

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БПЛА ДЛЯ ПОТРЕБ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

БУТЕНКО Є.В., кандидат економічних наук

E-mail: evg_cat@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

НЕВОЙТ Н.О., студентка

E-mail: nevoyt.nata@gmail.com

Національного університету біоресурсів та природокористування України

Анотація. Визначено та обґрунтовано, що найбільш затребуваним видом вишукувальної діяльності для землеустрою є застосування безпілотних літальних апаратів, так як більшість традиційних методів геодезичних вишукувань є на сьогодні не досить ефективними, вони не можуть забезпечувати необхідну точність вимірювань, що, особливо для землевласників та землекористувачів невеликих земельних ділянок, є дуже важливим. Наведено орієнтовний алгоритм застосування безпілотних літальних апаратів для вирішення геодезичних завдань землеустрою земель об'єднаних територіальних громад, що включає в себе етапи робіт від підготовки аерознімання до створення цифрової моделі рельєфу, розглянуті переваги використання безпілотних літальних апаратів в порівнянні з традиційними видами геодезичних вишукувань, проаналізовано ряд особливостей використання безпілотних літальних апаратів при проведенні геодезично-вишукувальних робіт для потреб землеустрою ОТГ, розрахована економічна ефективність даного виду геодезичних вишукувань на конкретному прикладі, а саме населеного пункту Гамаліївка Пустомитівського району Львівської області та проведено порівняння затрат часу та коштів у порівнянні з традиційним методом геодезичних вишукувань та методу із застосуванням безпілотних літальних апаратів. Разом з тим, представлено шляхи удосконалення процесу аерознімання за допомогою БПЛА як на нормативному, так і на організаційно-технічному рівні.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, геодезичні вишукування, аерофотозйомка, землевпорядні роботи, планово-висотна основа, економічна ефективність, ортофотоплан.

Постановка проблеми.

Різкі зміни пріоритетів та стратегічних орієнтирів в системі вітчизняного землекористування, які відбуваються в

останні роки і спрямовані на виведення земельних ресурсів із тіні, виправлення помилок та недоліків у системі кадастрового обліку земель ОТГ, покращення ситуації із точністю та до-

стовірністю кадастрової інформації щодо земельних ділянок, викликають в свою чергу і необхідність у трансформації методів та прийомів землепорядних робіт. Цілком зрозуміло, що більшість традиційних методик та технологій геодезично-вишукувальної діяльності для землепорядних потреб є сьогодні не досить ефективними та достатніми, оскільки вимагають багато зусиль, затраченого часу та значних коштів. Окрім того, вони не можуть повністю забезпечити необхідну точність вимірювань, що, особливо для власників та користувачів невеликих земельних ділянок, є дуже важливим.

Тому в останні роки назріла необхідність в принципово нових формах та методах геодезичних робіт для потреб землеустрою, в першу чергу заснованих на аерофотозйомці та супутниковій зйомці території. Проте супутникова зйомка, даючи найвищий рівень точності та достовірності даних меж ділянок та структуру їх рельєфу, є вкрай затратною та проблемною, оскільки вимагає поєднання багатьох умов та чинників – якісного програмного забезпечення, надійного зв'язку, розміщення супутників суто над необхідною для зйомки територією і т. д. А аерофотозйомка із літаків та гелікоптерів, даючи гарний результат при менших вимогах, все ж занадто дороговартісна та не дуже підходить до невеликих за розміром земельних територій [6, с. 433].

В таких умовах саме застосування безпілотної літальної авіації для потреб землеустрою, а саме для проведення геодезичних робіт з метою підготовки ортофотопланів з їх подальшою дигіталізацією і розробка на їх основі планів території для різних потреб (під забудову, уточнення меж ділянок, зміна власників, вне-

сення кадастрових змін тощо) є сьогодні найбільш затребуваним видом вишукувальної діяльності для землепорядних робіт. Тому дослідження проблематики застосування безпілотної літальної авіації у проведенні геодезично-вишукувальних робіт для потреб землеустрою є вкрай важливим, значимим та актуальним.

