

plk rez. mgr inż. Krzysztof Cygańczuk

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego -
Państwowy Instytut Badawczy w Józefowie, e-mail: kcyganczuk@cnbop.pl,
cnbop@cnbop.pl

WYKORZYSTANIE BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH JAKO SKŁADNIKÓW MOBILNEGO SYSTEMU MONITOROWANIA ZAGROŻEŃ POŻAROWYCH W LASACH

USAGE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AS MOBILE COMPONENTS OF FIRE HAZARD MONITORING SYSTEM IN FORESTS

Słowa kluczowe: dron, bezzałogowce, pożary, klęski żywiołowe

Key words: a drone, UAV- Unmanned Aerial Vehicle, fires, natural disasters

Abstract. Forest fires are a threat to the sustainability of terrestrial ecosystems, which can lead to the extinction of plants and animals, but also pose a serious danger, especially for a small agglomeration. The aim of the field research, exercises and tests that have been conducted for several years is to identify fire risks in forests by monitoring them with the use of new technologies. Unmanned Aerial Vehicles that meet these requirements indicate great potential in the course of monitoring fire hazards. The UAVs' particular advantages are an ability to move quickly omitting transport routes and transmit real-time video for commanding rescue operations from the scene. Unmanned Aerial Vehicles make observation of far larger forest areas more quickly and efficiently than traditional methods. Drones can also contribute to a significant reduction of the costs of some operations.

WSTĘP

Pożary należą do największych zagrożeń trwałości ekosystemów lądowych. Czynią zniszczenie we wszystkich formacjach roślinnych porastających powierzchnię Ziemi. Szacuje się, że około 40% zasobów leśnych świata jest potencjalnie zagrożonych pożarami. W Europie udział ekosystemów zagrożonych pożarami sięga do 65%, a w Polsce aż do ok. 80%. W naszym kraju, w latach suchych, pożary lasów stanowią średnio około 10–12% wszystkich powstających pożarów, choć w niektórych powiatach udział ich sięga 50%. Pożar lasu to ogromne niebezpieczeństwo, przede wszystkim ze względu na tempo rozprzestrzeniania. Zawsze stanowi zagrożenie dla ludzkich osad, które są w pobliżu. Zwykle czas jest

wyłącznie na ewakuację, ale już nie zawsze na ratowanie mienia. To, co znika w wyniku pożarów, jest praktycznie nie do odzyskania. Zagładzie ulega roślinność i zwierzęta, w tym bardzo często gatunki wpisane do Czerwonej Księgi Gatunków Zagrożonych. Zniszczeniu ulegają lasy wokół aglomeracji i na wiele lat zmniejsza się mieszkalna i rekreacyjna atrakcyjność terenów w tych rejonach. Zgodnie z prawem Unii Europejskiej las jest obszarem z pokrywą korony drzew (lub równoważnym poziomem pni drzew) na ponad 10% i o powierzchni większej niż 0,5 ha. Drzewa powinny w nim osiągać wysokość przynajmniej 5 metrów w stanie dojrzałym. Może on tworzyć formacje zamknięte, gdzie drzewa różnych poziomów i podszycia leśnego pokrywają znaczną część powierzchni lub formacje otwarte z pokrywą o stałej wegetacji, stanowiącą ponad 10% powierzchni gruntu. Lasy w Polsce zajmują powierzchnię około 9,14 mln ha, co stanowi niemal 30% powierzchni kraju. Większość z nich to własność Skarbu Państwa zarządzana przez Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe oraz przez parki narodowe. Lasy prywatne stanowią około 17% ogólnego areалу lasów. Udział poszczególnych własności ze względów historycznych jest bardzo zróżnicowany (najmniej lasów prywatnej własności spotykamy w Polsce zachodniej i północnej). Zgodnie z definicją obowiązującą w Unii Europejskiej, pożar lasu to taki, który wybucha i rozprzestrzenia się w lesie i na innych obszarach zalesionych, lub który wybucha na innym terenie i rozprzestrzenia się na las i inne obszary zalesione. Jednostki ochrony przeciwpożarowej, a w szczególności jednostki organizacyjne Państwowej Straży Pożarnej, wypełniają ustawowy cel ochrony przeciwpożarowej, którym jest realizacja przedsięwzięć chroniących życie i zdrowie ludzi oraz zwierząt, a także mienie i środowisko naturalne (przyrodnicze) przed pożarem lub innym miejscowym zdarzeniem wynikającym z rozwoju cywilizacyjnego i naturalnych praw przyrody poprzez działania profilaktyczne zapobiegające powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru lub innego miejscowego zdarzenia, poprzez zapewnienie sił ratowniczych (ludzi i zwierząt wykorzystywanych w działaniach ratowniczych) oraz zapewnienie środków ratowniczych pod postacią sprzętu i pojazdów ratowniczych do prowadzenia działań ratowniczych podczas pożarów lub innych miejscowych zdarzeń, które w niektórych sytuacjach i okolicznościach mogą przybrać rozmiary klęski żywiołowej. Aby kierujący działaniami ratowniczymi mógł szybko i trafnie podjąć decyzję o metodach, wariantach i formach prowadzenia działań ratowniczych i aby te działania były szybko, sprawnie, skutecznie i bezpiecznie realizowane, musi posiadać bardzo dużo informacji nie tylko o siłach i środkach ratowniczych, ale w szczególności o istniejącej sytuacji zdarzenia, aby móc także przewidywać prognozowany jego rozwój i rozprzestrzenianie. Obecna technika i wiedza pożarnicza pozwalają dość dobrze radzić sobie z takimi niebezpiecznymi zdarzeniami, ale często niepełna lub opóźniona informacja o istniejącym zdarzeniu potęguje niekontrolowane rozmiary zdarzenia, podnosząc koszty działań ratowniczych oraz straty w mieniu i środowisku, a niekiedy doprowadzając do utraty życia lub zdrowia poszkodowanych lub nawet samych ratujących. Podczas wielu niebezpiecznych zdarzeń,

