

WYBRANE ZAGADNIENIA KONSTRUKCJI PODWOZIA DO WIATRAKOWCA I28

ZBIGNIEW SKORUPKA, ANDRZEJ TYWONIUK

Institut Lotnictwa

Streszczenie

Podwozia lotnicze są jednym z podstawowych układów funkcjonalnych statków powietrznych, bez którego niemożliwe byłoby ich użytkowanie. Mogą przybierać różne formy w zależności od przyjętych parametrów. Wiroplątowe statki powietrzne wymagają specyficznej funkcjonalności podwozi, którą autorzy postarają się przedstawić na przykładzie podwozia do obiektu typu wiatrakowiec.

Wiatrakowiec jest szczególnym rodzajem wiropłatu, który zyskuje na popularności dzięki nieskomplikowanej budowie i obsłudze przy okazji łącząc w sobie zalety samolotu i śmigłowca. Dla inżynierów skonstruowanie tego typu pojazdu jest sporym wyzwaniem ze względu na konieczność połączenia niezawodnej, prostej i taniej konstrukcji z wyśrubowanymi normami bezpieczeństwa statków powietrznych. Spełnienie wymagań certyfikacji jest trudne szczególnie w przypadku wprowadzania do projektu własnych niestosowanych wcześniej rozwiązań. Doświadczenie kadry inżynierskiej Pracowni Podwozi Instytutu Lotnictwa, pozwoliło na zaprojektowanie podwozia mieszczącego się w granicach założonych przez projekt, a przy okazji przyczyniło się do stworzenia unikalnych rozwiązań konstrukcyjnych.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WIATRAKOWCÓW

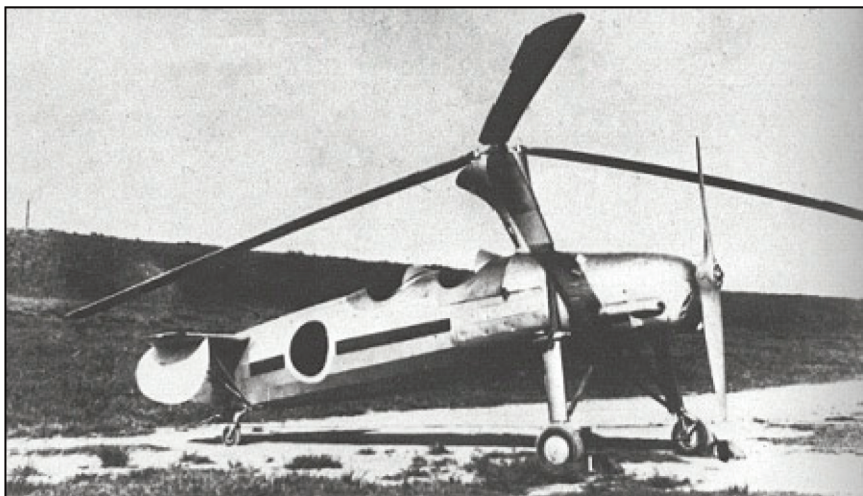
Wiatrakowce należą do kategorii wiropłatowych statków powietrznych, w których właściwości nośne uzyskuje w wyniku autorotacji wirnika pod wpływem oddziaływań wywołanych ruchem postępowym obiektu.

W przypadku większości wiatrakowców źródłem ruchu postępowego jest śmigło pchające lub ciągnące a wirnik służy jedynie do wytworzenia siły nośnej. Istnieją wiatrakowce, w których wirnik jest napędzany niezależnie z napędu głównego bądź to przez dodatkowy silnik (tak zwana prerotacja). Prerotacja wykorzystywana jest jedynie podczas startu wiatrakowca w celu zmniejszenia drogi niezbędnej do startu. W niektórych konstrukcjach start wiatrakowca jest niemalże pionowy tak jak w śmigłowcach.

Wiatrakowce popularność zyskały w dwudziestoleciu międzywojennym, w czasie II wojny światowej służyły, jako pojazdy patrolowe i obserwacyjne np. Kayaba Ka-1 (rys. 1).