Мета дослідження. Дослідити особливості проведення геодезичних робіт із застосуванням БПЛА для потреб землеустрою.

Результати дослідження та обговорення.

Оскільки землепорядні роботи займають важливе місце в системі земельних відносин України та мають на меті створення повного пакету документації по землеустрою, у який входять нормативно-правові, технічні, економічні документи та оцінка для проведення певних дій із земельними ділянками (надання, передача, відчуження, викуп, поділ, об'єднання земель), то відповідно і проведенню геодезичних вишукувань приділяється нині значна увага.

В останні роки найбільш ефективним способом точного, достовірного та економічно вигідного геодезичного вимірювання території земель ОТГ стала аерофотозйомка із допомогою БПЛА – безпілотних літальних апаратів, які можуть виконувати поставлені завдання у повітряному просторі без пілота з допомогою різних систем керування та зв'язку [4, с. 82]. Безпілотні літальні апарати можуть застосовуватися в багатьох сферах суспільних відносин, особливо у військовій та військово-розвідувальній справі, але їх роль у землепорядних роботах сьогодні важко переоці-

нити. Крім того, аерофотозйомка із БПЛА має цілий ряд переваг перед традиційними видами геодезичних вишукувань - БПЛА дуже мобільні, мають величезну економічну вигоду, вкрай точні, безпечні для людини та довкілля, а також можливі для застосування будь-де і в будь-яку погоду. Саме при допомозі БПЛА отримують ортофоплани з найвищою точністю та достовірністю даних (рис. 1).

Орієнтовний алгоритм застосування безпілотних літальних апаратів для вирішення геодезичних завдань землеустрою земель ОТГ такий:

- 1) проведення попередньої підготовки (постановка завдань, окреслення маршруту БПЛА, введення польотних даних та ін.);
- 2) проведення аерофотозйомки земельної ділянки;
- 3) передача даних GPS- спостережень на процесор чи комп'ютер;
- 4) синхронізація сирих отриманих зображень місцевості із накопиченими GPS-даними;

- 5) виправлення спотворень та помилок даних при синхронізації;
- 6) генерація точок та їх подальше групове вирівнювання;
- 7) генерація 3-D-точкової моделі рельєфу (або ЦМР – цифрової моделі рельєфу місцевості) [3, с. 65].

Проте відомі вітчизняні вчені, зокрема В. Глозов, Ю. Губар, В. Галецький та ін. уточнюють і конкретизують даний алгоритм, виділяючи, зокрема, етап проведення маркування опорних та контрольних точок для здійснення планово-висотної прив'язки території (ділянки), а також створення ортофотоплану, який базується на програмному ототожненні пікселів на суміжних знімках, що забезпечує в свою чергу не лише автоматичну триангуляцію, але й автоматичний пошук характерних точок на видимому зображенні (їх зазвичай кілька сотень), зшиття окремих блоків з подальшим їх зовнішнім та внутрішнім орієнтуванням, а також створення хмари точок земної поверхні (рис. 2) [2-4].



Рис. 1. Фрагмент ортофотоплану місцевості з планово-висотною основою (за контрольними точками) населеного пункту Гамаліївка Пустомитівського району Львівської області

Також дослідники зазначають, що проведення геодезично-вишукувальних робіт для потреб землеустрою ОТГ із застосуванням БПЛА має цілий ряд особливих умов та вимог, зокрема:

1. БПЛА може працювати в надзвичайно широкому погодному діапазоні, проте найкраща погода для його роботи – тиха, безвітряна і ясна, температурний режим помірний. При посиленні вітру калібрування та глісада БПЛА потребують дуже тонкої настройки.
2. При оптимальних умовах аерофотозйомки БПЛА може протягом доби відзняти до 8 кв. км. території (це, звичайно ж, залежить від моделі самого БПЛА, якості та швидкості роботи програмного забезпечення, мети зйомок і т.д.).
3. Зазвичай для підготовки БПЛА до польоту витрачається від 5 до 15 хвилин в залежності від типу, модифікації апарату та камер, що встановлених на ньому.
4. Оптимальна висота проведення аерофотозйомки при допомозі БПЛА становить 100-300 м. При цьому досягається надзвичайно висока

точність визначення просторових та наземних координат – до 2 см на поверхні землі і до 4 см у просторі.