prorowadzenie rozpoznania podczas działań ratowniczych najczęściej sprowadza się do rozpoznania naziemnego, które ograniczane jest, m.in. dużą powierzchnią strefy zagrożenia, wysokim oddziaływaniem promieniowania cieplnego lub wysokim skażeniem tej strefy nawet dla samych ratujących, terenem trudno dostępnym czy warunkami nocnymi lub zadymieniem. W nielicznych przypadkach niebezpiecznych zdarzeń siły ratownicze wspomagane są prowadzeniem rozpoznania z powietrza za pomocą tradycyjnych statków latających (samoloty lub śmigłowce) nienależących do Państwowej Straży Pożarnej. Lasy to miejsce, do którego wstęp ma każdy z nas i w którym każdy może spędzić czas uprawiając sport i odpoczywając. Aby lasu starczyło dla wszystkich, trzeba się o niego troszczyć. W trosce o nasze tereny zielone pomoc mogą najnowsze zdobycze technologii. Jedną z takich zdobyczy są drony. Dzięki nim można przeprowadzać inspekcje drzewostanu, szacować straty wyrządzone przez szkodniki oraz wykonywać wiele innych czynności i zabiegów pielęgnacyjnych. Za pomocą bezzałogowych statków powietrznych (BSP) można szybciej i efektywniej obserwować tereny leśne o zdecydowanie większej powierzchni, niż tradycyjnymi sposobami. BSP mogą przyczynić się także do znacznej redukcji kosztów niektórych operacji. Obecnie inspekcje lasów przeprowadzane z powietrza wiążą się z wynajęciem samolotu wraz z załogą lub z wynajęciem motolotniarza. Korzystając z bezzałogowych statków powietrznych, można takie inspekcje przeprowadzać samodzielnie, nie będąc zależnym od innych osób czy firm. Koncepcja zastosowania w ratownictwie BSP do prowadzenia rozpoznania jest już znana na świecie i przynosi ogromne efekty w postaci znacznego ograniczania strat spowodowanych narażeniem ludzkiego życia w wyniku wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia.

Bezzałogowe statki powietrzne na potrzeby leśnictwa powinny charakteryzować się przede wszystkim:

- możliwością bezpośredniej transmisji obrazu,
- kamerą wysokiej rozdzielczości z dużym zoomem optycznym umożliwiającą także wykonywanie zdjęć,
- możliwością wykonywania lotów autonomicznych,
- jak najdłuższym czasem lotu na jednym akumulatorze.

Monitorując dany teren, BSP powinien bardzo długo móc pracować (utrzymywać się) w powietrzu, mieć długi zasięg lotu, dużą wysokość lotu, posiadać kamerę wizyjną i kamerę termowizyjną wykorzystywaną w warunkach słabej widoczności (noc, mgła) oraz podczas spalania bezpłomieniowego, mieć możliwość sterowania bezprzewodowego przez człowieka z ziemi, jak też działać samodzielnie zgodnie z programem z możliwością przeprogramowania lotu i sensorów pomiarowych w trakcie lotu, posiadać wysoką odporność na zakłócenia sterowania parametrami lotu podyktowanymi obcą emisją radiową lub warunkami meteorologicznymi, mieć możliwość transmisji obrazu i danych w czasie rzeczywistym do naziemnego stanowiska dowodzenia, mieć zamontowane urządzenia startu i lądowania naziemnego oraz lądowania awaryjnego na ziemi i wodzie w przypadku utraty kontroli nad maszyną, mieć możliwość przesyłania obrazu

w trójwymiarze, wykrywania promieniowania radioaktywnego, a także możliwość zaznaczania trasy lotu. Zakłada się, iż podstawowe wymagania techniczne i eksploatacyjne bezzałogowych statków powietrznych do zastosowania w działaniach Państwowej Straży Pożarnej są następujące:

Tab. 1. Podstawowe wymagania techniczne eksploatacyjne BSP

L.p.	Parametr	Wartość		Uzasadnienie wartości
1.	Udźwig	5 kg		GPS, kamera światła dziennego i termowizyjna, czujnik temperatury, czujnik promieniowania jonizacyjnego, wykrywacz pola elektromagnetycznego (linie wysokiego napięcia), zasilanie, transmisja.
2.	Długość trwania lotu	4 h		Średni czas patrołowania
3.	Zasięg energetyczny	200 km		Obszar patrołowania lasów i powodzi.
4.	Zasięg radiowy	25 km		Obszar patrołowania powiatu.
5.	Pułap operacyjny	200-1000 m		W zależności od potrzeb (istnieje możliwość lotu na wysokościach do 3000 m).
6.	Prędkość przelotowa	0-120 km/h		Najmniejsza wartość możliwa do uzyskania, obserwacja obrazu z kamer.
Zmienne parametryczne				
7.	Liczba operatorów	2-3		Przepisy bhp, odpowiedzialność za sprzęt.
8.	Czas przygotowania do pierwszej misji	10 min		Szybkie podjęcie działań.
9.	Wymiary po demontażu	dł. 2,5 m szer. 1,5 m wys. 1,5 m		Możliwość transportu skrzyni na samochodzie do 3,5 t.
10.	Sposób startu	start pionowy		Szybkie podjęcie działań.
11.	Sposób lądowania, lądowanie	lądowanie pionowe		Bezpieczne lądowanie.

Źródło: PSP.

Budowa BSP powinna być modułowa. W zależności od potrzeb bezzałogowy statek powietrzny będzie uzbrajany w odpowiednie urządzenia. Do jego zadań należałoby obserwacja obszaru: powodzi, wypadku albo objętego pożarem. Dron pracowałby w dwóch trybach: patrol i akcja. Praktycznym zastosowaniem BSP byłaby działalność prewencyjna w okresie zagrożenia pożarowego łąk i lasów, a także możliwość poszukiwania ludzi np. w czasie powodzi lub zaginięcia.

ZASTOSOWANIE BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W OCHRONIE PRZECIWOŻAROWEJ LASÓW

Bezzałogowy statek powietrzny (BSP) w wielu państwach na świecie znalazł już zastosowanie zarówno w obszarze militarnym, jak i cywilnym, w tym związanym z ochroną lasów przed pożarami oraz obszarem czysto ratowniczym związanym z prowadzeniem rozpoznania podczas gaszenia pożarów lasu. Pierwszy z obszarów, w którym BSP znalazłby w Polsce zastosowanie, to rozpoznawanie zagrożeń, czyli działania związane z patrołowaniem obszarów leśnych w celu wczesnego wykrycia pożaru, zawiadomienia o jego powstaniu, a także podjęcia działań ratowniczych. W Polsce zgodnie z rozporządzeniem¹ „Właściciele, zarządcy lub użytkownicy lasów, których lasy samoistnie lub wspólnie tworzą kompleks leśny o powierzchni ponad 300 ha organizują obserwację i patrołowanie lasów w celu wykrywania pożarów oraz alarmowania o ich powstaniu, zgodnie z przepisami o zabezpieczeniu przeciwpożarowym lasów”. Kolejne rozporządzenie² doprecyzowuje wyżej wymieniony zapis prawny w taki sposób, że „W lasach o powierzchni powyżej 300 ha zaliczonych do I lub II kategorii zagrożenia pożarowego, w okresach oznaczonego dla tych lasów 1., 2. lub 3. stopnia zagrożenia pożarowego lasów, jest wymagane prowadzenie obserwacji mającej na celu wczesne wykrycie pożaru, zawiadomienie o jego powstaniu, a także podjęcie działań ratowniczych”. Dalej to samo rozporządzenie³ wymienia trzy sposoby obserwacji lasów w celu wczesnego wykrycia pożaru lasu:

- 1) ze stałych punktów obserwacji naziemnej;
- 2) przez naziemne patrole przeciwpożarowe;
- 3) przez patrole lotnicze.

