

Doświadczenia w wykorzystaniu Bezzałogowych Statków Powietrznych (BSP) do kontroli uzbrojenia terenu w PSG sp.z o.o. Oddział w Zabrzu

Experience in using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to control the area armament in PSG Ltd. Company department in Zabrze

Andrzej Rudzki, Rafał Lipiński^{*)}

Słowa kluczowe: BSP, dron, kontrola sieci gazowej, inwentaryzacja obiektów gazowych.

Streszczenie

W artykule przedstawiono doświadczenia z wykorzystania BSP do kontroli sieci jak i jej inwentaryzacji oraz wykonywania modeli obiektów infrastruktury gazowniczej.

Keywords: UAV, drone, gas network control, gas facility inventory.

Abstract

The paper presents the experience of using UAV for monitoring and inventorying gas network and modeling infrastructure objects of gas.

1. Wstęp

Obecnie, aby wykryć wycieki gazu ziemnego z sieci są używane różnego rodzaju detektory metanu. Jedną z nowszych technologii jest laserowy pomiar wypływu gazu – pomiar stężenia metanu w chmurze nad wyciekami. Takie laserowe detektory metanu można umieścić na zdalnie sterowanym Bezzałogowym Statku Powietrznym (BSP z ang. UAV), który może służyć do wykonywania pomiarów stężenia gazu nad oblatywanym gazociągami.

W Oddziale Zabrze dokonywano eksperymentalnych oblotów rurociągów już w roku 2019 i 2020 w kooperacji z Głównym Instytutem Górnictwa w Katowicach [1] na rurociągach z rzeczywistym wyciekami gazu ziemnego. Wykorzystywany był wtedy dron będący w posiadaniu GIG-u z laserowym pomiarem wycieku metanu. Eksperymenty te wskazywały na możliwość wykorzystania tej technologii dla eksploatacji gazociągów przesyłowych.

W związku z zaistniałą sytuacją epidemii koronawirusa eksperymenty przerwano. W tym roku rozpoczęliśmy eksperymenty z nowym dronem, już naszej własności. Jest to dron DJI Matrice M300 RTK [rys. 1] wyposażony w kamerę Zenmuse H20T z obiektywami szerokokątnym, termowizyjnym i z zoomem, a także czujnik metanu – Pergam Laser Falcon LM1A wraz z stacją zbierania danych SkyHub.

Dodatkowo, aby móc przeprowadzać eksperymentalne obloty na sieci, potrzebne jest szereg szkoleń i certyfikatów, które nasi pracownicy zdobyli na kursach udoskonalających. Konieczne są także dokumenty uzgadniające z Urzędem Lotnictwa Cywilnego wykorzystanie drona do oblotów w danym terenie oraz czasie.



Rys. 1 BSP typ DJI Matrice M300 RTK

Fig. 1 UAV type DJI Matrice M300 RTK

Podstawową platformą do rejestracji lotów jest aplikacja DroneRadar połączona z systemem PansaUTM, umożliwia ona możliwość legalnego lotu w danym miejscu i czasie.

2. Kontrola sieci wysokiego i średniego – podwyższonego ciśnienia za pomocą BSP

Kontrola szczelności może być przeprowadzana z pomocą różnych aplikacji, jak i również różnymi sposobami. Wyróżniamy dwie podstawowe metody wykonywania misji związanych z kontrolą BSP: ręczna – całość misji wykonywana jest manualnie za pomocą kontrolera RC przez pilota jak i również autonomicznie – należy odpowiednio wcześniej zaplanować swoją misję w specjalistycznym

^{*)} Andrzej Rudzki, dr inż., Polska Spółka Gazownictwa Oddział Zakład Gazowniczy Zabrze – kierownik Działu Zarządzania Majątkiem Sieciowym, Rafał Lipiński Polska Spółka Gazownictwa Oddział Zakład Gazowniczy Zabrze – kierownik Sekcji Ewidencji Majątku i Uzgodnień – Dział Zarządzania Majątkiem Sieciowym

programie i nadzorować przebieg przelotu, czy jest wykonywany w sposób bezpieczny oraz zgodnie z wcześniej założonymi parametrami. Do wykonywania tych czynności na terenie PSG w Zabrzu używane są dwie aplikacje DJI Pilot 2 oraz UGCS.

