



Przemysław FILIPEK, Anna KLAUDEL

SPADOCHRONOWY OBSERWATOR TERENU SOT

Streszczenie

W artykule zawarto opis unikalnego, bezprzewodowego modelu spadochronowego obserwatora terenu - SOT. Przedstawiono parametry i założenia projektowe, opisano elementy składowe obserwatora i dobór materiałów konstrukcyjnych. SOT może pełnić wiele funkcji i być wykorzystywany wszędzie tam, gdzie istnieje potrzeba uzyskania zdjęć z góry (ratownictwo, rolnictwo, wojskowość, bezpieczeństwo itd.).

WSTĘP

Zasada działania spadochronowego obserwatora terenu SOT opiera się na konstrukcji modelarskiej rakiety odrzutowej (odpowiednio zmodyfikowanej), która po wystrzeleniu ze specjalnej wyrzutni opada swobodnie na spadochronie. Podczas opadania zamontowana kamera może przysyłać sygnał video do operatora lub wykonywać zdjęcia z góry. SOT zaliczany jest do grupy robotów latających. Cechy charakterystyczne modelu to autonomiczność, możliwość poruszania się w powietrzu oraz lekkość. Roboty latające dzięki swoim cechom zaliczane są do grupy robotów mobilnych.

1. ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE

Obserwator powinien mieć zamontowaną kamerę pozwalającą na podgląd obrazu rzeczywistego podczas unoszenia i opadania modelu. Ruchomy przegub zamontowany w kamerze ma umożliwiać obserwację terenu wokół osi opadania.

Czujniki zamontowane wraz z akumulatorem powinny ułatwiać monitorowanie warunków w jakich pracuje urządzenie. Akumulator powinien dostarczać energię potrzebną do zasilenia czujników oraz kamery. Obudowa SOT powinna być wykonana z lekkiego materiału, pozwalającego na łączenie go z innymi elementami.

Napęd stosowany do wyrzutu modelu musi być lekki, mieć łatwą budowę i być łatwy w obsłudze. Najlepszym rozwiązaniem jest użycie wymiennych silników raketowych. Ich zapłon odbywa się za pomocą zapalnika.

Sprężone powietrze wytworzone przez silniki rakiety powinno być przekazywane przez przyspawane do obudowy rurki a wytworzone ciśnienie w głowicy i obudowie spowoduje wyrzucenie spadochronu i otworzenie jego czaszy. Materiał użyty na budowę spadochronu powinien być lekki i miękki. Średnica czaszy spadochronu zależna jest od ciężaru modelu, umożliwiając przy tym jego swobodne opadanie. Użycie spadochronu w modelu pozwala na wyhamowanie prędkości opadania.

