

Bezzałogowe statki powietrzne w budownictwie – protokół bezpiecznego przygotowania i lotu dronem

dr inż. Mariusz Szóstak, mgr inż. Tomasz Nowobilski, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie

Obecnie bezzałogowe statki powietrzne (UAV – *the unmanned aerial vehicles*), potocznie nazywane dronami, wykorzystywane są w szerokim zakresie zarówno w sektorze cywilnym, jak i komercyjnym [1–3], wielu sektorach gospodarki, a mianowicie w górnictwie [4, 5], rolnictwie [6, 7], medycynie [8], ekologii [9, 10] oraz transporcie [11, 12]. Ponadto drony mają szerokie zastosowanie również w budownictwie. I tak na przykład drony wykorzystuje się podczas inspekcji budowlanych [13], m.in. do oceny zniszczeń lub uszkodzeń, pomiarów terenu, a także do inspekcji stanu bezpieczeństwa, monitorowania postępów prac [14], konserwacji budynków czy badań termowizyjnych [15].

Powszechnie wiadomo, że stosowanie bezzałogowych statków powietrznych pozwala na osiągnięcie wielu istotnych korzyści w zakresie bezpieczeństwa w budownictwie. Po pierwsze drony mogą poruszać się szybciej niż ludzie, a także mogą docierać do niedostępnych lub trudno dostępnych dla człowieka miejsc – np. zlokalizowanych na wysokości z brakiem możliwości wejścia. Zastosowanie dronów może znacznie poprawić bezpieczeństwo pracy, m.in. w pobliżu poruszających się pojazdów na placu budowy, w strefie pracy żurawia/dźwigu budowlanego, w pobliżu niezabezpieczonych krawędzi i otworów, a także w obszarze tzw. „martwego pola” podczas użytkowania ciężkiego sprzętu budowlanego.

Niestety, pomimo szerokiego zastosowania dronów w budownictwie, urządzenia te mogą stwarzać nowe, dotychczas niewystępujące zagrożenia w budownictwie czy sytuacje potencjalnie wypadkowe [16]. Nowe zagrożenia są związane z rozwojem nowych technologii, a także ciągłej automatyzacji i robotyzacji branży budowlanej [17]. Choć istnieją badania na temat korzyści, jakie nowe technologie, w tym drony, przynoszą branży budowlanej, to brakuje ilościowych badań analizujących wpływ pracy z lub w pobliżu bezzałogowych statków powietrznych na zdrowie i bezpieczeństwo pracowników. Dotychczasowa analiza czynników wpływających na bezpieczeństwo bezzałogowych statków powietrznych wskazuje, że głównymi przyczynami wypadków są problemy ze sprzętem lub/i brak prawidłowej koordynacji [18].

Głównym celem prowadzonych badań było opracowanie procedury postępowania (protokołu) dla poprawnego, bezpiecznego przygotowania i zaplanowania lotu bezzałogowym statkiem powietrznym na potrzeby operacji przeprowadzanej w budownictwie, zgodnego z obowiązującymi regulacjami prawnymi. Opracowanie takiego protokołu może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa pracy na stanowiskach pracy związanych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych.

2. Protokół postępowania – organizacja bezpiecznej operacji lotniczej z użyciem drona w budownictwie

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu, instrukcji obsługi wybranych bezzałogowych statków powietrznych oraz obowiązujących przepisów prawnych, a także wiedzy i doświadczenia własnego autorów badań posiadających uprawnienia do operowania bezzałogowymi statkami powietrznymi oraz kilkuletniego doświadczenia praktycznego opracowano typowy scenariusz bezpiecznego postępowania w przypadku prowadzenia operacji lotniczej z wykorzystaniem drona na potrzeby budownictwa. Opracowany protokół uwzględnia wszystkie fazy związane z użytkowaniem drona, począwszy od fazy planowania, poprzez etap wykonywania operacji lotniczej, a skończywszy na elementach związanych z zakończeniem operacji lotniczej. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto, że pilot drona posiada wymagane kompetencje i uprawnienia niezbędne do operowania bezzałogowym statkiem powietrznym, a także spełnił wszystkie wymogi związane z rejestracją operatora do systemu bezzałogowych statków powietrznych oraz posiada własny profil w systemie PansaUTM, umożliwiający uzyskanie warunków i zgody na wykonanie misji. Wszystkie wyżej wymienione elementy należy spełnić przed przystąpieniem do planowania operacji lotniczej z użyciem drona, a opracowany protokół postępowania należy traktować jako tok postępowania według, którego należy planować każdą nową operację lotniczą.