Jednym z tych trzech sposobów obserwacji jest patrołowanie lotnicze. Jeżeli obserwacja lasu jest prowadzona np. przez patrole lotnicze, wówczas nie jest wymagane prowadzenie obserwacji ze stałych punktów obserwacji naziemnej lub przez naziemne patrole przeciwpożarowe dla kompleksów leśnych o powierzchni do:

- 1) 1000 ha – zaliczonych do I kategorii zagrożenia pożarowego;
- 2) 2000 ha – zaliczonych do II kategorii zagrożenia pożarowego.

Prowadzenie obserwacji nie jest również wykluczone w lasach zaliczonych do III kategorii zagrożenia pożarowego. Treść rozporządzenia⁴ mówi, że w uzasadnionych wypadkach, w lasach zaliczonych do III kategorii zagrożenia pożarowego prowadzi się obserwację przez naziemne patrole przeciwpożarowe lub przez patrole lotnicze, które zostały uzgodnione z właściwym miejscowo komendantem wojewódzkim Państwowej Straży Pożarnej. W odniesieniu do lasów użytkowanych

¹ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109, poz. 719).

² Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz.U. nr 58, poz. 405, z późn. zm.).

³ Tamże

⁴ Tamże

przez jednostki organizacyjne podległe albo nadzorowane przez Ministra Obrony Narodowej, powiadamia się Wojskową Ochronę Przeciwpożarową (WOP). Patrolowanie lotnicze w Polsce obecnie realizuje wyłącznie Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe (PGL LP) w stosunku do lasów przez siebie zarządzanych, czyli lasów stanowiących własność Skarbu Państwa. Do tego celu PGL LP co roku angażuje ok. 10 samolotów i śmigłowców patrolowych rozlokowanych w prawie 30 leśnych bazach lotniczych występujących na terenie większości regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych. Koszt poniesiony przez PGL LP na prowadzenie lotów patrolowych i gaśniczych wynosi co roku ok. 15 mln PLN. Na świecie co rok ubywa ok. 0,5% całkowitej powierzchni lasów, z czego połowa za przyczyną pożarów. W ostatnich dwóch dekadach notuje się wzrost liczby pożarów lasów, zarówno na świecie, jak i w Polsce. Obszary leśne w naszym kraju są zagrożone pożarami w ok. 80%. W Polsce średnia roczna liczba pożarów lasów wynosi 9900 i według statystyk unijnych zajmujemy pod tym względem trzecie miejsce za Portugalią i Hiszpanią, a ósme pod względem średniej rocznej powierzchni spalonych drzewostanów (6816 ha). Patrole lotnicze wykrywają w Polsce ok. 2,5% ogólnej liczby pożarów. BSP jest alternatywą dużo tańszą w stosunku do tradycyjnego patrolowania lotniczego, bardziej niezawodną i bezpieczną, a także możliwą do zastosowania w patrolowaniu lasów niestanowiących własności Skarbu Państwa, czyli lasów osób fizycznych, lasów osób prawnych, lasów gminnych czy komunalnych występujących bardzo często w sąsiedztwie z lasami Skarbu Państwa w tych samych kompleksach leśnych. W Polsce aż ok. 60% pożarów lasów powstaje w lasach prywatnych właścicieli – spaleni ulega aż ok. 80% ich powierzchni. Drugim z obszarów ratownictwa, w którym BSP znalazłby w Polsce zastosowanie, jest prowadzenie rozpoznania z powietrza podczas już istniejących pożarów lasów. Prowadzenie rozpoznania z powietrza podczas takich zdarzeń, jak pożar lasu, w szczególności przy dużych jego powierzchniach, daje kierującemu działaniami ratowniczymi olbrzymią przewagę nad tradycyjnym prowadzeniem rozpoznania za pomocą sił naziemnych.

Prowadzenie rozpoznania z powietrza za pomocą BSP wyposażonego w kamerę światła dziennego i kamerę termowizyjną pozwala kierującemu działaniami ratowniczymi na bardzo szybką ocenę sytuacji pożarowej nawet w przypadku pożarów podpowierzchniowych czy przy bardzo dużym zadymieniu lub też w porze nocnej, nie narażając na niebezpieczeństwo strażaków prowadzących tradycyjne rozpoznanie naziemne. Zastosowanie BSP podczas pożarów lasu wyklucza angażowanie wielu strażaków do prowadzenia rozpoznania naziemnego, którzy w tym samym czasie mogą prowadzić działania gaśnicze.

Zamontowanie w BSP dodatkowego oprzyrządowania pozwalającego na śledzenie strażaków podczas pożaru lasu podnosi w bardzo znaczący sposób poziom ich bezpieczeństwa, a jednocześnie pozwala kierującemu działaniami ratowniczymi śledzić rozprzestrzenianie się pożaru, które ma wpływ na dyslokację sił ratowniczych na tę część obwodu pożaru lub w miejsce nowych ognisk pożaru powstałych od ogni lotnych, które wymagają większego zaangażowania sił



Ryc. 1. Monitoring wypalania łąk

Źródło: PSP.

gaśniczych. Biejący sygnał z BSP, poza przekazywaniem go do odpowiedniego stanowiska dowodzenia opartego na samochodzie operacyjnym lub samochodzie dowodzenia i łączności, może być również skierowany do właściwego miejscowo powiatowego (miejskiego) stanowiska kierowania komendanta powiatowego (miejskiego) Państwowej Straży Pożarnej lub stanowisk innych podmiotów. BSP, poza możliwością przewozu go na miejsce działań na platformie samochodowej, mógłby startować z wyznaczonego stanowiska zlokalizowanego na terenie wybranej jednostki ratowniczo-gaśniczej komendy powiatowej (miejskiej) Państwowej Straży Pożarnej, będąc sterowany i kierowany na miejsce przyszłych działań gaśniczych. Na początek BSP wszedłby na wyposażenie tej komendy powiatowej (miejskiej) Państwowej Straży Pożarnej w Polsce, która w swoim rejonie operacyjnym (na terenie powiatu) posiada największą powierzchnię leśną zaliczoną do I kategorii zagrożenia pożarowego, czyli zagrożenia dużego w porównaniu z innymi powiatami. Co prawda w treści rozporządzenia⁵ przewidziano śmigłowce ratownicze – co najmniej jeden na 20 000 km² w ramach minimalnego wyposażenia Państwowej Straży Pożarnej w sprzęt, pojazdy i środki do działań związanych m.in. ze zwalczaniem pożarów, to jak na razie jest to mało realne.