5. Проект виконання запланованих робіт контролюється і управляється автоматично (інколи – з допомогою пульта керування). При цьому на опрацювання 1 кв. км території БПЛА витрачає в середньому 1,5-2 години.

6. Якість отриманих в ході роботи матеріалів оцінюється відразу ж після завершення роботи БПЛА [4, с. 133].

Практичні апробаційні геодезично-вишукувальні роботи на місцевості із застосуванням БПЛА також засвідчили високу економічну ефективність даного способу вимірювань для потреб землеустрою.

Так, в процесі проведення геодезичних робіт на земельній ділянці (для виділення земельних ділянок під забудову) в житловій сільській зоні було проведено порівняння затрат часу та коштів в двох випадках – із застосуванням традиційних методів оцінки та із застосуванням БПЛА (табл.1).

Згідно з даними провідних землепорядних організацій, середні затрати часу на одну земельну ділянку



Рис. 2. Фрагмент ортофотоплану місцевості населеного пункту Гамаліївка Пустомитівського району Львівської області

Таблиця 1. Розрахунок часу, витраченого на проведення землевпорядних робіт із застосуванням традиційних методів оцінки та БПЛА

№ з/п	Види робіт	Затрати часу на об'єкт, год		Затрати часу на 1 га території, год		Загальна кількість об'єктів		Разом витрати часу, год	
		БПЛА	Традиц. методи	БПЛА	Традиц. методи	БПЛА	Традиц. методи	БПЛА	Традиц. методи
1	Підготовчі	0,10	0,10	1	1	100	100	10	10
2	Польові	0,10	0,20	1	2	100	100	10	20
3	Камеральні	0,05	0,05	0,5	0,5	100	100	5	5
4	Всього	0,25	0,35	2,5	3,5	100	100	21	35

при підготовчих роботах – 5-7 хв., при польових роботах – 10-15 хв, при камеральних роботах – 2-5 хв. Виходячи з даних норм витраченого часу, визначено, що загальна витрата часу при традиційних методах оцінки для проведення геодезично-вимірювальних робіт становить близько 35 годин (з них близько 20 годин – безпосередньо на проведення польових вимірювань). При проведенні безпосередньо фотографічно-вимірювальних дій на місцевості із застосуванням БПЛА витрати часу зменшуються фактично наполовину – із 20 до 10 год, що дає відповідно суттєву економію та вивільнення часу для виконання наступних проектів.

В середньому одна година роботи професійного оцінювача землі сьогодні становить близько 500 грн, для години роботи інженера-геодезиста така сума коштів сягає в середньому 550 грн. Тому, згідно з розрахунками, економічна вигода даної методики становить майже 67%:

$$E = \left(\frac{V_t - V_h}{V_h} * 100\% \right)$$

де E – загальна ефективність впровадження нової методики геодезичних робіт;

V_t - часові витрати на виконання геодезичних робіт традиційним методом;

V_h – часові витрати на виконання геодезичних робіт із застосуванням БПЛА [2, с. 88].

Отже, ефективність впровадження нового методу геодезичних робіт із впровадженням БПЛА становитиме:

$$E = \left(\frac{35 - 21}{21} * 100\% \right)$$

$$E = 66,7\%$$

Разом з тим, незважаючи на постійне збільшення питомої ваги БПЛА в процесі проведення геодезично-вимірювальних робіт для потреб землеустрою, можна виділити чимало шляхів удосконалення цього процесу як на нормативному, так і на організаційно-технічному рівні. На нормативному рівні пропонується введення нової спеціальної класифікації БПЛА для цивільних потреб, наближення вітчизняної нормативної бази із застосування БПЛА в господарській діяльності до європейських норм, уточнення питань ідентифікації БПЛА, складання їх єдиного державного реєстру та ін. На технічному рівні це:

- активне застосування технології Lidar в поєднанні із аерозніманням з БПЛА;

- подолання існуючих технічних недоліків та проблем, пов'язаних із контрольними точками, синхронізацією БПЛА в польоті, налаштуванням знімальної апаратури та ін.;
- активне введення в експлуатацію новітніх вітчизняних безпілотних систем для цивільних потреб, які не поступаються кращим іноземним аналогам, а в деякому їх навіть перевершують, систем запуску та посадки;
- уточнення та оптимізація блок-схеми проведення геодезичних робіт (уніфікація згідно норм та регламентів ЄС) тощо. [3, с. 68]

Висновки.