Opracowany protokół składa się z pięciu głównych etapów (rys. 1).

• Etap I – Planowanie lotu (kilka dni przed planowanym lotem):

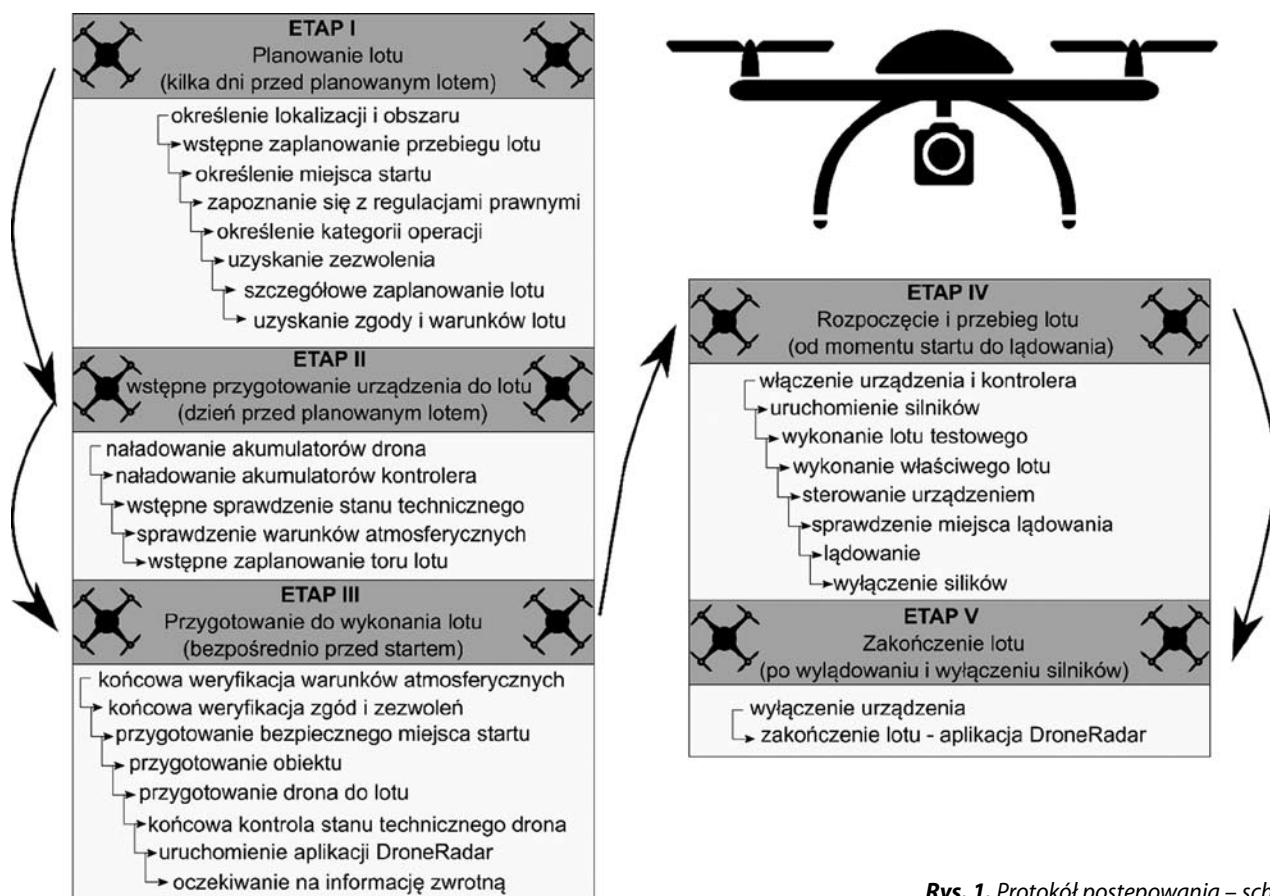
- określenie lokalizacji i obszaru, nad którym będzie wykonywana operacja, a także maksymalnej wysokości, na której będą wykonywane loty;
- wstępne zaplanowanie przebiegu nalogu oraz jego zakresu, np. inspekcja obiektu, monitoring postępu prac, badania termowizyjne, itp.;
- określenie miejsca startu urządzenia;
- zapoznanie się z krajowymi, regionalnymi i lokalnymi przepisami oraz zasadami dotyczącymi użytkowania bezałogowych statków powietrznych na danym obszarze;
- określenie kategorii operacji, a w przypadku kategorii „szczególnej” wybranie odpowiedniego narodowego scenariusza standardowego NSTS;
- uzyskanie zezwolenia na wykonanie operacji w kategorii „szczególnej”, jeśli operacja ta nie jest objęta narodowym scenariuszem standardowym NSTS i nie należy do kategorii „otwartej” oraz innych miejscowych zezwoleń (np. zezwolenie na wykonanie operacji od właściciela obiektu, którego nalog dotyczy);
- szczegółowe zaplanowanie misji i wysłanie planu lotu do Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej w celu uzyskania akcentacji (komunikacja najczęściej prowadzona za pomocą systemu PansaUTM);
- uzyskanie zgody i warunków lotu od Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej.

