій-іонні (Li-ion) акумулятори мають довший цикл життя, але часто є важчими — їхня вага може бути в межах 200-600 грамів для малих і 600-1200 грамів для середніх дронів. Деякі великі дрони можуть оснащуватися свинцево-кислотними акумуляторами, які є більш важкими (1-3 кг), але надійними та дешевими, хоч і мають нижчу енергетичну місткість.

Час роботи дронів визначається ємністю акумуляторів. Малі дрони зазвичай мають середній час роботи близько 5-20 хвилин, що зумовлено обмеженим розміром та виходячи з цього малими та легкими акумуляторами. Середні дрони можуть працювати 20-30 хвилин, в той час як великі дрони, залежно від конструкції та призначення, можуть мати час роботи від 30 до 60 хвилин або навіть більше в деяких випадках.

Вага вже зібраних дронів варіюється в залежності від їх розміру. Для малих дронів, які зазвичай важать до 500 грамів, середня вага становить близько 500 грамів. Середні дрони, вага яких коливається від 1 до 5 кг, мають середню вагу близько 2 кг. Великі дрони, зазвичай перевищують 5 кг та використовуються в професійних цілях, можуть важити приблизно від 6 до 15 кг.

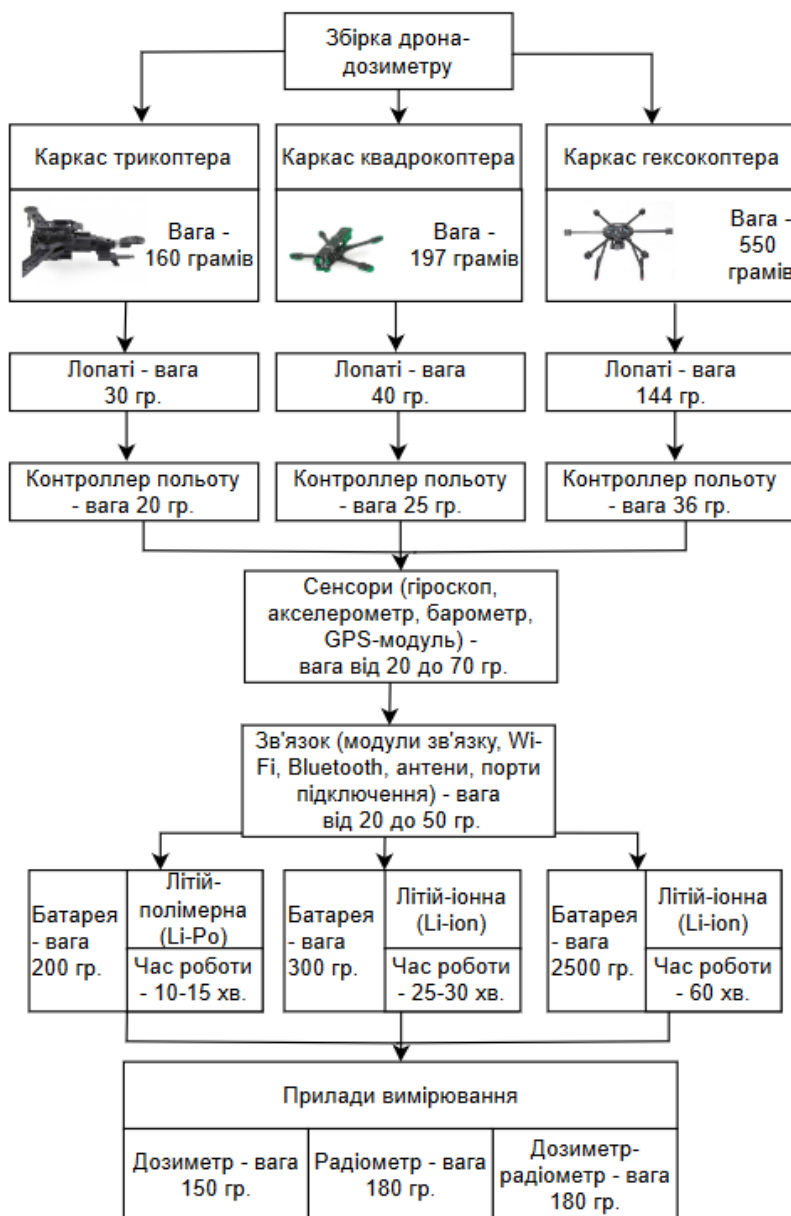


Рисунок 2 – Блок-схема збірки дрону-дозиметру для ведення радіаційного моніторингу (Джерело: Створено авторами)

Однак зважаючи на нашу мету необхідно підібрати ще й дозиметри з певною вагою. Середня вага портативних професійних дозиметрів варіюється в залежності від моделі та функцій, але зазвичай становить приблизно від 150 до 500 грамів. Легші моделі, призначені для швидкого моніторингу, можуть важити близько 150-250 грамів, тоді як більш складні та функціональні пристрої, які включають додаткові датчики або можливості обробки даних, можуть важити від 300 до 500 грамів. Вибір дозиметра залежить від конкретних вимог користувача, включаючи точність та чутливість.

Розглянувши результати зібраних даних було створено рисунок 2 блок-схему збірки дрону-дозиметру.