⁵ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 22 września 2000 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. nr 93, poz. 1035).

W związku z powyższym, do czasu wyposażenia Państwowej Straży Pożarnej w odpowiednią liczbę śmigłowców ratowniczych, BSP wypełniałby w znaczącej części ich zadania związane z prowadzeniem rozpoznania z powietrza podczas wszelkich działań ratowniczych, nie tylko gaśniczych.

OKREŚLENIE TYPÓW I DOBÓR SENSORÓW OBSERWACYJNYCH W BEZPILOTOWYCH STATKACH POWIETRZNYCH PRZEZNACZONYCH DLA PSP

Zastosowanie kamer termowizyjnych ma kluczowe znaczenie podczas prowadzenia akcji ratowniczych, poszukiwania osób oraz prowadzenia akcji gaszenia pożarów i lokalizacji miejsc niedogaszonych. Kamery termowizyjne stosowane są również w diagnostyce i wyszukiwaniu uszkodzeń obiektów technicznych. Kamery umożliwiają nieinwazyjną lokalizację wszelkich nieprawidłowości. Każdy człowiek emituje ciepło, ponieważ jego temperatura ciała jest najczęściej wyższa od temperatury otoczenia. Przeszukując teren leśny, gęstą łąkę lub pole uprawne, uwadze obserwatorów czy operatora może umknąć poszukiwana osoba. Kamera termowizyjna umożliwia dostrzeżenie osób w lesie czy w gęsto zarośniętym polu lub na łące. Ponieważ człowiek ma wyższą temperaturę niż otoczenie, kamera termowizyjna od razu to zauważy i będzie można łatwiej zidentyfikować poszukiwanego. W ramach potrzeb PSP wybór kamery pod względem przydatności użycia w bezałogowym statku powietrznym dokonuje się w trzech głównych obszarach zastosowań:

- obserwacja pożarów lasów i łąk,
- poszukiwanie zaginionych osób,
- pomiar temperatury.

Z uwagi na fakt specyficznego środowiska pracy, kamera musi umożliwiać pracę w szerokim zakresie temperatur (-40 do $+80^{\circ}\text{C}$) tak, aby zmiany podczas startu, lotu i lądowania w różnych warunkach meteorologicznych nie wpływały na pracę kamery. Zakres widmowy powinien być zawarty w przedziale największej emisji ciała ludzkiego ($7,5\text{-}13\ \mu\text{m}$). Należy dokonać również doboru optymalnych parametrów obiektywów i sposobu regulacji ostrości (automatyczna lub obiektyw z dużą głębią ostrości). Z tego powodu kamera powinna mieć możliwość wymiany obiektywów. Rozdzielczość obrazu kamery powinna umożliwiać dokładną lokalizację zwierząt i ludzi z wysokości kilkudziesięciu metrów i na odległość kilkuset metrów. Ponieważ aparat będzie w ciągłym ruchu, uniemożliwi to wykonywanie ujęć statycznych. Aby zapewnić ostry obraz dobrej jakości wymagane jest, aby czas ekspozycji pojedynczej ramki obrazu był możliwie krótki, co również będzie brane pod uwagę przy dobieraniu kamery. Równoległe z torem obrazu termowizyjnego pozyskiwany będzie obraz w paśmie światła widzialnego. Pod względem wymagań środowiska pracy kamera światła widzialnego powinna posiadać zbliżone parametry jak kamera termowizyjna. Ocenia się, że największy udział masy w obciążeniu przypadnie na kamery i system ich sterowania, dlatego

masa całkowita obu kamer musi być możliwie najmniejsza. Należy używać sterowanie kamerami, które powinno umożliwiać zdalną zmianę położenia w płaszczyźnie poziomej i pionowej względem aparatu latającego. Platforma, do której będą przytwierdzone kamery, powinna posiadać automatyczną stabilizację żyroskopową oraz uchwyty umożliwiające szybką wymianę przymocowanego sprzętu. Kluczową cechą zestawu przeznaczonego na potrzeby leśnictwa jest możliwość zastosowania zoomu optycznego. Wykonując przelot nad kompleksem leśnym na dużej wysokości można obserwować obszar o sporej powierzchni. Gdy na trasie przelotu znajdzie się szczególnie godny zainteresowania, nie ma potrzeby obniżania lotu, by go dostrzec. Jeśli dron jest wyposażony w kamerę z zoomem optycznym, wystarczy zbliżyć wzrok kamery na interesujący nas szczegół i dokładnie go obejrzeć. Zastosowanie kamer z zoomem optycznym daje możliwość uzyskania wysokiej jakości obrazu z dużej odległości. Przybliżanie w tym przypadku nie powoduje zmniejszenia rozdzielczości obrazu - w przeciwieństwie do zoomu cyfrowego, w którym to zbliżanie powoduje spadek rozdzielczości kadru. W przypadku lotów inspekcyjnych, im większy zoom optyczny, tym lepiej. Jednym z najczęściej spotykanym rozwiązaniem jest kamera V18 producenta Yuneec, która oferuje 18-krotne zbliżenie optyczne. Otwiera to przed Służbą Leśną niespotykane dotąd możliwości dokładnego filmowania koron drzew z powietrza. Obok wiodącej pod względem możliwości zoomowania kamery V18, możliwość optycznego zbliżania dają też kamery Yuneec CGO4 oraz Sony RX100. Maksymalne zbliżenie optyczne oferowane przez te kamery to nieco ponad 3x, przy innych dodatkowych atutach możliwości konfiguracji ustawień, dużym rozmiarem matrycy i wymiennymi jasnymi obiektywami, co wpływa dodatnio na jakość obrazu. Korzystając z kamery oferującej trzykrotny zoom, znajdując się kilkanaście metrów od drzewa lub nad drzewem, można obserwować je tak samo, jak z odległości kilku metrów. Przy zastosowaniu urządzenia oferującego osiemnastokrotny zoom, przy tej samej odległości od drzewa można obserwować je tak, jakby znajdowało się kilkadziesiąt centymetrów od obiektywu. Dzięki temu pojawiła się możliwość wnikliwej inspekcji drzewostanu z powietrza. Dlatego najważniejszym elementem zestawu przeznaczonego dla leśnictwa jest wysokiej klasy kamera video umożliwiająca podgląd obrazu oraz jego nagrywanie. Kamera do drona powinna też mieć możliwość objęcia jak największego obszaru i sfotografowania go w wysokiej rozdzielczości. Zebrane dane będą służyły do późniejszej analizy. Stabilność obrazu powinien zapewnić gimbal, czyli specjalne urządzenie składające się ze sterownika i dwóch lub trzech silników, które odpowiadają za utrzymanie pozycji kamery w czasie lotu. Nie bez znaczenia jest też możliwość optycznego zoomowania w czasie lotu. Taką opcję oferują kamery, min.: CGO4, Sony RX100 oraz Yuneec V18. Lasy to miejsce, do którego wstęp ma każdy z nas i w którym każdy może spędzić czas uprawiając sport i odpoczywając. Aby lasu starczyło dla wszystkich, trzeba się o niego troszczyć. W trosce o nasze tereny zielone pomocą mogą najnowsze zdobycze technologii. Jedną z takich zdobyczy są drony. Dzięki nim można przeprowadzać inspekcje drzewostanu, szacować straty

