

УДК 69.03

Р.Я. Зельцер,

канд. екон. наук, старш. наук. співроб.

ORCID: 0000-0003-4433-6625

М.А. Колот,

аспірант

ORCID: 0000-0002-1387-7587

І.О. Панасюк,

аспірант

ORCID: 0000-0002-9050-5146

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ РОБІТ НА РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ОБ'ЄКТАХ БУДІВНИЦТВА ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДАЛЬШОГО ВПРОВАДЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ В УКРАЇНІ

У статті висвітлені питання вдосконалення організаційно-технологічних рішень будівельного виробництва шляхом використання безпілотних літальних апаратів і спеціального програмного забезпечення для організації дистанційного контролю будівництва розосереджених об'єктів (на прикладі будівництва коледжів в Київській області), викладено досвід використання БПЛА.

Інноваційні підходи до контролю життєвого циклу будівельних проектів на етапах вишукувальних та проектних робіт, нульового циклу, зведення надземної частини та подальшої експлуатації з використанням дронів і спеціального програмного забезпечення дають компаніям будівельного сектора України унікальний шанс реалізувати свій потенціал в ході цифрової революції і зайняти гідне місце серед світових лідерів.

Через нестачу оперативних, достовірних даних і показників, які описують стан будівельного майданчика, виникають проблеми відсутності у керівництва актуальної інформації про прогрес реалізації проекту, пізнього виявлення фактичного відхилення ходу виконання робіт від проектної документації, неконтрольованого впливу людського фактору в процесі перевірки обсягів і якості робіт, виконаних підрядними організаціями, недостатньої комунікації між учасниками проекту, що згодом призводить до перевитрат бюджету і порушення розрахункових термінів виконання проекту.

Викладено досвід використання БПЛА при вирішенні таких питань як відсутність у керівництва актуальної інформації про стан справ на будівельному майданчику, пізнє виявлення фактичного відхилення ходу виконаних робіт від проектної документації, неконтрольований вплив людського фактора в процесі перевірки обсягів і якості робіт, виконаних підрядними організаціями, а також недостатня комунікація між учасниками проекту.

На підставі отриманого практичного досвіду використання дронів, зроблено висновок про те, що дрони є ефективним інструментом, який має широку сферу застосування для контролю робіт нульового циклу та зведення надземної частини будівель.

Ключові слова: *дрони, хмарні технології в будівництві, 3D-модель, ортофотоплан, дистанційний контроль, організація будівництва, моніторинг, управління будівельним проектом.*

Вступ. Впровадження цифрових технологій для контролю життєвого циклу будівельних проектів з використанням дронів і спеціального програмного забезпечення дає компаніям будівельного сектора України можливість підвищити ефективність діяльності та вирішити питання організації комплексного оперативного дистанційного моніторингу та контролю будівельних проектів, а також контролю якості будівельних і монтажних робіт.

Дрони в комплексі з хмарним програмним забезпеченням є цифровим інструментом, який вже сьогодні дає можливість будівельним компаніям провести функціонально-організаційну трансформацію для переходу на безпаперові методи моніторингу і контролю в процесі оперативного управління будівництвом. Використання дронів дозволяє скоротити час, підвищити точність і позбутися впливу людського фактора в рамках процесу збору і обробки інформації про динаміку і якість виконання будівельних процесів, підготувати базу для подальшої автоматизації процесів коригування календарних планів виконання робіт та постачання ресурсів в складі ПВР відповідно до фактичних умов.

Також інформація, що зібрана за допомогою дронів, забезпечує успішну комунікацію і взаємодію між ключовими учасниками будівельного виробництва і обмін інформацією між ними, сприяє прийняттю обґрунтованих організаційно-технологічних рішень і уникненню таких негативних явищ, як пізнє виявлення фактичного відхилення ходу виконання робіт від проектної документації.