Визначаємо масу збірки для трикоптера. Каркас використовуються вагою 160 грамів, три лопаті будуть важити 30 грамів, контролер польоту та сенсори (барометр, акселерометр, гіроскоп та GPS-модуль) важить 40 грамів. Модуль зв'язку 20 грамів, батарея літій-полімерна 200 грам. Дозиметр 90 грам. Вага такого трикоптера буде складати 540 грамів. Можливість підйому такого апарату складає до 100 грам додаткової (корисної) ваги. Найлегші портативні дозиметри мають вагу 120-180 грамів, тобто трикоптери не можуть бути використані для перенесення додаткового обладнання.

Збірка маси для квадрокоптера. Каркас вагою 197 грам, чотири лопаті – 40 грам. Контролер польоту та сенсори (барометр, акселерометр, гіроскоп та GPS-модуль) важить 65 грамів. Модуль зв'язку з більшою дальністю дії 30 грамів, батарея літій-іонна з часом роботи близько 25 хвилин важить 300 грам. Дозиметр 150 грам. Маса дрону буде 782 грама. Такий дрон може переносити дозиметри з вагою до 1 кг, такі як портативний, індивідуальний або побутовий дозиметр.

**Таблиця 1 – Зведені дані маси елементів та самих апаратів  
(Джерело: Створено авторами)**

Назва елемента	Трикоптер	Квадрокоптер	Гексакоптер
Каркас, грам	160	197	550
Лопаті, грам	30	40	144
Контролер польоту, грам	20	25	36
Сенсори, грам	20	40	70
Модулі зв'язку, грам	20	30	50
Батарея, грам	200	300	2500
Дозиметр, грам	90	150	180
Сумарна маса, грам	540	782	3530

Визначаємо масу гексакоптера. Міцний та великий каркас вагою 550 грамів, на який прикріплюють шість лопатей які будуть важити 144 грама. Контролер польоту та усі необхідні сенсори – 106 грам. Модуль зв'язку та антена, яка дозволить керування дроном з відстані близько 5 кілометрів матимуть вагу 50 грамів. Літій-іонна батарея з часом роботи близько години важить 2500 грам. Дозиметр буде матиме вагу у 180 грамів. Вага такого апарату буде 3530 грамів. Такий апарат може нести додаткову вагу до 5 кг, що в свою чергу дозволяє переносити професійні дозиметри з додатковою камерою для фіксування вимірів. Сумарна маса елементів дронів та них самих наведена в таблиці 1.