Obie aplikacje cechuje bardzo dobre wykonanie, pierwszy wspomniany program jest aplikacją dostarczoną od producenta BSP, z której korzystamy najczęściej podczas ręcznych kontroli w terenach trudnodostępnych z dużą ilością przeszkód, gdzie musimy wykorzystywać umiejętności operowania BSP przez pilota, ponieważ misja autonomiczna byłaby niemożliwa do wykonania lub byłaby bardzo trudna do zaplanowania. Druga z aplikacji znów daje nam o wiele większe możliwości podczas misji autonomicznych w obszarze kontroli sieci, ponieważ jest ona dostępna w wersji desktopowej a później również uruchamiana na kontrolerze RC.

UGCS posiada wiele atutów, ponieważ przed planowaniem misji możemy wcześniej wyeksportowaną sieć gazową umieścić jako podkład, dzięki któremu znamy dokładny przebieg sieci gazowej. Program udostępnia wiele podkładów mapowych ortofotomapy, podkłady map google, streetview i wiele innych. Dzięki wgranemu modelowi wysokościowemu, który w wykonywanych misjach jest niezbędny do tego aby wyniki były jak najbardziej miarodajne, planowanie oraz wykonywanie dłuższych misji, np. 4 km byłoby niemożliwe, ponieważ podczas wykonywania kontroli ręcznej system wskazuje nam położenie BSP względem miejsca startu a nie miejsca w którym aktualnie się znajduje przez to utrzymywanie jednakowej wysokości względem terenu jest bardzo utrudnione i wymaga dużych umiejętności pilota.

Przeprowadzając inspekcję z pomocą UGCS mamy możliwość również stałego nadzoru nad wykrywaniem uchodzeń metanu. Umożliwia nam to wykres, który pokazuje nam wyniki stężenia, a gdy wyniki są niepokojąco wysokie, możemy przerwać (wstrzymać misję), powrócić ręcznie do wybranego obszaru w celu ich potwierdzenia a później znów kontynuować wcześniej zaplanowane zadanie. Aby wykonywać poprawnie zadania, związane z wykrywaniem nieszczelności za pomocą BSP, należy odpowiednio wcześniej rozpoznać przeszkody terenowe, zaplanować miejsce startu, lądowania awaryjnego, lądowania w innym miejscu niż pierwotne. Wszystkie te wymienione wcześniej czynniki wpływają na bezpieczne jak i efektywne wykonywanie misji. Do tego wszystkiego dochodzą czynniki atmosferyczne (wiatr, temperatura, ciśnienie atmosferyczne) które to w dużym stopniu wpływają na wykrywalność uchodzeń. Wszystkie te aspekty odpowiednio wcześniej musi przeanalizować pilot wykonujący swoje zadanie. Testy związane z kontrolą sieci odbywały się, zarówno na różnych wysokościach AGL (20/30/50/80/100), jak i również różnymi metodami:

– pomiary w poprzek gazociągu (rys.2),



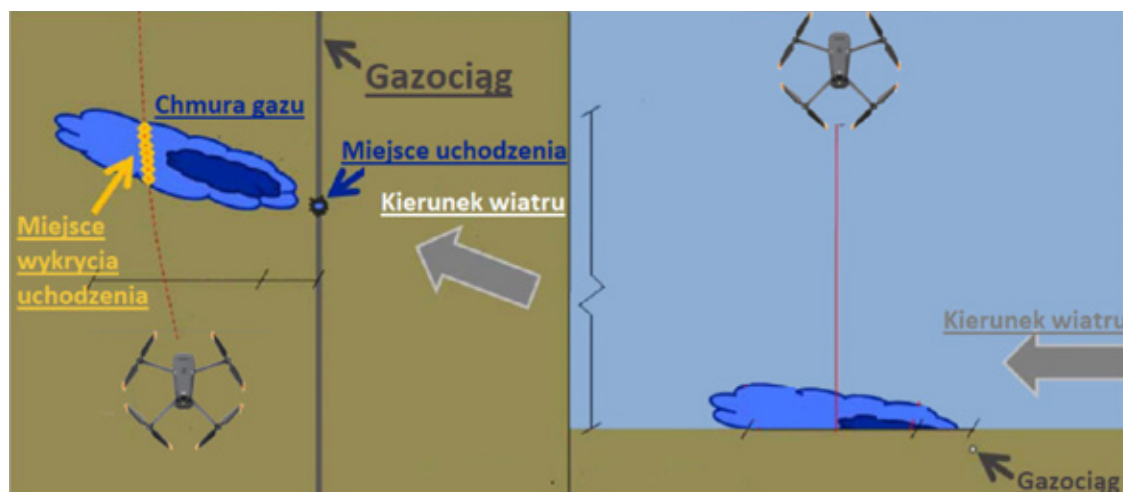
Rys. 2 Pomiary w poprzek gazociągu
Fig.2 Measurement across the pipeline

– pomiary wzdłuż gazociągu (rys. 3).



Rys. 3 Pomiary wzdłuż gazociągu
Fig. 3 Measurements along the pipeline

Po wielu testach przeprowadzonych w różnych warunkach jak i obszarach, otrzymane wyniki zostały przez nas przeanalizowane. Dzięki temu opracowaliśmy optymalny model wykonywania pomiarów. Uwzględnia on, zarówno aspekty ekonomiczne (długość przelotu w czasie jak i odległości), jak i przede wszystkim jakość danych



Rys. 4 Korekcja oblotu w związku z kierunkiem wiatru
Fig. 4 Flight correction due to wind direction

związaną z potencjalnymi uchodzeniami metanu. Co warto pokreślić, prędkość samego oblotu była kolejną zmienną, którą wielokrotnie zmienialiśmy aby wypracować optymalny model.

Aktualnie najbardziej optymalnym jest lot wykonywany na wysokości 30 m AGL, z prędkością 2-3 m/s wzdłuż gazociągu. Wysokość uwzględnia również część potencjalnych przeszkód terenowych, takich jak drzewa, słupy energetyczne itp.. Wybrana prędkość pozwala na wystarczająco częste próbkowanie potencjalnych stężeń w chmurze metanu a oblot wzdłuż jest najbardziej ekonomicznym, dzięki optymalnemu wykorzystaniu baterii. Aby wyniki były jak najbardziej miarodajne, to podczas wykonywania oblotów należy również skorygować lot względem kierunku wiatru aby wykryć potencjalną chmurę metanu (rys. 4) ale również wykonać nalot sieci gazowej z pomocą BSP z dwóch stron istniejącej infrastruktury.

3. Wykrywalność nieszczelności za pomocą BSP

Nowoczesna technologia związanej w wykorzystaniem BSP do kontroli sieci gazowych pozwala nam zwiększyć bezpieczeństwo eksploatacji gazociągów. Dron jest wyposażony w czujnik metanu Pergam Laser Falcon LM1A, jest to urządzenie tzw. detektor selektywny na wykrywanie metanu (CH₄). Przyrząd ten cechuje się małymi kompaktowymi wymiarami, jak i niską wagą a zarazem wysoką czułością dzięki zastosowanej technologii opartej na spektroskopii absorpcyjnej z przestrajalną diodą laserową (TDLAS). Czujnik potrafi wykryć stężenia gazu w zakresie 1 – 50 000 ppm z wysokości sięgającej nawet 100 m AGL (Altitude Above Ground Level – dystans nad poziomem gruntu). Częstotliwość pomiaru jest na poziomie 2 Hz, jednakże podczas każdego pomiaru zarejestrowanego wykonuje 5 pomiarów i uśrednia jego wartość do jednego wyniku, co pomaga w rejestrowaniu rzeczywistych stężeń gazu.