Дрони як ефективний інструмент моніторингу та контролю виконання будівельних і монтажних робіт

За допомогою безпілотних літальних апаратів компанії мають змогу організувати систему регулярного дистанційного моніторингу та контролю проектів і тим самим фундаментально змінити методологію відстеження процесів будівництва, суттєво знизити витрати і управлінські ризики. На практиці використання дронів організовується наступним чином:

1) На щотижневій основі кваліфікований оператор збирає дані на будівельному майданчику за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Дрон під керуванням автопілоту на базі спеціального програмного забезпечення виконує обліт будівельного майданчика по заданій тректорії, виконує аерофотозйомку та збирає дані, необхідні для побудови ортофотоплана та 3D моделі будівельного майданчика, а саме: швидкість, висота, GPS-координати, фокусна відстань та інші.

2) З використанням зібраних даних виконуються обчислення та будується ортофотоплан і 3D модель будівельного майданчика (рис. 1). Дані операції вимагають великих обчислювальних потужностей. Для того, щоб процес був оперативним, обчислення доцільно виконувати за допомогою хмарного програмного забезпечення з використанням серверів.



Рис. 1. 3D модель будівельного майданчика об'єкту «Лікувально-діагностичний кардіологічний центр, м. Вінниця»

3) Ортофотоплан і 3D модель передаються в головний офіс генерального підрядника протягом однієї години з моменту збору даних.

4) Проводиться аналіз отриманих даних: автоматично визначаються обсяги виконаних робіт, виконується порівняння з даними тижневої давності, що були зібрані під час попередньої зйомки. Виконується контроль якості виконаних робіт шляхом порівняння відхилень фактично виконаних робіт від проектної документації. Актуальні дані вносяться в календарний графік та аналізуються відхилення фактичного стану виконання робіт від планового.

5) Отримані результати аналізу формуються автоматично та повністю відображають ключові показники існуючого стану справ на будівельному майданчику, дозволяють виявити помилки в роботі на ранній стадії та внести відповідні корективи в будівельний процес.

Досвід організації дистанційного контролю виконання робіт на розосереджених об'єктах будівництва з використанням дронів

При котеджному будівництві виникає необхідність збору великого обсягу даних про хід виконання робіт на розосереджених об'єктах. Щоденний об'їзд об'єктів з метою операційного контролю займає багато часу, тому в даному випадку доцільно використовувати дрони для обльоту всіх об'єктів і фотофіксації виконання робіт.

Оператор дрону на щотижневій основі виконує збір даних та надсилає керівнику проекту на вивчення. Дана інформація використовується для моніторингу стану виконання робіт, відповідності виконаних робіт робочому графіку та для контролю якості виконаних робіт. Також дана інформація використовується для фотофіксації прихованих робіт.

В даний час дрони використовуються для контролю виконання робіт в котеджному містечку «Міжріччя» за адресою вул. Центральна, Осещина, Київська обл., 07363. Виконується регулярна зйомка та відправка даних в головний офіс девелоперської компанії для аналітики та відстежування процесу будівництва.



Рис. 2. Фотофіксація влаштування підземної частини фундаменту котеджного будинку в КМ «Міжріччя» 4 вересня 2021р.

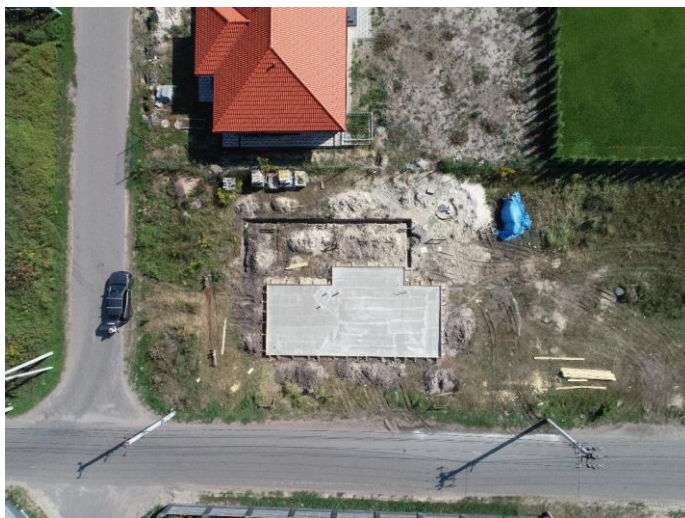


Рис. 3. Фотофіксація надземної частини фундаменту котеджного будинку в КМ «Міжріччя» 9 вересня 2021р.