• Etap II – Wstępne przygotowanie urządzenia do lotu (dzień przed planowanym lotem):

- naładowanie akumulatorów/baterii drona;
- naładowanie akumulatorów/baterii kontrolera oraz urządzeń pomocniczych – np. tabletu, komputera;
- wstępne sprawdzenie stanu technicznego urządzenia oraz jego podzespołów;
- wstępne sprawdzenie warunków atmosferycznych, w szczególności: prędkości wiatru, wilgotności, temperatury oraz poziomu promieniowania słonecznego (Kp index), a także występowania opadów atmosferycznych, które mogą uniemożliwić bezpieczne wykonanie operacji;
- wstępne zaplanowanie toru lotu uwzględniającego dynamikę lotu drona oraz możliwe przeszkody terenowe, a także możliwości sprzętowe.

• Etap III – Przygotowanie do wykonania operacji lotniczej (bezpośrednio przed startem):

- końcowa weryfikacja warunków atmosferycznych;
- końcowa weryfikacja posiadanych zgód i zezwoleń na wykonanie operacji w danym miejscu i czasie oraz sprawdzenie depeszy NOTAM występujących w okolicy miejsca prowadzenia operacji lotniczej;
- przygotowanie bezpiecznego miejsca startu i lądowania oraz zaplanowanie awaryjnego miejsca lądowania;
- przygotowanie obiektu, nad którym wykonywane będą nalogi (np. rozmieszczenie punktów pomiarowych);



Rys. 1. Protokół postępowania – schemat

- przygotowanie drona do lotu (np. kalibracja urządzenia, synchronizacja z kontrolerem, sprawdzenie aktualizacji);
- końcowa kontrola stanu technicznego drona (w szczególności sprawdzenie układu napędowego i zasilania urządzenia);
- uruchomienie aplikacji DroneRadar, wybranie złożonego planu lotu (jeśli dotyczy), weryfikacja ustawień lotu i wykonanie „check-in” w aplikacji;
- oczekiwanie na otrzymanie informacji zwrotnej od kontrolera zezwalającej na rozpoczęcie lotu zgodnie z planem lotu.

• **Etap IV – Rozpoczęcie i przebieg operacji lotniczej (od momentu startu do lądowania):**

- sprawdzenie, czy w obszarze miejsca startu oraz planowanego lotu nie znajdują się ludzie ani inne przeszkody;
- włączenie urządzenia i kontrolera;
- uruchomienie silników;
- upewnienie się, że urządzenie jest sprawne – wykonanie lotu testowego;
- wykonanie właściwego lotu – m.in. wybór trybu lotu (np. lot po zaplanowanej ścieżce, sterowanie ręczne);
- sterowanie urządzeniem przy równoczesnym kontrolowaniu parametrów lotu, stanu technicznego urządzenia, otoczenia i komunikatów wysyłanych przez kontrolera za pomocą aplikacji DroneRadar;
- w sytuacji wystąpienia zagrożenia (np. awaria urządzenia lub nagłe ograniczenie w ruchu w danej strefie) natychmiastowe przerwanie wykonywanej operacji i możliwie szybkie lądowanie w bezpiecznym miejscu;
- sprawdzenie miejsca lądowania;
- lądowanie;
- wyłączenie silników.

• **Etap V – Zakończenie operacji lotniczej (po wyłączeniu i wyłączeniu silników):**

- wyłączenie urządzenia;
- wysłanie potwierdzenia zakończenia misji za pomocą aplikacji DroneRadar.