wyrządzone przez szkodniki oraz wykonywać wiele innych czynności i zabiegów pielęgnacyjnych. Z uwagi na fakt udziału aparatu w wielkoobszarowych akcjach gaśniczych, istotnym parametrem, który powinien podlegać rejestracji, jest temperatura najbliższego otoczenia. Dron wyposażony w czujnik temperatury przekazujący informacje do systemu sterowania o nadmiernej temperaturze otoczenia może przekroczyć znamionową temperaturę jego pracy.



Ryc. 2. Akcja poszukiwawcza zaginionej osoby
Źródło: PSP.

Poza czujnikiem temperatury należy wyposażyć BSP w czujnik promieniowania jonizacyjnego, który może być przydatny przy monitorowaniu promieniowania w okolicach ośrodków potencjalnie niebezpiecznych, takich jak granice sąsiadujące z elektrowniami jądrowymi i ośrodki badawcze wykorzystujące materiały radioaktywne, a także teren przygraniczny. Głównymi kryteriami doboru detektorów będą: masa, warunki pracy i czułość. Ponadto na pokładzie aparatu latającego nieodzowne jest zainstalowanie czujnika pola elektrycznego, który będzie wykorzystywany do wykrywania przeszkód na drodze w postaci linii wysokiego napięcia. Konstrukcja detektora pola elektrycznego przewidziana jest w ten sposób, aby sygnalizował on kierunek – zbliżanie się lub oddalanie od przeszkody. Istotnym rejestrowanym parametrem dodatkowym będzie pozycja współrzędnych geograficznych pobierana z zainstalowanego odbiornika GPS. Dane telemetryczne będą przekazywane w dodatkowym kanale transmisji cyfrowej aparat-operator. Rejestracji będą podlegać prędkość, długość i szerokość geograficzna oraz wysokość lotu. Określony zostanie zbiór sensorów obserwacyjnych, które będą wykorzystywane w opracowywanym systemie.

Przewiduje się rozważenie następującego zakresu czujników:

- kamery światła dziennego,
- kamery termowizyjne,
- urządzenia zdalnego pomiaru temperatury – np. pirometry,
- systemy detekcji skażeń,
- systemy detekcji promieniowania radiologicznego,
- sensory środowiskowe (temperatura, wilgotność).

Oprócz wymienionych czujników, system będzie wyposażony w wiele różnorodnych sensorów niezbędnych dla awioniki pokładowej BSP (żyroskopy, akcelerometry, magnetometry, czujniki ciśnienia, odbiorniki nawigacji satelitarnej).

LOTY AUTONOMICZNE

Im dany BSP może dłużej latać, tym jego wydajność liczona względem inspekcjonowanej powierzchni w jednostce czasu oraz względem jednego akumulatora jest większa. Im dłuższy czas lotu, tym potrzebnych jest mniej akumulatorów oraz tym rzadziej trzeba wymieniać zasilanie w trakcie lotu. Przykładowo, jeśli bezałogowy statek powietrzny może wykonywać lot bez międzylądowania, który trwa 35 do 40 minut, w ciągu godziny będzie lądował tylko raz. BSP, który może latać 15-20 minut na jednym lądowaniu, będzie musiał wykonać co najmniej 3 starty i lądowania, a to w pewnym stopniu obniża wydajność pracy. Leśnictwo jak żadna inna branża wymaga cierpliwości i powtarzalności. Wykonanie przelotu dokładnie po takiej samej trasie kilkakrotnie jest właściwie niemożliwe bez udziału narzędzia do planowania trasy przelotu. Loty autonomiczne to olbrzymie ułatwienie w pilotowaniu bezałogowych platform latających. Dzięki tej funkcji możliwe jest zaplanowanie konkretnej trasy przelotu, zapisanie jej i wykorzystanie zawsze wtedy, gdy będzie taka potrzeba. W trybie lotów autonomicznych bezałogowy statek powietrzny samodzielnie startuje, wykonuje przelot po zaplanowanej trasie, a następnie ląduje w zaplanowanym miejscu. To wszystko odbywa się min. poprzez użycie Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS). GPS to system nawigacyjny zbudowany przez Departament Obrony USA w latach 1982–1994 i zarządzany przez Agencję Kartograficzną oraz Dowództwo Sił Powietrznych USA. Pierwotnie opracowany był na potrzeby nawigacji amerykańskich łodzi podwodnych. Obecnie jest ogólnodostępny i dostarcza użytkownikom we wszystkich zakątkach świata, przez całą dobę, dokładnych informacji o czasie, położeniu oraz prędkości satelitów obsługujących system. GPS umożliwia określenie pozycji w jednolitym, trójwymiarowym układzie współrzędnych WGS–84 w każdych warunkach atmosferycznych. Zasadniczą częścią systemu są 24 satelity poruszające się po sześciu stacjonarnych orbitach kołowych, na wysokości 20 000 km nad Ziemią. Wszystkie one transmitują sygnał o częstotliwości 1575,42 MHz, używając niezależnych kodów do rozróżnienia sygnałów. Odbiorniki użytkowników systemu



Ryc. 3. Przykładowy lot po wyznaczonej trasie
Źródło: youtube.com.