Po wojnie wiatrakowce ustąpiły pola dużo sprawniejszym śmigłowcom i samolotom. Wiatrakowiec, jako pojazd łączący w sobie cechy samolotu i beznapędowego śmigłowca, nie był rozwiązaniem, które mogłoby posłużyć za alternatywę dla dwóch powyższych rozwiązań.

Ze względu na posiadanie wirnika zamiast skrzydeł i nie mogąc wykonywać pionowego startu i lądowania, wiatrakowiec stał się zabawką dla bogatych bez znaczenia w transporcie.



Rys. 1. Wiatrakowiec Kayaba Ka-1 na lotnisku polowym w trakcie II wojny światowej (fot. mat. prasowe)

Pod koniec XX wieku zaczęto widzieć w wiatrakowcach potencjał, jako małego pojazdu dla lotów rekreacyjnych lub do przemieszczania jednej do dwóch osób na niewielkie odległości. Ponadto rozwój elektroniki i lotnictwa w ogóle, pozwolił na skonstruowanie wiatrakowców pozwalając na uzyskanie pojazdu małego, lekkiego i łatwego w prowadzeniu a ponadto dość taniego w produkcji. Dodanie napędu do wirnika dało niektórym rozwiązaniom wiatrakowców możliwość pionowego startu, a posiadanie śmigła do napędu poziomego pozwala na łatwiejsze pilotowanie obiektu ze względu na brak konieczności, tak jak ma to miejsce w śmigłowcach, pochylania maszyny w celu nadania jej prędkości poziomej.

2. PODWOZIE W WIATRAKOWCACH

Tak samo jak samolotach, w wiropłatach podwozie odgrywa kluczową rolę, jako układ pozwalający na bezpieczny początek i koniec lotu.

Podwozia wiatrakowców są podwoziami kołowymi ze względu na konieczność uzyskania przez obiekt prędkości postępowej podczas startu i lądowania.

Kołowe podwozia wiatrakowców projektowane są w najczęściej w dwóch konfiguracjach:

- podwozie główne z kołem przednim (sterowanym lub samonastawnym)
- podwozie główne z kółkiem/kółkami ogonowymi

Pierwsza konfiguracja jest w obecnym czasie najczęściej występującą ze względu na dobrą widoczność podczas lądowania i kołowań oraz intuicyjne sterowanie wiatrakowcem na ziemi. Druga z wymienionych konfiguracji stosowana jest, kiedy konieczne jest uniesienie dziobu podczas kołowań ze względu na np. duże śmigło umieszczone na dziobie. Rozwiązanie to może utrudnić widoczność do przodu podczas kołowania, stworzyć mniej intuicyjny sposób sterowania na ziemi (skręt wykonywany jest „tyłem” a nie „przodem” pojazdu) jednakże te niedogodności nie dyskwalifikują popularnego niegdyś w lotnictwie rozwiązania.

Same podwozia wiatrakowca sposobem działania i amortyzacji zbliżone są bardziej do podwozi samolotowych niż śmigłowcowych ze względu na charakterystykę konstrukcji.

Amortyzacja wykorzystuje wszelkie dostępne rozwiązania od belek sprężystych po rozbudowane amortyzatory olejowo-gazowe na sztywnych goleniach. Ze względu na wymiary wiatrakowców (w przeważającej ilości są to obiekty małe i lekkie) podwozia są niechowane.

3. PODWOZIA WIATRAKOWCA I28 JAKO PRZYKŁAD PODWOZIA WIROPLĄTU

Ze względu na rosnący potencjał wiatrakowców, jako nowego środka transportu osobistego. Instytut Lotnictwa postanowił przeprowadzić prace mające na celu zaprojektowanie, przebadanie i wdrożenie tego typu statku powietrznego. Pracę zrealizowano w ramach projektu nr UDA-POIG.01.03.01-14-074/09-00 pt. Technologia wdrożenia do praktyki gospodarczej nowego typu wiroplątonowego statku powietrznego.