Wszystkie wyniki zapisywano są w specjalnej jednostce zwanej SkyHubem, w którym to generowany jest plik w formacie csv. Materiał, który otrzymujemy do późniejszej analizy, składa się z wielu elementów m.in. data, czas pomiaru, długość i szerokość geograficzna, wysokość na której znajdował się BSP, stężenia metanu oraz wiarygodność otrzymanego wyniku. Cały zbiór informacji możemy analizować w specjalistycznym programie LMC.

Rezultaty w prosty sposób można zaprezentować na wielu platformach m.in. Mapy Google w postaci tzw. pinezki (rys.5).



Rys. 5 Wyniki stężenia metanu
Fig. 5 Results of methane concentration

Dane te można przekazać brygadam sieciowym, w celu likwidacji potencjalnej nieszczelności. Dane takie można również zaimportować do innego oprogramowania geoinformacyjnego, jak np. QGIS lub LocusMap. Można dane takie archiwizować w celu późniejszego wykorzystania, np. do określania poziomu ryzyka eksploatacji gazociągu.

4. Wykorzystanie BSP do inwentaryzacji infrastruktury gazowej

Oprócz kontroli sieci BSP można również wykorzystywać do inwentaryzacji całej infrastruktury gazowej. Podczas wykonywania oblotów sieci gazowych, BSP dodatkowo uzbrojony w kamerę może całością misji nagrywać w formacie video o wysokiej rozdzielczości 4K. Daje nam to wielką ilość danych, którą można wykorzystać podczas weryfikacji, np. kontroli obiektów budowlanych znajdujących się w strefie gazociągów. Alternatywą dla filmów video może być duża ilość zdjęć, którą w późniejszej obróbce można scalać za pomocą programów m.in. Pix4D, DroneDeploy do fotogrametrii, w jedną spójną całość. Dzięki dostępnym narzędziom w w.w. aplikacjach system może automatycznie, po wyznaczeniu odpowiedniego bufora (w naszym przypadku równemu strefie kontrolowanej) pokazać wszystkie obiekty, które się w niej znajdują. Prócz standardowych działań podczas wykrywania nieszczelności, dzięki dostępnej technologii można dokładnie inwentaryzować nasze obiekty kubaturowe wraz z okoliczną infrastrukturą np. stacje gazowe (SRP) (rys.6).



Rys. 6 Widok na SRP z drona
Fig. 6 View of SRP from drone

Po mapowaniu terenu i obróbce w odpowiednim oprogramowaniu można uzyskać model 3D obiektu (rys. 7).



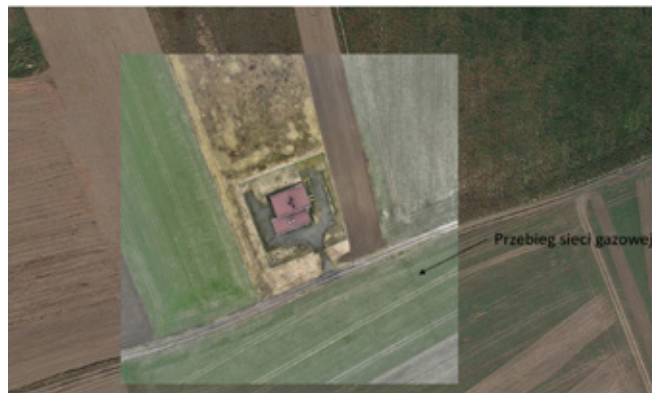
Rys. 7 Model 3D SRP
Fig. 7 3D SRP model

Modele takie można zapisać oraz udostępnić w katalogach, związanych ze stacją, a następnie można je przeglądać w innych dostępnych aplikacjach. Każdy z takich odpowiednio przygotowanych modeli jest odzwierciedleniem rzeczywistej infrastruktury. Poprzez wbudowane narzędzia możemy np. pozyskać wymiary budynku oraz różnych innych elementów odwzorowanych w modelu 3D.