GPS mierzą odległość od satelitów przez pomiar czasu, jaki potrzebny jest na przesłanie sygnału do anteny odbiornika. Sygnał z satelity zawiera dane o statusie, tzw. efemerydę – dane orbitalne oraz charakterystyki zegarów. Na podstawie danych z efemerydy możliwe jest określenie położenia satelity w momencie transmisji, natomiast położenie odbiornika w przestrzeni trójwymiarowej jest obliczane przez triangulację – na podstawie pomiarów odległości do kilku (w zasadzie trzech) satelitów. Czwarty, dodatkowy pomiar odległości, umożliwia likwidację błędu zegara odbiornika. System GPS tworzy nową, rewolucyjną jakość orientacji w terenie, nawigacji oraz określania miejsca położenia, wzbogacając znajdujące się dotychczas w powszechnym użyciu narzędzia takie jak mapa topograficzna, kompas, czy sekstans. Należy przyjąć, że w najbliższym czasie użycie tego narzędzia będzie tak powszechne, jak samochodu, kalkulatora czy Internetu. Osiągnięcia elektroniki oferują coraz mniejsze i tańsze odbiorniki GPS. System już dzisiaj pozwala zaspokoić potrzebę natychmiastowego poznania swego położenia oraz odpowiedzieć na pytanie, gdzie znajduje się poszukiwany przez nas adres. Po zakończeniu misji autonomicznej i wykonaniu serii zdjęć bądź nagrania video w wysokiej rozdzielczości, do dyspozycji pozostaje duża ilość materiałów, które można przeanalizować. Lot autonomiczny podobnie jak manualny daje obserwatorom możliwość podglądu obrazu przesyłanego z pokładu BSP w czasie rzeczywistym.

SYSTEM ZAPOBIEGAJĄCY KOLIZJI Z LINIAMI ENERGETYCZNYMI

Zaletą bezzałogowych statków powietrznych jest znaczna prędkość przemieszczania się oraz możliwość prowadzenia działań w terenie trudno dostępnym. Istniejące ograniczenia natury prawnej oraz prowadzenie skutecznych

działań rozpoznawczych wymagają lotów na niewielkiej wysokości, nieprzekraczającej kilkudziesięciu metrów. Sytuacja taka wiąże się jednak z ryzykiem kolizji z różnymi obiektami a zwłaszcza z napowietrznymi liniami przesyłowymi wysokiego napięcia. Ryzyko kolizji z budowlami i wysokimi drzewami jest stosunkowo niewielkie, ponieważ ich wymiary geometryczne są znaczne i spostrzeżenie ich przez operatora systemu jest stosunkowo łatwe. Charakterystyczne dla współczesnej cywilizacji wielkie zapotrzebowanie na energię elektryczną spowodowało, że napowietrzne linie przesyłowe wysokiego napięcia są obecne niemal wszędzie w zasięgu wzroku. Stosunkowo dobrze widoczne są kratowe konstrukcje słupów, w mniejszym stopniu rozpoznawalne są słupy rurowe, same zaś przewody są bardzo słabo widoczne w warunkach obserwacji terenu przez operatora systemu za pomocą kamery. Prędkość poruszania się bezałogowych statków powietrznych nie przekracza na ogół 50 m/s, w związku z czym należy przyjąć, że wykrycie i lokalizacja przeszkody powinny nastąpić z odległości przynajmniej 500 metrów przed nią. Stanowi to wytyczną do konstrukcji układu wykrywającego i lokalizującego linię napowietrzną. Wykrycie linii przesyłowej następuje, gdy odebrany zostanie sygnał częstotliwości 50 Hz, do pełnej lokalizacji położenia kąтового linii potrzebna jest znajomość kierunku, z którego pochodzi sygnał emitowany przez linię oraz znajomość jej odległości od systemu monitorującego. Z punktu widzenia bezpieczeństwa lotów w aspekcie możliwej kolizji obiektu latającego, napowietrzne linie przesyłowe są instalacjami o zróżnicowanych wymiarach geometrycznych, z których największe znaczenie



Ryc. 4. Zdolność BSP w omijaniu linii energetycznych
Źródło: PSP.

mają wysokość zawieszenia linii, wysokość słupów, a także ich konstrukcja i odległości między nimi. Wykrywanie i lokalizacja linii wysokiego napięcia możliwe są dzięki temu, że są one źródłem promieniowania elektromagnetycznego niskiej częstotliwości (w Polsce 50 Hz). Realizacja celu obarczona jest wieloma trudnościami. Podstawowym utrudnieniem jest fakt, że natężenie pola elektromagnetycznego bardzo szybko maleje w miarę oddalania się od osi linii. Ponadto badania wykazały, że sygnał użyteczny jest bardzo silnie tłumiony przez różne zakłócenia, głównie niskiej częstotliwości, które są indukowane na skutek poruszania się układu pomiarowego w ziemskim polu magnetycznym.

W systemach stosuje się magnetometrię typu fluxgate lub magnetoinductive oraz ich aplikacje umożliwiające wykrycie linii przesyłowej. Czujnikiem jest uzwojenie nawinięte na rdzeniu ferromagnetycznym, który zmienia swą przenikalność magnetyczną pod wpływem zmian ziemskiego pola magnetycznego.