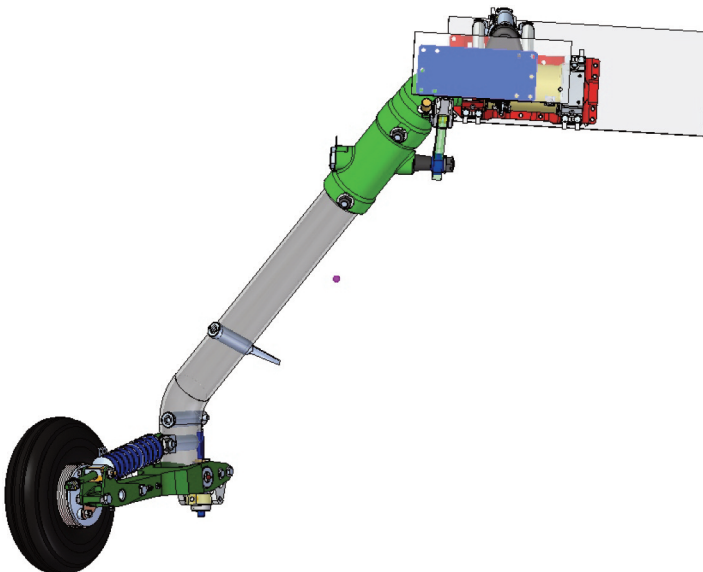
Podstawowymi cechami proponowanej konstrukcji jest wykorzystanie układu napędowego realizowanego przez śmigło ciągnące (do uzyskania ruchu postępowego) wraz z pasywnym wirnikiem z możliwością rozbudowy go do wirnika napędzanego (w celu uzyskania prerotacji opisanej wcześniej). Pojazd przeznaczony ma być na dwie osoby i ma operować na niskich pułapach przelotowych określonych przez odpowiednie przepisy. Pracownia Podwozi ILOT dostała zadanie skonstruowania podwozia do scharakteryzowanego wyżej wiatrakowca. Układ podwozia (rys. 2) przewidywał zastosowanie podwozia głównego zabudowanego pod kabiną pilota oraz dwupunktowego podwozia ogonowego zabudowanego na ogonie konstrukcji wspomagającego podwozie główne oraz zapewniającego sterowanie wiatrakowcem podczas kołowania poprzez zastosowanie układ skrętu kół sterowanego przez pilota. Według założeń podwozie główne miało posiadać możliwość chowania w kadłubie, co przy dużej długości goleni (ze względu na wysokość wiatrakowca zdefiniowaną przez wymiar śmigła ciągnącego) oraz konieczności zastosowania elektrycznego systemu chowania/wypuszczania stanowiło wyzwanie konstrukcyjne. Hamowanie naziemne odbywać się miało poprzez bębnowy hamulec sterowany mechanicznie przy użyciu linek, które w razie potrzeby można zastąpić sterowaniem elektrycznym.



Rys. 2. Model poglądowy wiatrakowca I28 (fot. mat. własne ILOT)

Przewidziane w konstrukcji układy z napędem elektrycznym nie są dostępne na rynku tak, więc musiały być zaprojektowane [3] od podstaw przez inżynierów pracowni podwozi. Hamulce o napędzie elektrycznym projektowano już w pracowni do samolotów bezpilotowych jednak ze względu na konieczność certyfikacji ich dla dopuszczenia do obiektów przenoszących ludzi należało użyć certyfikowanych hamulców spełniających wymogi Urzędu Lotnictwa Cywilnego, jedynie doprojektowując elektryczny układ sterowania przewidziany, jako dodatkowe rozwiązanie do zastosowania w razie potrzeby. Siłownik chowania/wypuszczania musiał być skonstruowany od podstaw ze względu na niedostępność certyfikowanych konstrukcji na rynku (takie konstrukcje istnieją, jednak są one własnością poszczególnych firm podwoziowych niechętnych do dzielenia się wiedzą z innymi). O ile sama konstrukcja siłownika nie jest skomplikowana ze względu na istnienie wielu podobnych rozwiązań stosowanych np. w przemyśle o tyle stworzenie produktu lotniczego spełniającego wszelkie wymagania stawiane tego typu konstrukcjom lotniczym np. poprzez zastosowanie nieistniejącego w rozwiązaniach przemysłowych mechanizmu awaryjnego zwalniania układu. Siłownik, jak i całe podwozie, musi być bezpieczny poprzez zastosowanie systemów i założeń gwarantujących wymaganą przepisami niezawodność. Ze względu na zastosowane rozwiązania siłownik został zgłoszony do urzędu patentowego.