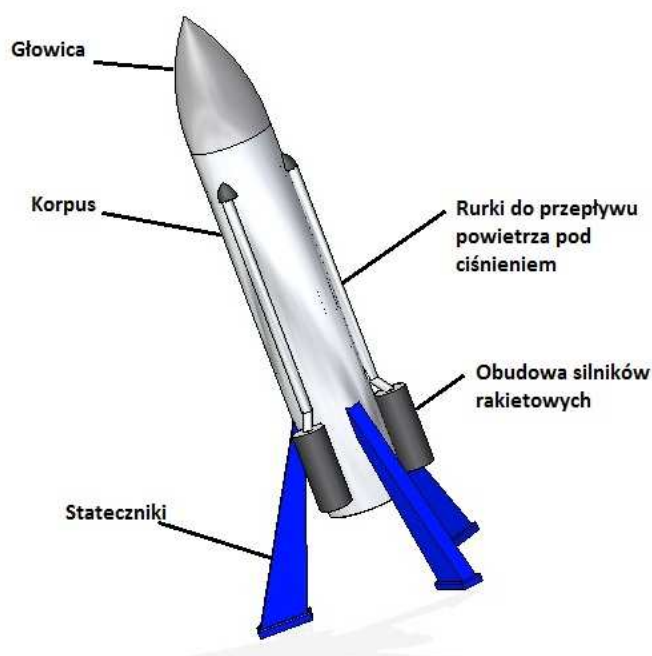
2. ELEMENTY SKŁADOWE SOT

2.1. Korpus

Odpowiednio dobrane materiały do budowy SOT pozwalają m. in. na zmniejszenie ciężaru oraz zwiększenie wytrzymałości całego obserwatora w celu utworzenia odpowiedniej osłony dla kamery, akumulatora i spadochronu. Aby korpus modelu był lekki i wytrzymały wykorzystać można blachy aluminium EN AW 2017A. Blachy te charakteryzują się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi - wysoką wytrzymałością na rozciąganie, wysoką wytrzymałością zmęczeniową. Są średnio odporne na korozję, dają się spawać. Blachy aluminiowe AW-2017A są stosowane do produkcji elementów konstrukcyjnych samolotów, części do budowy maszyn, sprzętu wojskowego, podzespołów dla przemysłu motoryzacyjnego.

Aluminium AW-2017A przy grubości 1 mm charakteryzuje się maksymalną wytrzymałością na rozciąganie RM do 225 MPa; granicą plastyczności $R_{p0.2}$ równą 145 MPa oraz twardością w skali Brinella sięgającą 55 HB. Aby wykonać korpus obudowy potrzeba około 0,02 m² blachy [1].

Do wykonania elementów obudowy takich jak rurki przepływu powietrza pod ciśnieniem, przepływającego z silników do głowicy w celu wyrzucenia spadochronu, można użyć rur aluminiowych o średnicy $\varnothing 6$ wykonanych z tego samego stopu co blacha użyta do korpusu. Spawa się je z zewnętrznymi ściankami do obudowy spoiną czołową. Potrzebne są 3 rurki o długości około 160 mm do wykonania dyszy dla przepływu powietrza. Aby zabezpieczyć wylot powietrza można zastosować gumowe zaślepki izolacyjne, które zabezpieczają przed ulotem dużego ciśnienia powietrza. Wlot powietrza dysz powinien być zespawany wraz z obudową silników raketowych spoiną pachwinową, stosowanej do połączeń spawanych pod kątem.



Rys. 1. Model 3D korpusu obudowy SOT

Obudowa napędu dostosowana jest do silników raketowych o długości około 40 mm i średnicy 17 mm. W celu wymiany rakiet, należy zastosować drut, który jest wygięty w kształcie obudowy silników. Wyciągany jest ze zużytych silnikami a umieszczany z nowym.

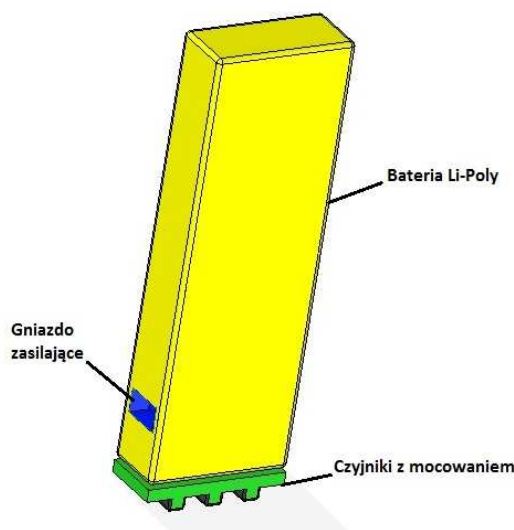
Głowica „rakiety” powinna być wykonana z lekkiego tworzywa, które będzie umożliwiało schowanie spadochronu do środka przed wystrzeleniem SOT z Ziemi oraz nie będzie stwarzać problemów z otworzeniem głowicy w celu wyrzucenia i otworzenia spadochronu. Najczęściej spotyka się gotowe głowice wykonane z tworzyw polimerowych. Są one lekkie i łatwe do wystrzelenia [2].

Stateczniki stabilizują raketę podczas lotu. Są bardzo istotnym elementem, który decyduje o prostym locie modelu. Powinny być wykonane z lekkiego materiału. W spadochronowym obserwatorze terenu zastosowano 3 stateczniki, które leżą na wspólnej osi z obudową silników raketowych lecz po przeciwnych stronach, aby nie kolidowały z wylotem odrzutu z napędów. Stateczniki mocuje się za pomocą nitowania na zimno.

Korpus SOT przedstawiono na rysunku 1.