Рис. 4. Фотофіксація укладання збірних плит перекриття 1-го поверху котеджного будинку в КМ «Міжріччя» 25 вересня 2021 р.

Шляхи розвитку використання дронів у будівництві в Україні

Сьогодні існує можливість впровадження використання дронів для контролю виконання зовнішніх робіт, а саме: земляні роботи, зведення каркасів будівель, влаштування фасадів та покрівель, благоустроїв. БПЛА можуть керувати роботами, що виконують підйом вантажів, роботизованими бульдозерами, скреперами та грейдерами при переміщенні земляних мас. Також вже існують компактні дрони з високим ступенем координатії в замкнених просторах, основним функціоналом яких є контроль процесів виконання внутрішніх опоряджувальних робіт. Їх впровадження в щоденну практику роботи виконується будівельними компаніями в Китаї, Європі та США.

В Україні дрони довели свою ефективність як інструмент моніторингу і контролю в рамках процесу організації і управління проектом по рекультиватії Полігону зберігання твердих побутових відходів №5 в с. Підгірці Обухівського району Київської області, даний досвід освітлено в статті «Організація контролю виконання будівельних робіт з використанням дронів і спеціального програмного забезпечення», що опубліковано в журналі «Наука та інновації» [3].

Таким чином, дрони дають можливість в режимі реального часу відслідковувати постійні зміни на будівельному майданчику в процесі виконання робіт, контролювати обсяги виконаних робіт з високою точністю, достовірно визначати потребу в матеріалах, безпомилково планувати фронт робіт і знижувати ризики виникнення відхилень від стандартів якості через несвоєчасне виявлення недоліків при виконанні будівельних робіт. Це дозволяє компаніям перейти до

ефективних безпаперових, точних і швидких методів контролю і управління будівельним процесом.

Переваги використання дронів практично підтвержені на наступних будівельних об'єктах в Україні:

- 1) Будівництво лікувально-діагностичного кардіологічного центру, м. Вінниця.
- 2) Реконструкція мереж водопостачання та каналізації, м. Кропивницький.
- 3) Реконструкція Кіровоградської станції очищення стічних вод, м. Кропивницький.
- 4) Реконструкція Дніпровської водоочисної станції, м. Світловодськ.
- 5) Рекультивация Полігону зберігання твердих побутових відходів № 5 у с. Підгірці Обухівського району Київської області.

Одержані авторами практичні результати є новим важливим кроком в розробці та обґрунтуванні формалізованого інноваційного інформаційно-аналітичного простору формалізації процесів організації будівництва для розрахунку параметрів виконання робіт, що спрямовані мінімізувати часові ризики та динаміку виконання будівельних процесів через трансформаційні функціонально-організаційні та організаційно-технологічні зміни і коригування під час оперативного управління процесом будівництва та адміністрування будівельним проектом.

Список літератури:

1. Improving Construction Productivity. McKinsey & Company. [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/improving-construction-productivity>
2. Busta H. Balfour Beatty: Construction sites will be human-free by 2050. [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу: <http://www.constructiondive.com/news/balfour-beattyconstruction-sites-will-be-human-free-by-2050/446352/>.
3. Тугай О.А., Зельцер Р.Я., Колот М.А., Панасюк І.О. Організація контролю виконання будівельних робіт з використання дронів і спеціального програмного забезпечення // Наука та інновації. Науково-практичний журнал НАН України. – К., 2019. – Вип. 15(4):23-32. <https://doi.org/10.15407/scin15.04.023>
4. Зельцер Р.Я. Практика застосування дронів при реалізації будівельних проектів в Україні / Р.Я. Зельцер, М.А. Колот, І.О. Панасюк // Шляхи підвищення ефективності Будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2018. – Вип.35. – С. 151-154.
5. Zeltser R. Organization of remote monitoring and control of construction works using drones and cloud technologies / М. Kolot, I. Panasyuk, R. Zeltser, V. Orishchenko // International scientific-practical conference of young scientists “Build-master-class-2018”, 28.11-30.11.2018. – Kyiv: KNUCA, 2018. – P. 346-347.
6. The Evolution of Construction Technology. DroneDeploy. [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу: <https://blog.dronedeploy.com/the-evolution-of-construction-technology-bdf3c120ed71>.
7. 5 Industries That Are Actually Ripe for Disruption. [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: www.fortune.com/2016/05/13/5-industriesready-for-disruption.
8. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. McKinsey&Company, McKinsey Global Institute. [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу:

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>

9. Andreas Renz, Manuel Zafra Solas. Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology. Davos, World Economic Forum. [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report.pdf

10. Corody C. 5 Valuable Business Lessons Learned About Drones in Construction. [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: <https://www.thedroneproshop.com/blogs/articles/5-valuable-lessons-learned-about-drones-in-construction>

11. The Truth about Drones in Construction and Infrastructure Inspection. [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/news/12231010/the-truth-about-drones-in-construction-and-infrastructure-inspection>

12. The Rise of Drones in Construction. [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу: <https://www.droneDeploy.com/blog/rise-drones-construction/>

Referens:

1. Improving Construction Productivity. (2017). McKinsey & Company. Available at: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/improving-construction-productivity>

2. Busta, H. (2017). Balfour Beatty: Construction sites will be human-free by 2050. Available at: <http://www.constructiondive.com/news/balfour-beatty-construction-sites-will-be-human-free-by-2050/446352/>.

3. Tugay, O.A., Zeltser, R.Ya., Kolot, M.A. & Panasiuk, I.O. (2019). Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. *Science and Innovation*, 15(4), 21—28. DOI: doi.org/10.15407/scine15.04.021

4. Zeltser, R.Ya., Kolot, M.A. & Panasiuk, I.O. (2018). The practice of using drones in the implementation of construction projects in Ukraine. *Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn*. No. 35, pp. 151-154.

5. Kolot, M., Panasyuk, I., Zeltser, R. & Orishchenko, V. (2018). Organization of remote monitoring and control of construction works using drones and cloud technologies. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-master-class-2018"*, 28.11-30.11.2018. Kyiv: KNUCA. P. 346-347.

6. The Evolution of Construction Technology. (2018). DroneDeploy. Available at: <https://blog.droneDeploy.com/the-evolution-of-construction-technology-bdf3c120ed71>.

7. 5 Industries That Are Actually Ripe for Disruption. (2016). Available at: www.fortune.com/2016/05/13/5-industries-ready-for-disruption.

8. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. (2017). McKinsey & Company, McKinsey Global Institute. Available at: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>

9. Andreas Renz, Manuel Zafra Solas. (2016). Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology. Davos, *World Economic Forum*. Available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report.pdf

10. Corody, C. (2016). 5 Valuable Business Lessons Learned About Drones in Construction. Available at: <https://www.thedroneproshop.com/blogs/articles/5-valuable-lessons-learned-about-drones-in-construction>

11. The Truth about Drones in Construction and Infrastructure Inspection. (2016). Available at: <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/news/12231010/the-truth-about-drones-in-construction-and-infrastructure-inspection>

12. The Rise of Drones in Construction. (2018). Available at: <https://www.dronedeploy.com/blog/rise-drones-construction/>

Р.Я. Зельцер, М.А. Колот, И.О. Панасюк

Использование беспилотных летательных аппаратов для контроля выполнения работ на рассредоточенных объектах строительства и их дальнейшего внедрения в строительстве в Украине

В статье освещены вопросы совершенствования организационно-технологических решений строительного производства путем использования беспилотных летательных аппаратов и специального программного обеспечения для организации дистанционного контроля строительства рассредоточенных объектов (на примере строительства коттеджей в Киевской области), изложен опыт использования БПЛА.