Za pomocą drona można także dokładnie skontrolować wszelkie przejścia napowietrzne, obecnie trudnodostępne. Dokonać tego możemy za pomocą zabudowanej na dronie dodatkowej kamery z sensorem termowizyjnym, która wskaże nam ubytki izolacji na rurze. Taki materiał jest konieczny do wykonania rzetelnej Oceny

Stanu Technicznego posiadanej infrastruktury i do prawidłowej eksploatacji majątku.

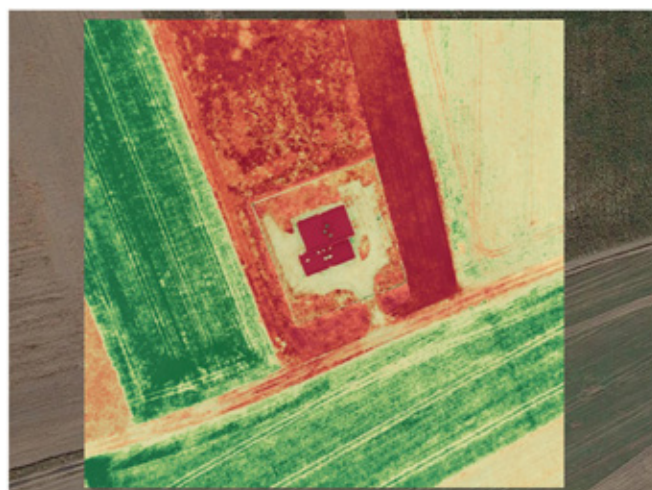
Możliwe jest także scalenie zdjęć wykonanych w czasie nalotu fotogrametrycznego w jedną wspólną całość, tworząc aktualną ortofotomapę za pomocą specjalnych narzędzi. Dokładność wykonanych zdjęć za pomocą drona pozwala zidentyfikować miejsca podziemnej infrastruktury z bardzo dużą dokładnością (rys. 8)



Rys. 8 Scalona ortofotomapa z przebiegiem sieci gazowej

Fig. 8 Integrated orthophotomap with the course of the gas network

Operując odpowiednimi narzędziami (zmiana kolorów lub trybów wykonanych nalołów) można w dokładniejszy sposób zlokalizować podziemną infrastrukturę (rys.9).



Rys. 9 Lokalizacja sieci gazowej po obróbce

Fig. 9 Location of gas network after treatment

Możliwości systemowe pozwalają również na wykonanie numerycznego modelu terenu z reprezentacją wysokościową, posiadając takie dokładne dane w kolejnych nalołach na tej samej trasie można stworzyć własny model numeryczny terenu, który to zapewne będzie bardziej dokładny od innych danych.

5. Opłacalność ekonomiczna użycia BSP do kontroli uzbrojenia terenu

Obecne wewnętrzne zarządzenia w PSG wskazują na obowiązek wykonania kontroli sieci gazowych wysokiego oraz podwyższonego ciśnienia, poprzez doroczny oblot. Oblot jest zlecany przez PSG firmom zewnętrznym. Dane pozyskiwane wykazują jedynie miejsca potencjalnych uchodzeń na sieci, w formie zmian w szacie roślinnej znajdującej się na gazociągach. Jest to metoda wielce niedokład-

na, nie pozwalająca na dokładne wyznaczenie miejsca uchodzenia a także na jego wielkość. Dodatkowo całość materiału z oblotów jest analizowana wizualnie przez specjalistów i następnie jest wymagana kontrola w terenie miejsc potencjalnych uchodzeń. W niektórych przypadkach, ze względu na niedokładność, nie można potwierdzić miejsc uchodzeń.