Сучасний стан земельних відносин в Україні викликає гостру необхідність у проведенні різнопланових землепорядних робіт, які спрямовані на вишукування та проектування організації території. Землепорядні роботи є вихідним, базисним процесом землепорядного права та власне земельних відносин, тому вирішення важливих актуальних питань, пов'язаних із землепорядною діяльністю, її оптимізацією та пошуком нових форм і методів її удосконалення, є надзвичайно важливим та актуальним.

Отже, застосування безпілотних літальних апаратів для проведення геодезичних робіт в землеустрої є найбільш перспективним новітнім методом землепорядкування, який дає чимало переваг перед традиційними способами землепорядних робіт та відкриває широкі можливості для подальших геодезично-картографічних досліджень.

Список літератури

1. Бутенко Є.В. Застосування безпілотних літаючих систем при вирішенні задач землеустрою / Є.В. Бутенко, О.В. Кулаковський // *Землеустрій, кадастр та моніторинг земель* №4, Київ: вид. НУБіП, С.68-73
2. Галецький В. Аналіз експериментальних робіт зі створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / Га-лецький В., Готов В., Колесніченко В., Про-хорчук О., Церклевич А. // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2012. – Вип. 76. – С. 85–93.
3. Готов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів /Готов В., Гуніна А. //Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. - №11(28). – С.65-70.
4. Губар Ю. Аналіз доцільності застосування безпілотних літальних апаратів для масової оцінки нерухомості населених пунктів / Губар Ю. // *Матеріали II Всеукраїнської наукової конференції «Геодезія, землеустрій, геоінформатика в Південному регіоні: сучасний стан та перспективи розвитку»*. – Одеса. – 2017. – С.131-135
5. Ростопчин В.В. Безпілотні авіаційні системи: основні поняття / В.В. Ростопчин, І.Е. Бурдун / *ЕЛЕКТРОНІКА: Наука, Технологія, Бізнес*. – 2016. – №7. – С. 82-88.
6. Третьяк А.М. *Землеустрій: Підручник* / А. М. Третьяк – Херсон: Олдіплюс, 2014. – 520 с.
7. Meier G., Frank S. Dokumentation und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle), *Geodäsie/Vermessung, Geomatik Schweiz*, 2019. – p.449-452.
8. Rinaudo F., Chiabrando F., Lingua A. M., Spanò A. T. Archaeological site monitoring: UAV photo-grammetry can be an answer. The International archives of the photogrammetry, Remote sensing and spatial information sciences, 39(B5), 2020. – p. 583–588