3. Dyskusja wyników

Przedstawione w artykule rozeznanie literaturowe wskazuje na rosnące zainteresowanie technologią bezzałogowych statków powietrznych w zastosowaniach przemysłowych. Potwierdzeniem takiego stanu rzeczy są coraz liczniejsze inicjatywy płynące zarówno ze strony przedsiębiorstw prywatnych, instytucji publicznych i samorządowych, a także różnego rodzaju organizacji, mające na celu wykorzystanie dronów w działaniach praktycznych. Taki stan rzeczy umożliwia znaczny i dynamiczny rozwój tego sektora gospodarki. Szacuje się, że już do 2026 roku rynek dronów na świecie osiągnie wartość 58,4 mld USD. Tak znaczny i dynamiczny rozwój sektora związanego z rozwojem oprogramowania

oraz świadczeniem usług z wykorzystaniem dronów powoduje generowanie nowych, dotychczas nieznanych zagrożeń. W związku z powyższym bardzo ważne jest prowadzenie działań profilaktycznych, mających na celu ograniczenie ryzyka prowadzenia operacji z wykorzystaniem dronów. Zaproponowana w artykule metodyka postępowania jest uniwersalną metodą postępowania w sytuacji bezpiecznego planowania, wykonywania operacji z użyciem bezzałogowych statków powietrznych. Metodyka ta jest w pełni zgodna z obowiązującymi obecnie przepisami prawa, normami branżowymi [19] oraz rozwiązaniami teleinformatycznymi. Jej praktyczna implementacja w znaczący sposób pozwoli zmniejszyć poziom ryzyka wykonywania operacji lotniczych z użyciem dronów w budownictwie.

4. Podsumowanie

Bezzałogowy statek powietrzny to nie tylko popularny gadżet wykorzystywany coraz częściej przez amatorów i hobbystów w celach prywatnych, lecz także nowoczesny system mający zastosowanie w wielu dziedzinach życia, w tym w budownictwie, a także w prowadzonych badaniach naukowych. Zastosowanie dronów w budownictwie ma duże spektrum działania.

Wykorzystanie dronów w budownictwie może podnieść stopień bezpieczeństwa na budowie, należy jednak pamiętać, że bezzałogowe statki powietrzne mogą stwarzać również nowe, dotychczas niewystępujące na placu budowy zagrożenia. Niestabilne warunki lotu, błędy operatora i awarie sprzętu mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla pracujących w pobliżu pracowników. Źle dobrana trajektoria lotu bezzałogowego statku powietrzego może doprowadzić do kolizji, która może spowodować obrażenia u ludzi lub zwierząt, znaczne uszkodzenie sprzętu lub nawet utratę urządzenia.

Celem prowadzonych badań było opracowanie procedury postępowania (protokołu) dla poprawnego, bezpiecznego przygotowania i zaplanowania lotu bezzałogowym statkiem powietrznym na potrzeby operacji przeprowadzanej w budownictwie, zgodnego z obowiązującymi regulacjami prawnymi.

Edukacja w zakresie bezpiecznego użytkowania bezzałogowych statków powietrznych, ale także właściwe użytkowanie dronów mają szansę poprawić bezpieczeństwo pracy z tymi urządzeniami. Zwłaszcza że zastosowanie dronów w budownictwie, o czym wcześniej wspomniano, niesie ze sobą wiele korzyści. Tego, że użycie bezzałogowych statków latających w szybkim tempie poszerza swój zakres zastosowań, są świadome także środowiska akademickie. Spełniając najnowocześniejsze trendy, realizowany jest międzynarodowy projekt „Virtual reality immersive safety training environment for robotised and automated construction sites” przez konsorcjum: University of the West of England (UWE) Bristol, (United Kingdom); CTM -Centro Tecnologico del Marmol Piedra

y Materiales (Spain); Bildungszentren des Baugewerbes e.V. (Germany); and Wrocław University of Science and Technology (Poland). Głównym celem projektu jest opracowanie innowacyjnego, bezpiecznego i interaktywnego środowiska szkoleniowego opartego na technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) w zakresie nowoczesnych technologii, w tym bezałogowych statków powietrznych, aby przekazać pracownikom budowlanym niezbędne umiejętności i edukację w zakresie interakcji z maszynami i materiałami.