Zazwyczaj wysokość słupów wysokiego napięcia jest proporcjonalna do wartości napięcia linii i na ogół mieści się w granicach 30-65 metrów, przy czym większe wysokości dotyczą linii najwyższych napięć. Wyznaczenie odległości linii wymaga znajomości napięcia, pod którym się ona znajduje, zakładając jednak, że istotnym zagrożeniem dla lotu rozważanego obiektu są linie wysokie (powyżej 30 m), wstępne prace i obliczenia można ograniczyć do linii 220 lub nawet 400 kV, przyjmując, że każdy manewr uniknięcia kolizji powinien doprowadzić do zwiększenia wysokości lotu powyżej przyjętej maksymalnej przewidywanej wysokości linii, czyli ok. 65 m. Przy tak przyjętym założeniu wystarczająca jest znajomość kierunku, na którym znajduje się przeszkoda, rozpoczęcie manewru omijania następuje po sygnale układu potwierdzającego znalezienie się obiektu latającego w pobliżu rozpatrywanej instalacji. W przypadku linii wysokich (najwyższych napięć) celowe może się okazać rozważenie manewru polegającego na przelocie obiektu latającego poniżej przewodów linii stanowiącej przeszkodę. Przeznaczony do monitoringu terenu w aspekcie zagrożeń pożarowych bezzałogowy statek powietrzny wraz z zainstalowanymi na pokładzie kamerami jest częścią wielowymiarowego, najczęściej nieautonomicznego układu regulacji. Ze względu na zasygnalizowane w poprzednim punkcie zagrożenia kolizją z linią przesyłową, zadaniem znajdującego się na jego pokładzie układu pomiarowego jest wykrycie znajdującej się pod napięciem i przewodzącej prąd linii, przeprowadzenie lokalizacji jej położenia oraz poinformowanie operatora systemu lub spowodowanie stosownych działań autopilota w celu uniknięcia kolizji. Rozwiązanie przedstawionego problemu wymaga znajomości właściwości dynamicznych bezzałogowego statku powietrznego, doboru właściwego układu pomiarów i regulacji oraz możliwości wykrycia celu i lokalizacji jego położenia kąтового. Należy przeprowadzić analizę dynamiki bezzałogowego statku powietrznego, której efektem będzie opracowanie dla niego odpowiedniej strategii działania i układów automatycznej regulacji dla autopilota dla stanu obserwacji i zagrożenia kolizją. W dalszej kolejności konieczne jest przeprowadzenie badań symulacyjnych pracy BSP wraz z opracowanym układem regulacji. Analiza

przeprowadzonych badań zmierzać będzie do oceny jakości pracy BSP wyposażonego w zaprojektowane układy pomiarów i regulacji zgodnie z kryteriami obowiązującymi w teorii sterowania.

WIEŻA CZY DRON?

W 2013 r. doszło do 126 406 pożarów, z czego 3,77% przypada na pożary lasu – podaje Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP). Paliła się głównie ściółka leśna, ale strażacy odnotowali również kilkaset pożarów pojedynczych drzew. Każda akcja gaśnicza wymaga zaangażowania odpowiednich sił i środków, w zależności od okoliczności wybuchu pożaru. Inaczej gasi się pole torfowe, inaczej las z przewagą drzew iglastych. Bardzo pomocne okazują się wówczas zintegrowane systemy wspierania zarządzania kryzysowego. Lecz siłą systemu jest mechanizm automatycznego wykrywania pożarów na obszarach otwartych i leśnych. Wysokiej klasy kamery ulokowane na wieżach obserwacyjnych przesyłają obraz do systemu centralnego. Tam wykrywane są typowe objawy pożarowe np. dym. Biorąc pod uwagę położenie poszczególnych wież oraz kąt, pod którym widać dym, system określa miejsce pożaru. Jest to metoda prosta i skuteczna, ale droga. Wymaga budowy betonowej wieży w środku leśnej gęstwy o masie fundamentu porównywalnej z masą samej wieży, do której trzeba doprowadzić prąd lub zadbać o oszczędny agregat prądotwórczy. Wieża zmienia też krajobraz okolicy i nie można jej posadzić w rezerwach przyrody. W Polsce leśnicy postawili również na budowę betonowych wież obserwacyjnych o wysokości od 35 do 60 m. Przy dobrych warunkach widoczność z tych wysokości sięga nawet 20 km. Jeśli przyjmiemy, że każde nadleśnictwo (430 w Polsce) stawia po dwie lub trzy takie wieże, to winniśmy z czasem doczekać się od 860 do 1290 budowli górujących nad lasami (z wyłączeniem parków narodowych i ścisłych rezerwatów przyrody). Na razie dominuje model zlecenia monitorowania sytuacji pożarowej tzw. Zakładom Usług Leśnych, które oddelegowują do pracy na wieżach swoich pracowników. Zaczyna się też stawiać wieże całkowicie zautomatyzowane, wyposażone w kamery i radiolinie, umożliwiające przesyłanie obrazu z kamer bezpośrednio do nadleśnictwa. Na takie rozwiązanie zdecydowało się m.in. Nadleśnictwo Biłgoraj⁷. Obraz z masztu w Rogózniance przesyłany jest do wieży na ul. Zamojskiej a następnie do Nadleśnictwa. Obserwatorzy nie będą już musieli przebywać na wieżach, jedynie w przypadku awarii kamery. Inwestycja kosztowała 1,26 mln zł. Z prostego rachunku wynika, że 1000 takich wież kosztowałoby fundusz leśny, gromadzony z zysków Lasów Państwowych oraz poszczególne nadleśnictwa, ok. 126 mln zł! Nawet jeśli te obsługiwane przez człowieka zostaną w pełni zautomatyzowane i tym samym odpadną koszty budowy nowych wież, to koszty i tak przekraczają możliwości finansowe Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP). Już nie mówiąc o czasie, ponieważ zanim PGL

⁶ Dane statystyczne KG PSP: www.kgpsz.gov.pl

⁷ <http://www.bilgorajska.pl/aktualnosc,7481,0,0,0,Nowe-wieze-do-observacji-lasu.html>



Ryc. 5. Funkcjonalne i estetyczne
Źródło: Lasy Państwowe.

LP dostawiłoby do tej sieci ostatnią wieżę, musiałyby wymieniać zużyty sprzęt z tych najstarszych. Rozwiązanie nasuwa się samo. Należy zaufać szybkiemu rozwojowi techniki i wprowadzić do kompleksowej ochrony przeciwpożarowej lasów obserwację satelitarną oraz sieci czujników zainstalowane na różnego rodzaju robotach, w tym dronach.