Poza niestandardowymi układami wykonawczymi postanowiono uprościć do maksimum obsługę podwozia, biorąc pod uwagę przypuszczalne grono nabywców wiatrakowca I28 czyli ludzi o umiarkowanych dochodach. W tym założeniu czynności obsługowe powinny zostać ograniczone do minimum wyznaczonego przez przepisy, ponadto obsługa podwozia musi być jak najmniej uciążliwa finansowo. Ze względów zapewnienia maksymalnej bezobsługowości przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji zdecydowano się na użycie amortyzatorów gumowych, w których zamiast przetłaczania cieczy w celu absorpcji energii używa się gumowych pierścieni ułożonych w pakiet o odpowiedniej charakterystyce [1, 2]. Nie jest to rozwiązanie aż tak efektywne jak amortyzacja olejowo-gazowa, jednakże taki amortyzator jest dość tani i wymaga niewielu czynności obsługowych po zamontowaniu na podwoziu.

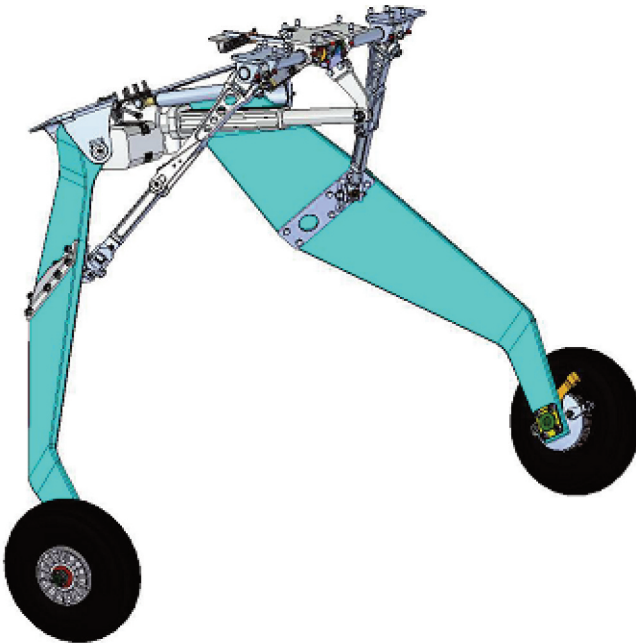


Rys. 3. Model CAD podwozia głównego ze sztywną golenią dla wiatrakowca I28 (mat. własne ILOT)

Jako, że docelowo wiatrakowiec ma istnieć w dwóch wersjach napędu wirnika, napędzanej i pasywnej, konieczne jest możliwość montażu przewidzenie tłumika rezonansu przyziemnego. Podwozie zostało wyposażone w mocowania pozwalające na zastosowanie tłumika w zależności od potrzeb użytkownika lub warunków certyfikacji [4].

Na podstawie przepisów lotniczych CS-VLA [5] i ASTM-F2352 [6] dla projektowanego podwozia określone zostały przypadki obciążeń od ziemi, które następnie sprawdzono w wirtualnym modelu przy zastosowaniu oprogramowania MES [7]. Przeprowadzono optymalizację wybranych elementów podwozia tak, aby dla obciążeń dopuszczalnych naprężenia w konstrukcji nie przekroczyły wartości $\sigma = Rm/1,5$.

W wyniku przeprowadzonych optymalizacji konstrukcji wiatrakowca oraz wprowadzenia zmian w strukturę obiektu, opisana wyżej koncepcja podwozia musiała zostać zmieniona pod kątem zaktualizowanych wymagań. Oprócz wymogów czysto konstrukcyjnych postanowiono jednocześnie wpłynąć na optymalizację ekonomiczną poprzez zmniejszenie kosztu wykonania podwozia a także zmniejszenie jego obsługowości a co za tym idzie i kosztów użytkowania.