2.2. Zasilanie i sensory

Użyty akumulator powinien być wykonany z lekkiego tworzywa ale o dużej pojemności. Baterie litowo-jonowe mają małą wagę, jednak ich pojemność jest mniejsza od zużywanej w spadochronowym obserwatorze terenu. Aby wydłużyć czas pracy, można zastosować akumulatory litowo-polimerowe (Li-Poly). Są one dostępne na rynku o pojemności nawet 3000 mAh. Akumulatory litowo-polimerowe mają elektrody w formie warstw i elektrolit w postaci żelu co pozwala na wykorzystanie folii z tworzywa sztucznego na obudowę baterii, dzięki czemu można osiągnąć mniejszą wagę akumulatora. W spadochronowym obserwatorze terenu można użyć akumulatora o pojemności 2300 mAh, który ma wymiary: 105x35x15 mm i waży około 130 g. Bateria ma za zadanie zasilać kamerę oraz czujniki pomiaru. Akumulator może być ładowany prądem do 5 C, za pomocą złącza balancera typu HXT.

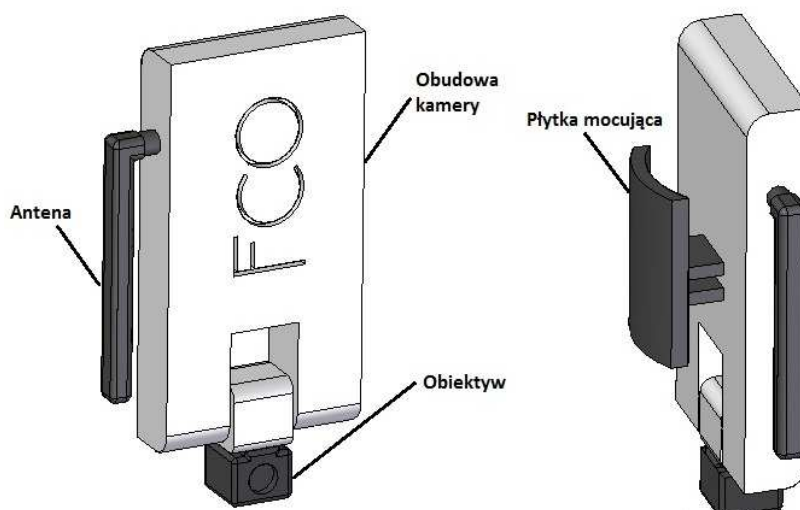


Rys. 2. Model 3D akumulatora i czujników

Pomiary które będą dokonywane za pomocą zamontowanych czujników to: wysokość, prędkość, temperatura i wilgotność. Istnieje możliwość dołączenia większej ilości czujników, jednak wymieniono parametry mające największe znaczenie w projekcie. Dzięki pomiarowi dalmierzem możemy się dowiedzieć z jakiej wysokości oglądamy obraz; czujnik prędkości pomaga ocenić szybkość z jaką pracuje i opada SOT; wyniki pomiaru temperatury i wilgoci przybliżą w jakich warunkach pracuje model. Czujniki zasilane są akumulatorem litowo-polimerowym. Waga pojedynczego czujnika wynosi około 5 g, a wymiary wynoszą 7x4x3 mm.