Być może na pierwszy ogień winny pójść parki narodowe, akurat pozostające poza jurysdykcją PGL LP, w których nie można budować betonowych wież. Wyobraźmy sobie sytuację, w której nad połaciami Kampinoskiego Parku Narodowego albo nad Puszcą Białowieską w czasie letnich upałów unoszą się drony wyposażone w odpowiednie kamery. Ich lot śledzą obserwatorzy w centrum koordynacyjnym służb korzystający dodatkowo ze zobrażeń satelitarnych. System informatyczny na bieżąco wykrywa zmiany w obrazach zarejestrowanych przez satelity i BSP. Tak oto znacznie wzrasta zdolność do wykrycia zarzewia ognia. Skracą się czas podjęcia akcji. W konsekwencji zamiast gasić pożar lasu mielibyśmy do czynienia z akcją gaszenia np. traw. Koszty? finansowe i społeczne, jak też przyrodnicze zdecydowanie niższe od betonowych wież.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Za pomocą bezzałogowych statków powietrznych można szybciej i efektywniej obserwować tereny leśne o zdecydowanie większej powierzchni niż tradycyjnymi sposobami. Drony mogą przyczynić się także do znacznej redukcji

kosztów niektórych operacji. Obecnie inspekcje lasów przeprowadzane z powietrza wiążą się z wynajęciem samolotu wraz z załogą lub z wynajęciem motolotniarza. Korzystając z BSP można takie inspekcje przeprowadzać samodzielnie, nie będąc zależnym od innych osób czy firm. Bezzałogowy statek powietrzny posiada możliwość przesyłania obrazu w czasie rzeczywistym, tak więc, idealnie nadaje się do monitorowania zagrożenia pożarowego obszarów trudno dostępnych, takich jak lasy, torfowiska, tereny bagienne. Zaletą systemu jest możliwość szybkiego przemieszczania się z pominięciem tras komunikacyjnych. Ważną cechą dronów przeznaczonych dla leśnictwa jest czas trwania lotu na jednym akumulatorze. Zgodnie z tym, o czym było już wspomniane w niniejszym referacie, dłuższy czas lotu poprawia zdolności operacyjne BSP i umożliwia szybszą i bardziej wydajną inspekcję. Nie bez znaczenia jest też ilość akumulatorów zapasowych. W przypadku BSP użytkowanych w lasach rozsądne minimum to 3 dodatkowe komplety akumulatorów. Przy założeniu, że w miejscu lotów dostępna jest lądowarka, zapewnienie takiej ilości akumulatorów umożliwia właściwie ciągłą pracę. Monitorowanie zagrożeń pożarowych dzieli się na dwa elementy: wykrywanie i lokalizację ognisk spalania (wielogodzinne patrolowanie obszarów zagrożonych pożarem) oraz przesyłanie informacji w czasie rzeczywistym do stanowiska pracy operatora. Informacja obrazowa z kamer pokładowych TV lub IR służy do bardzo szybkiego i precyzyjnego określenia sytuacji pożarowej (dym, spalanie płomieniowe i bezpłomieniowe) oraz miejsca pożaru (aktualna pozycja punktu obserwowanego przez głowicę optoelektroniczną BSP jest przesyłana do stacji kierowania i kontroli). Pożary lasów mają dużą tendencję do szybkiego rozprzestrzeniania się. W sytuacji takiej ważną rolę odgrywają systemy BSP, które mogą być używane do przesyłania informacji obrazowych z przebiegu i postępu akcji gaszenia pożaru. Zdolność oceny sytuacji pożarowej przez kierującego działaniami ratowniczymi jest dość ograniczona ze względu na bliskość drzew, natomiast pogląd na trójwymiarowo przedstawiony obraz z powietrza umożliwia bardziej efektywne podejmowanie decyzji, jak również rozplanowanie użycia sił i środków gaśniczych do gaszenia pożaru. Rzeczywisty obraz może być przesyłany do dowódców poszczególnych odcinków gaśniczych (bojowych), co zwiększa komfort pracy oraz bezpieczeństwo ratowników i osób postronnych. System BSP ma zastosowanie również w monitorowaniu stanu poziomu wód (rzek, jezior, rozlewisk) oraz terenów zagrożonych powodzią i podtopieniami. Za pomocą kamer znajdujących się na pokładzie BSP można sprawdzać poziom wody w akwenach (zbliżenie i obraz skali wodowskazu), stan wałów przeciwpowodziowych oraz rozwój sytuacji, a w tym prędkość i kierunek przemieszczania się fali powodziowej. Bezzałogowe statki powietrzne znajduje zastosowanie przy kierowaniu działaniami ratowniczymi i prewencyjnymi. Za pomocą przesyłanych współrzędnych lokalizuje się osoby poszkodowane lub zagrożone. Posiadanie takiego systemu pozwoliłoby na uniknięcie wielu katastrof i zmniejszenie skutków klęsk żywiołowych. Budowa mobilnego systemu monitorowania zagrożeń pożarowych na terytorium Polski w oparciu o bezzałogowe statki powietrzne wymaga pilnego

zrealizowania min. opracowania cyfrowej mapy zagrożenia pożarowego lasów na podstawie danych satelitarnych oraz opracowanie scenariuszy i algorytmów realizowania misji przy pomocy bezzałogowych statków powietrznych.

LITERATURA

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109, poz. 719).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz.U. nr 58, poz. 405, z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 22 września 2000 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. nr 93, poz. 1035).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 8 sierpnia 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. nr , poz. 1317).

STRESZCZENIE

W artykule opisano możliwość wykorzystania mobilnego systemu do obserwacji obszarów w celu wykrywania ognisk pożarów. Podstawową rolę w tym systemie spełnia bezzałogowy statek powietrzny, wyposażony w wysokiej jakości kamery światła dziennego i termowizyjne sygnalizujące obecność obszarów o podwyższonej temperaturze, które mogą zostać zidentyfikowane jako ogniska pożaru. System posiada możliwość dwukierunkowej komunikacji drogą radiową ze stanowiskiem dowodzenia i po drobnych modyfikacjach może być wykorzystany do monitorowania zdarzeń związanych z ochroną ludzi i mienia, a także z zapewnieniem bezpieczeństwa w warunkach zagrożenia klęskami żywiołowymi i terroryzmem. Ze względu na ograniczenia dopuszczalne przepisami wysokości lotu, wykorzystany został układ, sygnalizujący zagrożenie wynikające ze zbliżania się do napowietrznych linii wysokiego napięcia, który ułatwi bezkolizyjne ich ominięcie.

SUMMARY

This paper describes the concept of a mobile system for observation of land in order to detect fire outbreaks. The primary function of this system is played by the unmanned aerial vehicle equipped with a specialized television cameras and thermal imaging indicating the presence of areas with elevated temperatures, which may be identified as a fire. The system has the possibility of two-way radio communication with the position of command and after minor modifications, can be used to monitor events related to the protection of persons and property as well as ensuring security in conditions of vulnerability to natural disasters and terrorism. Due to the low altitude limit regulations, the vehicle will include a system signaling the risks arising from the approximation of the overhead high voltage lines, which will help the vehicle to avoid collision.