Rys. 4. Model CAD podwozia głównego z golenią sprężystą wiatrakowca I28 (mat. własne ILOT)

Nowa wersja podwozia opierała się na tych samych założeniach, co pierwsza dotyczących chociażby pełnego zelektryfikowania, możliwości chowania. Podstawową różnicą była rezygnacja ze sztywnej goleni amortyzowanej przy pomocy amortyzatora gumowego i zastąpienie jej golenią sprężystą. Układ chowania został tak przekonstruowany, że chowanie oraz wypuszczanie obu goleni przeprowadzono przy pomocy jednego siłownika. Większość szybko zużywających się elementów została zastąpiona elementami handlowymi w celu łatwiejszego serwisu oraz dostępności.

Druga wersja podwozia została ostatecznie zbudowana i wykorzystana w prototypie wiatrakowca. Wraz z całym statkiem powietrznym przeszła niezbędne próby pozwalające na dopuszczenie do lotu.



Rys. 5. Prototyp wiatrakowca I28 z zamontowanym podwoziem sprężystym (fot. mat. własne ILOT)

Tabela 1. Porównanie wybranych parametrów obu wariantów podwozia do wiatrakowca I28

Lp.	Cecha	I wariant podwozia	II wariant podwozia
1.	Typ podwozia	Chowane wahaczowe	Chowane sprężyste
2.	Masa podwozia	52 [kg]	55 [kg]
3.	Ugięcie maksymalne	150 [mm]	150 [mm]
4.	Typ amortyzatora głównego	Gumowy	Brak – podwozie sprężyste
5.	Rozmiar koła	4.00-4	4.00-4
6.	Sposób chowania	Siłownik elektryczny	Siłownik elektryczny

4. PODSUMOWANIE

Wiatrakowiec jest szczególnym rodzajem wiroplątu, który zyskuje na popularności dzięki nieskomplikowanej budowie i obsłudze przy okazji łącząc w sobie zalety samolotu i śmigłowca. Ze względu na zdefiniowany charakter wiatrakowców w założeniu mających być pojazdami rekreacyjnymi przeznaczonymi dla zaawansowanych amatorów o średnich dochodach. Inżynierowie spotykają się ze sporym wyzwaniem przy konstruowaniu tego typu pojazdów ze względu na konieczność połączenia niezawodnej, prostej i taniej konstrukcji z wyśrubowanymi normami bezpieczeństwa statków powietrznych. Spełnienie wymagań certyfikacji jest trudne szczególnie w przypadku wprowadzania do projektu własnych niestosowanych wcześniej rozwiązań. Doświadczenie kadry inżynierskiej Pracowni Podwozi Instytutu Lotnictwa, pozwoliło na zaprojektowanie podwozia mieszczącego się w granicach założonych przez projekt, a przy okazji przyczyniło się do stworzenia unikalnych rozwiązań konstrukcyjnych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wołęjsza, Z., Kowalski, W. i inni. (2005). State of the art in landing gear shock absorbers. *Transactions of the Institute of Aviation*, 2/2005 (181), s. 5-53.
- [2] Currey, N. (1989). Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices, *AIAA Education Series*.
- [3] Skorupka, Z., Kajka, R., Kowalski, W. (2010). Electrically Driven and Controlled Landing Gear for UAV Up to 100 kg of Take Off Mass, *European Council for Modelling and Simulation Proceedings*.
- [4] Raport 15/BZ/2010/RAP. (2010). Projekt wstępny podwozia głównego do wiropłatowego statku powietrznego. *Instytut Lotnictwa*.
- [5] Very Light Aeroplanes. CS-VLA. *European Aviation Safety Agency (EASA)*.
- [6] Standard Specification for Design and Performance of Light Sport Gyroplane Aircraft. ASTM-F2352. *ASTM International*.
- [7] Raport 0058/26/BZ/2011/RAP. (2011). Obliczenia wytrzymałościowe podwozia głównego wiropłatowego statku powietrznego. *Instytut Lotnictwa*.

ZBIGNIEW SKORUPKA, ANDRZEJ TYWONIUK

SELECTED ISSUES OF I28 GYROPLANE LANDING GEAR DESIGN

Abstract

Aircraft landing gear is one of essential functional system of the aircraft without which it would be impossible to use one. Landing gears can be in built in different forms in order to meet design assumptions. Rotorcrafts are the aircrafts requiring specific functionality from the landing gears which will be described in this article using I28 gyroplane as an example.