2.3. Kamera

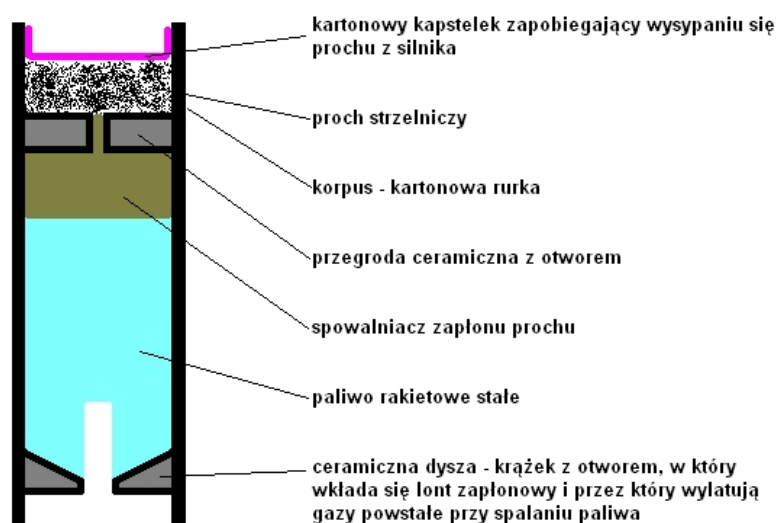
Głównym zadaniem SOT jest możliwość obserwacji terenu z wysokości. Niemiecka firma ACME zajęła się produkcją kamer, które umożliwiają oglądanie obrazu w trakcie lotu. Są to kamery wykonane z lekkich materiałów i ich wymiary zostały zmniejszone do minimum (90 x 46 x 14 mm) aby umożliwić zamontowanie ich w modelach latających bez użycia zbędnych mocowań które mogłyby powodować zwiększenie masy całego obserwatora. Przesył danych do odbiornika odbywa się w częstotliwości 2,4 GHz. Zasięg obrazu kamery sięga 300 m w linii prostej przy występowaniu przeszkód (np. budynki, drzewa). Kamery FlyCamOne prócz standardowego wyposażenia w moduł odbiorczy oraz nadawczy, mogą być rozszerzone o elementy przydatne w użytkowaniu w różnych warunkach, np. wodoodporną obudowę wymienną, okulary z modułem śledzącym ruchy głowy, moduł GPS. Obiektyw jest zamontowany na obrotowym elemencie umożliwiającym ruch wokół dwóch osi (x i y). Po wysunięciu kamery długość obudowy sięga około 105 mm. Obiektyw może być również składany w obudowę, tworząc wtedy jedną całość. Moduł nadawczy ma zamontowaną antenę o długości 60 mm i średnicy $\phi 5$. Kamera montowana jest w obudowie SOT dzięki podstawki mocującej połączonej z obudową SOT za pomocą śrub (Rys. 3.).



Rys. 3. Model 3D kamery

2.4. Napęd

Silnik odrzutowy (Rys. 4.) wykorzystujący zjawisko odrzutu działa na zasadzie wyrzucania z dużą prędkością gazów będących produktem spalania, wywołujących powstanie siły ciągu w przeciwną stronę. Silnik taki odpalany jest za pomocą lontu włożonego w dyszę wylotową lub przez uruchomienie zapłonika elektrycznego (można stosować również połączenie dwóch sposobów). Palące się paliwo wytwarza dużo gazów, które wydostając się przez otwór napędzają rakietę, która nabiera prędkości. Po wypaleniu paliwa model unosi się jeszcze w górę, wtedy pali się opóźniacz (materiał umożliwiający modelowi lot do góry, dzięki sile pędu) [3]. Gdy model zwalnia i zaczyna spadać wypalony opóźniacz zapala ładunek prochowy, który wybuchem wytwarza podmuch wypychający spadochron, dzięki któremu model może wylądować na ziemi.



Rys. 4. Budowa modelarskiego silnika raketowego [4]