З урахуванням сучасних досягнень у технології дронів і розвитку радіометрії, створення безпілотного літального апарату для радіаційного моніторингу, виглядає цілком можливим і перспективним напрямом. Однак такий дрон буде потребувати створення відповідного апаратного забезпечення (Савченко et al., 2024). Наразі вже існують дрони які можуть літати за визначеним маршрутом (Посвістак & Мірошніченко, 2024), однак потрібно буде зробити так, щоб дрон робив заміри автоматично, що буде потребувати його зависання на одному місці. Сучасні дрони забезпечують високу маневреність, здатність працювати в складних умовах і здійснювати тривалі польоти, що робить їх ідеальними для виконання завдань з моніторингу радіаційної обстановки на великих територіях. Інтеграція дозиметру-радіометру у конструкцію дрона дозволить оперативно отримувати дані про рівні радіації в різних точках, що значно підвищить ефективність моніторингу та зменшить ризики для людського життя. Дрон-дозиметр зможе виконувати функції виявлення радіаційних загроз, збору даних для подальшого аналізу та реагування на потенційні аварійні ситуації, що робить його важливим інструментом у сфері охорони навколишнього середовища та забезпечення радіаційної безпеки.

## Висновки

1. В попередніх дослідженнях було запропоновано проводити радіаційний моніторинг радіаційно-забруднених територій за рахунок дистанційно керованих наземних апаратів (Пилипенко et al., 2023a; Пилипенко et al, 2023b).

2. Виходячи з досліджень проведених в статті наведених в блок-схеми збірки дрону-дозиметру трикоптери та частина квадрокоптерів не підходить для перенесення додаткового обладнання вагою більш ніж 500 грам. Трикоптери зазвичай використовуються лише в розважальних цілях та несуть вагу не більше 100 грам, а більша частина квадрокоптерів лише для відео-зйомки та здатні переносити в середньому не більше 500 грам, однак деякі моделі які наближаються розмірами до великих дронів мають змогу нести вагу до 1 кілограма. Найбільш доцільним є використання гексакоптерів, які можуть нести на собі великий корисний вантаж до 5 кілограм та мають досить великий час роботи. На такий апарат можливо буде встановити професійний дозиметр та додаткову камеру для фіксування вимірів.

3. Для подальших досліджень автори планують зробити збірку дрон-дозиметру з окремих елементів, уточнити перелік цих елементів, визначити фактичну вагу збірки та виготовити дослідний екземпляр дрон-дозиметру з подальшим його натурним випробуванням в польових умовах.

## Посилання

- Maghazei, O., Netland, T. H., Frauenberger, D., & Thalmann, T. (2021). Automatic Drones for Factory Inspection: The Role of Virtual Simulation. *Advances in Production Management Systems. Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems*, 457–464. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85910-7\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85910-7_48)
- Пилипенко, О. В., Беліков, А. С., Рагімов, С. Ю., Андреева, А. В., & Саньков, П. М. (2023). Моніторинг територій промислових майданчиків радіаційно-небезпечних об'єктів за допомогою малих дистанційно керованих наземних апаратів. In *Problems of the Development of Science and the View of Society*, 11, 402–412. <https://doi.org/10.46299/isg.p.2023.1.11>
- Пилипенко, О. В., Саньков, П. М., Рагімов, С. Ю., Рибалка, К. А., & Карасьов, Г. Г. (2023). Аналіз характеристик великих дистанційно керованих наземних апаратів для проведення моніторингових досліджень на хвостосховищах колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ». In *Information activity as a component of science development*, 13, 545–557. <https://doi.org/10.46299/isg.p.2023.1.13>
- Посвістак, В., & Мірошниченко, Д. (2024). Architecture of autonomous control system for FPV-drones. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 337(3(2)), 223–230. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-33>
- Савченко, Я., Ягодзінський, С., Литвиненко, Л., & Сушинський, О. (2024). Hardware and software and application of unmanned aircraft. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 337(3(2)), 273–277. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-41>
- Фоменко, В. (2024). Технології дронів у геодезії: перспективи та виклики. *Наука і Техніка Сьогодні*, 9(37), 918-930. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-9\(37\)-918-930](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-9(37)-918-930)