Инновационные подходы к контролю жизненного цикла строительных проектов на этапах изыскательских и проектных работ, нулевого цикла, сооружения наземной части и дальнейшей эксплуатации с использованием дронов и специального программного обеспечения дают компаниям строительного сектора Украины уникальный шанс реализовать свой потенциал в ходе цифровой революции и занять достойное место среди мировых лидеров.

Из-за недостатка оперативных, достоверных данных и показателей, которые описывают состояние строительной площадки, возникают проблемы отсутствия у руководства актуальной информации о прогрессе реализации проекта, позднего выявления фактического отклонения хода выполнения работ от проектной документации, неконтролируемого влияния человеческого фактора в процессе проверки объемов и качества работ, выполненных подрядными организациями, недостаточной коммуникации между участниками проекта, что впоследствии приводит к перерасходу бюджета и нарушению расчетных сроков выполнения проекта.

Изложен опыт использования БПЛА при решении таких вопросов как отсутствие у руководства актуальной информации о положении дел на строительной площадке, позднее выявление фактического отклонения хода выполненных работ от проектной документации, неконтролируемое влияние человеческого фактора в процессе проверки объемов и качества работ, выполненных подрядными организациями, а также недостаточная коммуникация между участниками проекта.

На основании полученного практического опыта использования дронов, сделан вывод о том, что дроны являются эффективным инструментом, имеющим широкую область применения для контроля работ нулевого цикла и возведения надземной части зданий.

Ключевые слова: дроны, облачные технологии в строительстве, 3D-модель, ортофотоплан, дистанционный контроль, организация строительства, мониторинг, управление строительным проектом.

R. Zeltser, M. Kolot, I. Panasyuk

Use of unmanned aerial vehicles to monitor the performance of work on scattered construction sites and ways to further implement them in construction in Ukraine

The article covers the improvement of organizational and technological solutions of construction production through the use of unmanned aerial vehicles and special software for remote control of construction of scattered facilities (for example, the construction of cottages in Kyiv region), the experience of using UAVs.

Innovative approaches to the control of the life cycle of construction projects at the stages of engineering surveys and design works, zero cycle, construction of the above-ground part and further operation using drones and special software give the Ukraine construction sector companies a unique chance to realize their potential during the digital revolution and take their rightful place among world leaders.

Due to the lack of operational, accurate data and indicators that describe the state of the construction site, companies face such problems as management's lack of up-to-date information on the project implementation progress, late detection of actual of the progress of work performed from design documentation, uncontrolled human factor in the process of checking volumes and quality of works performed by contractors, insufficient communication between project participants. Subsequently, these factors lead to budget overruns and non-compliance with the estimated project deadlines.

The experience of using UAVs in addressing such issues as the management's lack of relevant information on state of affairs at construction site, late identification of actual deviations from the project documentation, uncontrolled influence of human factor in the process of checking the volume and quality of work performed by contractors, and insufficient communication between project participants.

Based on the practical experience gained in the use of drones, it was concluded that drones are an effective tool with a wide range of applications for monitoring zero-cycle work and erection of the above-ground part of buildings.

Keywords: drones, cloud technologies in construction, 3D model, orthophoto, remote control, construction organization, monitoring, construction project management.

Посилання на статтю

АРА: Zeltser, R., Kolot, M., & Panasyuk, I. (2021). Use of unmanned aerial vehicles to monitor the performance of work on scattered construction sites and ways to further implement them in construction in Ukraine. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 48 (1), 108-116.

ДСТУ: Зельцер Р.Я. Використання безпілотних літальних апаратів для контролю виконання робіт на розосереджених об'єктах будівництва та шляхи їх подальшого впровадження в будівництві в Україні / Р.Я. Зельцер, М.А. Колот, І.О. Панасюк // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2021. – № 48(1). – С. 108-116.