Podziękowania

Praca jest wynikiem realizacji przez autorów projektu badawczego nr 2020-1-UK01-KA202-079176 „Virtual reality immersive safety training environment for robotised and automated construction sites”, finansowanego przez europejski program ERASMUS+ (<https://safecrobot.pwr.edu.pl>).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Skorupka D., Duchaczek A., Waniewska A., Kowacka M., Debita G., Identifying the Possibility of Using Unmanned Aerial Vehicles in the Process of Construction Projects Implementation, XV International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020), 20–23.10.2022, Barcelona, Spain
- [2] Schach R., Weller C., Construction Inspection with Unmanned Aerial Vehicle”, Bauingenieur 92, 2017, str. 271–279
- [3] Walczyński M., Bożejko W., Skorupka D., Parallel optimization algorithm for drone inspection in the building industry, AIP Conference Proceedings, 1863, 230014, 2017
- [4] Park S., Choi Y., Applications of unmanned aerial vehicles in mining from exploration to reclamation: A review, Minerals, 10(8)2020, str. 1–32
- [5] Lee S., Choi Y., Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry, Geosystem Engineering 19(4)2016, str. 197–204
- [6] del Cerro J., Ulloa V., Barrientos A., de León Rivas J., Unmanned aerial vehicles in agriculture: A survey, Agronomy 11(2)2021
- [7] Malinowska L., Osadcuks V., Technical analysis of unmaned aerial vehicles (drones) for agricultural applications, in 15th International Scientific Conference: Engineering for Rural Development, 2016, str. 870–875
- [8] Bhatt K., Pourmand A., Sikka N., Targeted Applications of Unmanned Aerial Vehicles (Drones) in Telemedicine, Telemedicine and e-Health 24(11)2018, str. 833–838
- [9] Cruzan M., Weinstein B., Grasty M., Kohn B., Hendrickson E., Arredondo T., Thompson R., Small Unmanned Aerial Vehicles (Micro-Uavs, Drones) in Plant Ecology, Applications in Plant Sciences 4(9)2016, str. 1600041
- [10] Schaub J., Hunt B., Pakhomov E., Holmes K., Lu Y., Quayle L., Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to measure jellyfish aggregations, Marine Ecology Progress Series, 591, 2018, str. 29–36
- [11] Macrina G., di Puglia Pugliese L., Guerriero F., Laporte G., Drone-aided routing: A literature review, Transportation Research Part C: Emerging Technologies 120, 2020
- [12] Chung S., Sah B., Lee J., Optimization for drone and drone-truck combined operations: A review of the state of the art and future directions, Computers and Operations Research 123, 2020
- [13] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., Drony w ocenie stanu rusztowań, Builder 24(1)2020, str. 40–41
- [14] Rybka Y., Stolarz M., Nowobilski T., Nowoczesne technologie monitorowania robót ziemnych. Praktyczne wdrożenie na przykładzie budowy Kwatery Południowej OUOW Żelazny Most, Builder 24(5)2020, str. 44–47
- [15] Noszczyk P., Nowak H., Zastosowanie dronów do termowizyjnych badań obiektów budowlanych, Materiały Budowlane 11/2017, str. 27–28
- [16] Hussein M., Nouacer R., Corradi F., Ouhammou Y., Villar E., Tieri C., Castineira R., Key technologies for safe and autonomous drones, Microprocessors and Microsystems 87, 2021
- [17] Luo F., Li R., Crabbe M., Pu R., Economic development and construction safety research: A bibliometrics approach, Safety Science 145, 2022
- [18] Ghasri M., Maghrebi M., Factors affecting unmanned aerial vehicles' safety: A post-occurrence exploratory data analysis of drones' accidents and incidents in Australia, Safety Science 139, 2021
- [19] ISO 21384-3:2019 Unmanned aircraft systems – Part 3: Operational procedures, 2019, str. 1–18



MIĘDZYNARODOWE ZAWODY PŁYWACKIE

MASTERS

X00

2022

O PUCHAR PRZEWODNICZĄCEGO RADY MOIIB

MIĘDZYNARODOWE ZAWODY PŁYWACKIE

pod honorowym patronatem:



Marszałka Województwa Mazowieckiego



Prezesa FSNT-NOT

Prezesa PIIB



19 listopada 2022 r.

Kryta Pływalnia w Ostrowi Maz., ul. H. Trębickiego 10
Oficjalne otwarcie zawodów o godz. 11:00



ZAPRASZAMY

Informacje i zapisy w Biurze Terenowym MOIIB w Ostrołęce, ul. gen. A.E. Fieldorfa „Nila” 9,
mobile 693-933-033, e-mail: btostroleka@maz.piib.org.pl