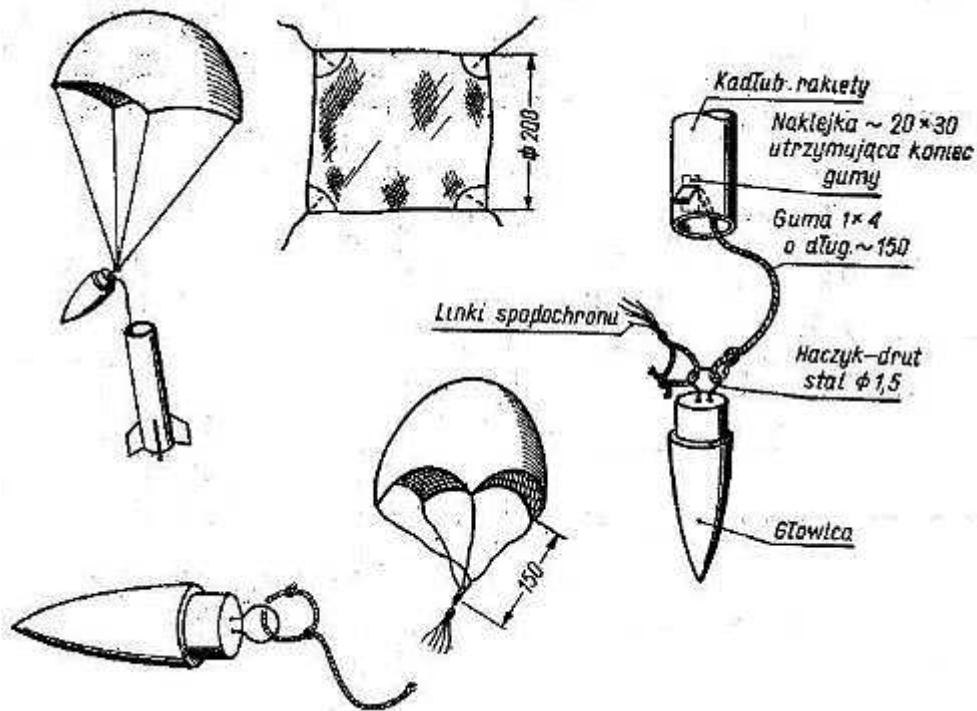
2.5. Spadochron

Podstawowym założeniem poprawnego lotu modelu jest bezpieczne lądowanie na Ziemi. Umożliwia to spadochron, ograniczając prędkość spadającego modelu. Powinien on zostać wyrzucony z wnętrza robota tuż po osiągnięciu odpowiedniego pułapu. Spadochron powinien być wielokrotnego użytku, wykonany ze specjalnej, wzmocnionej, lekkiej i bardzo miękkiej tkaniny. Wielkość i waga spadochronu zależy od masy całego obserwatora. Linki łączące spadochron z głowicą i obudową powinny być elastyczne, aby amortyzować zawieszenie całego modelu na spadochronie. Ilość linek zależy od masy SOT i wielkości spadochronu (im większa czasza spadochronu tym większa ilość linek, aby średnica spadochronu była największa).

Spadochron (Rys. 5.) powinien być przymocowany do głowicy, która podczas wystrzału i przelotu sprężonego powietrza z raket uwalnia spadochron a ciśnienie powinno powodować rozłożenie czaszy spadochronu. Głowica i spadochron powinny być połączone elastycznymi linkami oraz haczykiem zamontowanym w głowicy, który stanowi również połączenie głowicy z kadłubem.

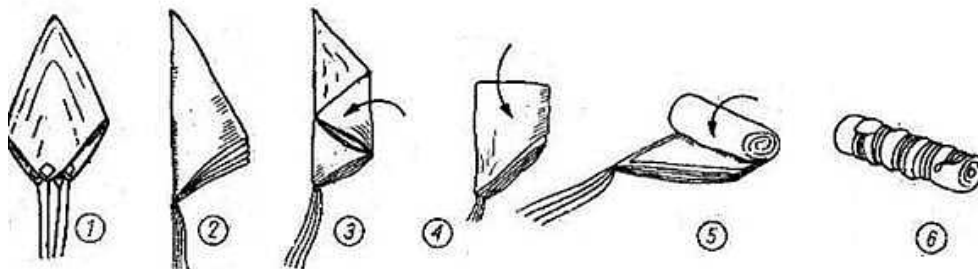
Średnica czaszy spadochronu powinna osiągać 1600 mm przy wadze modelu 1400-2400 g. Masa materiału wyniesie wtedy około 90 g. Ilość linek potrzebnych do utrzymania opadającego modelu powinna wynieść 10. Przy mniejszej ilości spadochron może się całkowicie nie otworzyć lub za późno rozłożyć się jego czasza.

W modelarstwie często stosuje się otwór znajdujący się w czaszy spadochronu stabilizujący opadanie modelu [2].



Rys. 5. Schemat budowy i działania spadochronu [2]

O poprawności wyrzutu spadochronu z korpusu decyduje dokładność złożenia (Rys. 6.). Trzeba uważać, aby nie zaplątał się w linki ani nie zniszczył podczas wyrzutu. Spadochron powinien być przyczepiony na elastycznych linkach, aby zamortyzować ustabilizowanie modelu i spadochronu. W innym przypadku w wyniku nagłego szarpnięcia, może dojść do oderwania modelu [2].