References

1. Butenko E.V., Kulakovsky O.B. Zastosuvannya bezpilotnih litayuchih sistem pri virishenni zadach zemleustroyu [Application of unmanned flying systems in solving land management problems] Ukraine, Kyiv: NUBIP, 68–73
2. Galetsky V., Glotov V., Kolesnichenko V., Prokhorchuk O., Tserklevych A. (2012). Analiz eksperimentalnih robot zi stvorenniya velikomasshtabnih planiv silskih naselenih punktiv pri zastosuvanni BPLA [Analysis of experimental work on the creation of large-scale plans of rural settlements with the use of UAVs] Ukraine, Kyiv: Science, 85–93.
3. Glotov V., Gunina A. (2014). Analiz mozhlivostej zastosuvannya bezpilotnih litalnih aparativ dlya aeroznimalnih procesiv [Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles devices for aerial photography processes] Ukraine, Kyiv: Science, 65–70.
4. Gubar Y. (2017). Analiz docilnosti zastosuvannya bezpilotnih litalnih aparativ dlya masovoyi ocinki neruhomosti naselenih punktiv [Analysis of the feasibility of using unmanned aerial vehicles devices for mass real estate appraisal of settlements]. Proceedings of the II All-Ukrainian scientific conference "Geodesy, land management, geoinformatics in the Southern region: current status and development prospects", 131–135.
5. Rostopchin V.V. (2016) Bezpilotni aviacijni sistemi: osnovni ponyattya [Unmanned aerial systems: basic concepts]. ELECTRONICS: Science, Technology, Business №7, 82–88.
6. Tretyak A.M. (2014). Zemleustrij [Land management] Ukraine, Kherson: Oldplus, 520.
7. Meier G., Frank S. (2019) Dokumentation und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Geodäsie/ Vermessung, Geomatik Schweiz – 449–452.
8. Rinaudo F., Chiabrando F., Lingua A. M., Spanò A. T. (2020) Archaeological site monitoring: UAV photo-rammetry can be an answer. The International archives of the photogrammetry, Remote sensing and spatial information sciences, 39(B5) –p. 583–588

Butenko E.V., Nevoit N.O.

**PECULIARITIES OF GEODESIC WORKS
WITH THE USE OF UAVS FOR THE NEEDS
OF LAND MANAGEMENT**

[https://doi.org/](https://doi.org/10.31548/zemleustriy2021.01.08)

10.31548/zemleustriy2021.01.08

Abstract. *It is determined and substantiated that the most popular type of survey activity for land management is the use of unmanned aerial vehicles, as most traditional methods of geodetic surveys are not effective enough today, they can not provide the required accuracy, especially for landowners and land users of small land, is very important. An approximate algorithm for the use of unmanned aerial vehicles to solve geodetic problems of land management of united territorial communities, which includes stages of work from preparation for re-survey to create a digital terrain model, the advantages of using unmanned aerial vehicles over traditional types of geodesics. unmanned aerial vehicles during geodetic surveying works for the needs of OTG land management, calculated the economic efficiency of this type of geodetic surveys on a specific example, namely the village of Gamaliyivka Pustomyty district of Lviv region and compared the costs of time and money in comparison with the traditional method unmanned aerial vehicles. At the same time, the ways of improving the process of aerial photography with the help of UAVs are presented both at the normative and at the organizational and technical level.*

Keywords: *unmanned aerial vehicles, geodetic surveys, aerial photography, land management works, planned and sustainable basis, economic efficiency.*

Бутенко Е.В., Невойт Н.А.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА ДЛЯ НУЖД ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

[https://doi.org/](https://doi.org/10.31548/zemleustriy2021.01.08)

10.31548/zemleustriy2021.01.08

Аннотация. Определено и обосновано, что наиболее востребованным видом изыскательской деятельности для землеустройства является применение беспилотных летательных аппаратов, так как большинство традиционных методов геодезических изысканий является на сегодня недостаточно эффективными, они не могут предоставить требуемую точность измерений, что особенно важно для землевладельцев и землепользователей небольших земельных участков. Приведён ориентировочный алгоритм применения беспилотных летательных аппаратов для решения геодезических задач земель объединенных территориальных общин, включающий в себя этапы от подготовительных работ к созда-

нию цифровой модели рельефа. Рассмотрены преимущества использования беспилотных летательных аппаратов в сравнении с традиционными видами геодезических работ, проанализирован ряд особенностей использования беспилотных летательных аппаратов при проведении геодезии для нужд землеустройства ОТГ, вычислена экономическая эффективность данного вида геодезических изысканий на конкретном примере, а именно населенного пункта Гамалеевка Пустомытовского района Львовской области и проведено сравнение затрат времени и средств по сравнению с традиционными методами геодезических работ и с применением беспилотных летательных аппаратов. Вместе с тем, представлены пути овершенствования процесса аэросъемки с помощью БПЛА как на нормативном, так и на организационно-техническом уровне.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, геодезические изыскания, аэрофотосъемка, землеустроительные работы, планово-высотная основа, экономическая эффективность, ортофотоплан