Koszt jednego takiego oblotu w skali oddziału sięga ok 150 tys. złotych (cena jednostkowa godziny u firm specjalizujących się w oblotach śmigłowcami razy szacowany czas oblotu sieci gazowych). Koszt nabycia drona wraz z przeszkoleniem czterech pracowników to ok. 230 tys. złotych (cena u bezpośredniego dystrybutora firmy DJI). Dron taki zwraca się po szacowanych niecałych 2 latach eksploatacji.

Ze względu na bardzo dużą dokładność wykrywania miejsc uchodzeń przez oblot dronem, dodatkowo zaoszczędza się pracę kontrolerów sieci, a także specjalistów analizujących materiał z oblotów śmigłowcem. Kontrola dronem ma także ważny aspekt odnoszący się do bezpieczeństwa sieci, ponieważ jest ona wykonywana urządzeniem laserowym, czyli bardzo dokładnym przyrządem. Jest to jakby dodatkowa kontrola w wszystkich miejscach niedostępnych za pomocą standardowych kontroli. Standardowe czujniki gazu nie mają na tyle czułych sensorów, aby wychwytywać w powietrzu chmury gazu, jak to wykonuje laserowy czujnik gazu Falcon. Aby odwzorować jakość wykonanej kontroli należałoby wykonać kontrolę dywanową samochodową lub ręczną, co wiemy, że przy lokalizacji gazociągów w terenach trudnodostępnych jest wręcz niemożliwe.

W związku z powyższym można stwierdzić, iż koszt zwrotu zakupu drona jest ekonomicznie uzasadniony – zwrot nakładów na urządzenie i szkolenia zwraca się po niecałych dwóch latach eksploatacji, przy założeniu rezygnacji z oblotów śmigłowcem. Dodatkowo przynosi dodatkowe korzyści, które autorzy wymienili powyżej a nie są w stanie oszacować, bo niektóre z nich są niewymierne.

6. Wnioski i propozycje rozwoju

Dodatkowe czynności, jakie wykonywaliśmy dronem, to np. bieżące przeglądy orynnowania budynków w naszej siedzibie. Widzimy, w związku z koniecznością przeglądów technicznych naszych obiektów administracyjnych oraz siedzib jednostek terenowych, możliwość wykorzystania dronów do takich zadań. Czynności takie znacznie zmniejszają potrzebę dodatkowych wydatków na kontrolę obiektów czy to dachów czy innych urządzeń na wysokościach.

W związku z naszymi doświadczeniami, z wykorzystania dronów do kontroli sieci gazowej, będziemy rozwijać tą formę kontroli. W najbliższym czasie powinniśmy doposażyć naszą sekcję o jeszcze jednego drona, który będzie zajmował się inwentaryzacją naszych obiektów. Przyniesie to nam wymierne korzyści, pozwalając na dokładne zinventaryzowanie i ocenę stanu technicznego, zarówno obiektów gazowniczych jak i sieci gazowej.

Planujemy, także wykorzystać drona do kontroli sieci średniego i niskiego ciśnienia, szczególnie w miejscach trudno dostępnych i w terenie mało i niezabudowanym.

Obecnie dron w naszym posiadaniu był testowany. Jego użyteczność w gazownictwie jest bezsporna. Duża w tym zasługa jego obsługi i kreatywności w wykorzystaniu go do dodatkowych zadań.

Urządzenie wyposażone w taki zestaw czujników jest bardzo dobrym narzędziem do pracy w gazownictwie, pozwalającym na oszczędności ekonomiczne i zastępującym pracę wielu ludzi. ■

LITERATURA

- [1] Detection of Natural GasLeakages Using a Laser-BasedMethane Sensor and UAV, Sebastian Iwaszenko, Piotr Kalisz, Marcin Słota and Andrzej Rudzki, Remote Sens. 2021, 13, 510. <https://doi.org/10.3390/rs13030510>
- [2] Materiały własne