Rys. 6. Etapy prawidłowego składania spadochronu [2]

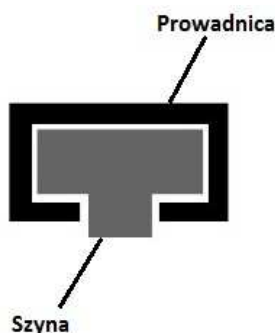
2.6. Wyrzutnia

Wyrzutnia jest to układ pozwalający na wyprowadzenie modelu w oczekiwanym kierunku po linii prostej, który w trakcie lotu zmienia swoją trajektorię. Można wyróżnić 3 rodzaje wyrzutni: prętowe, szynowe i rurowe.

Prętowa wyrzutnia jest najczęściej wykorzystywane w modelarstwie, m. in. dlatego że posiadają prostą budowę. Zazwyczaj jest to gładki pręt przymocowany do stabilnej podstawy. Do modelu przyczepia się krótkie rurki o średnicy odpowiadającej średnicy pręta. Aby ułatwić start modelu najlepiej jest zmniejszyć tarcie między prętem a rurką (np. smarując olejem). Można spotkać nietypowe rodzaje wyrzutni prętowej, którą jest wyrzutnia złożona z 3 lub 4 (w zależności od stateczników) prętów ułożonych na planie koła, w które model jest wsuwany. Dzięki takiemu rozwiązaniu w rakiecie nie potrzeba montować żadnych zaczepów.

Wyrzutnie rurowe wykorzystywane są głównie przez wojsko. Jest to rura wykonana z materiału odpornego na wysokie temperatury z odpowiednimi otworami u dołu (dla gazów wylatujących z silnika). Do takiej wyrzutni rakiet musi posiadać odpowiednią budowę. Z powodów konstrukcyjnych i mobilnych najczęściej jest odrzucana w modelarstwie.

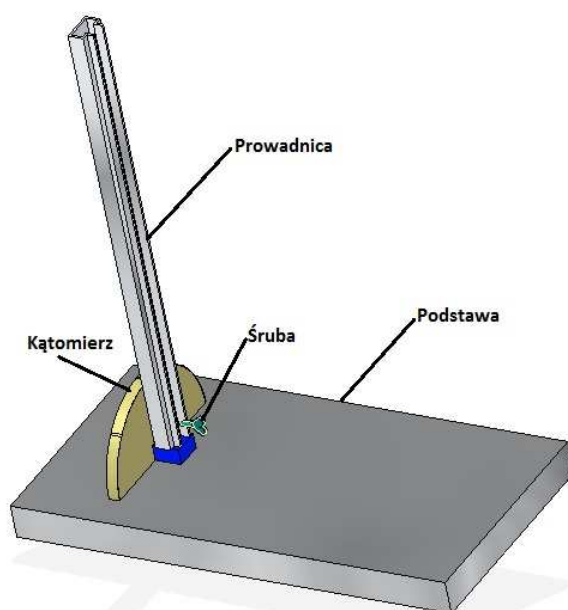
W spadochronowym obserwatorze terenu najlepiej zastosować wyrzutnię szynową, zbudowaną z podstawy i prowadnicy, która może mieć różnego rodzaju kształty. Najważniejsze jest dobre dopasowanie suwaków przyczepionych do modelu.



Rys. 7. Przekrój wyrzutni szynowej

Wyrzutnie szynowe stosuje się w modelach większych i szybszych, ponieważ są pewniejsze od wyrzutni prętowych i przy obudowie można zamontować mniejsze uchwyty które zmniejszają opór powietrza. Szyna zamontowana w SOT (Rys. 7.) powinna być wykonana z materiału takiego jak obudowa. Pozwoli to na łatwiejsze połączenie elementów.

Prowadnica i podstawa do której jest zamontowana wykonane powinny być ze stali aby zapewnić dobre ułożenie z podłożem. Często stosuje się mocowanie prowadnicy na stalowych nóżkach jednak to rozwiązanie nie zapewnia odpowiedniej stabilności podczas wyrzutu rakiety. Prowadnica może być ustawiana pod kątem co wymaga zamontowania kątomierza przy podstawie. Mocowanie prowadnicy pod odpowiednim kątem jest możliwe przy użyciu śruby. Długość prowadnicy powinna odpowiadać długości szyny modelu SOT czyli około 200 mm (Rys. 8.).



Rys. 8. Model 3D wyrzutni

3. OKREŚLENIE CIĘŻARU SOT

Określenie ciężaru SOT jest zależne od wagi i wymiarów elementów. W tabeli 1 zostały zestawione najważniejsze części potrzebne do budowy SOT.

Tab. 1. Zestawienie ciężaru i wymiarów najważniejszych elementów potrzebnych przy konstrukcji SOT

Element	Waga	Wymiary
Obudowa (aluminium)	300 g	H=280 mm; D=50 mm
Silniki do raket	-	H=46 mm; D=17 mm
Obudowa napędu	90 g	H=50 mm; D=20 mm
Rurki przepływu powietrza	35 g	H=150 mm; D=6 mm
Głowica (średnica u nasady powinna wynosić około 49 mm)	60 g	H=100 mm; D=50 mm
Akumulator	130 g	Dł=105 mm; Sz=35 mm; H=15 mm
Czujniki	75 g	H=3 mm; Dł=7 mm; Sz=4 mm
Kamera	100 g	Dł= 90 mm; Sz=46 mm; H=14 mm
Spadochron i linki	90 g	D=1600 mm

Całkowity ciężar SOT powinien wynieść około 1000 - 2000 g przy najprostszym wykonaniu modelu. W zestawieniu tabeli pominięto drobne elementy (np. zaślepki do uszczelnienia wylotu powietrza).

PODSUMOWANIE

Na podstawie zamodelowanego projektu można stwierdzić, że opływowy kształt modelu będzie miał wpływ na zmniejszenie oporu powietrza podczas lotu. Wbudowanie stateczników pozwoli na ustabilizowanie lotu obserwatora. Wykorzystanie odpowiednich materiałów charakteryzujących się lekkością i wytrzymałością pozwoli na zmniejszenie masy obserwatora. Długość i masa modelu jest zależna od wielkości spadochronu, akumulatora, czujników i kamery. Wyrzutnia zaprojektowana do SOT powinna być wykonana z ciężkich materiałów pozwalających na ustabilizowanie podstawy z podłożem, tak aby siła wyrzutu modelu nie spowodowała przewrócenia lub zmiany kąta toru po jakim ma być wystrzelony model. Zaletą zastosowania spadochronu w obserwatorze jest hamowność prędkości spadania modelu, dzięki której zmniejsza się możliwość uszkodzenia modelu podczas opadania. Bezgłośnie opadanie może być również uważane za zaletę (np. urządzenie wykorzystywane do celów przyrodniczych nie będzie płoszyć zwierząt).

Wadą obserwatora jest wpływ warunków atmosferycznych, które mogą powodować znoszenie obserwatora przy silnych wiatrach.

SOT ze względu na swoją budowę, lekkość oraz niski koszt wytworzenia może znaleźć wiele zastosowań. Wykorzystanie modelu w rolnictwie i przyrodzie pozwala m. in. na obserwację pól oraz rzadkich gatunków. SOT może być również wykorzystany jako obserwator do celów policyjnych i wojskowych. W przemyśle m. in. do obserwacji w celu oszacowania wielkości tworzących się korków w mieście albo oceny wielkości pokrywy śnieżnej na dachach hal i fabryk.

PARACHUTE AREA OBSERVER SOT

Abstract

Article show description of unique cordless model of parachute area observer –SOT. It presented project parameters and assumptions, building blocks of the observer and an assortment of construction materials were described. SOT can perform a lot of functions and be used everywhere where is a need to make a photo from air (rescue, farming, military science, safety etc.).

BIBLIOGRAFIA

1. *Metale kolorowe.* <http://www.metale-kolorowe.eu/aluminium/blachy-aluminiowe-EN-AW-2017A.html> 22.09.2012
2. *Modelarstwo raketowe.* <http://www.rakiety.ovh.org> 23.09.2012
3. *Zabawki i modele RC.* <http://www.gimmik.pl> 25.09.2012
4. *Modelarstwo i nie tylko.* <http://piotr.p.fr.pl/2008/07/06/modelarski-silnik-raketowy/> 27.09.2012

Autorzy:

dr inż. Przemysław FILIPEK– Politechnika Lubelska

inż. Anna KLAUDEL– studentka studiów II stopnia Politechniki Lubelskiej