

BADANIA DOWODOWE WIATRAKOWCA I-28 W KATEGORII „SPECJALNY” NA ZGODNOŚĆ Z PRZEPISAMI ASTM

WIESŁAW KRZYMIĘŃ

*Centrum Nowych Technologii, Zakład Kompozytów, Instytut Lotnictwa,
al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Polska, wkrz@ilot.edu.pl*

Streszczenie

Realizowany w ramach Projektu dofinansowanego przez UE wiatrakowiec I-28, zarejestrowany w kategorii „Specjalny”, przeszedł pomyślnie podstawowe badania wytrzymałościowe pod nadzorem ULC. Badania wiatrakowca przeprowadzono w Instytucie Lotnictwa po raz pierwszy.

W artykule przedstawiono główne (podstawowe) badania wytrzymałościowe wiatrakowca, które są istotne ze względu na bezpieczeństwo lotu. Celem badań było wykazanie spełnienia wymagań przepisów ASTM 2353-09 w zakresie wytrzymałości tej konstrukcji.

Przedstawione informacje pomogą przybliżyć zainteresowanym problem wykonania badań obiektów w kategorii „Specjalny”, jak również drogę do uzyskania zgody na loty pojedynczych, nowych konstrukcji wiatrakowców.

Słowa kluczowe: wiatrakowiec, badania dowodowe, bezpieczeństwo lotu.

WSTĘP

Realizowany w Instytucie Lotnictwa Projekt „Technologia wdrożenia do praktyki gospodarczej nowego typu wiropłatowego statku powietrznego” obejmuje wykonanie i badania wiatrakowca o wielu nietypowych rozwiązaniach konstrukcji. Wiatrakowiec I-28 został zgłoszony i zarejestrowany w kategorii „Specjalny” [2], [4] a jako podstawę do dopuszczenia do lotu wybrano przepisy ASTM 2352-09. Wiatrakowiec ten został wykonany w jednym egzemplarzu jako obiekt badawczy.

Wiatrakowiec, zaprojektowany w układzie dwumiejscowym, ze śmigłem ciągnącym i kadłubem z usterzeniem typu motylkowe odwrócone, przeszedł pomyślnie podstawowe badania wytrzymałościowe pod nadzorem ULC.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Zgodnie z wymaganiami punktów rozdz. 6. przepisów ASTM 2352-09 [1] wykonano podstawowe badania wiatrakowca: całego jak i jego podstawowych podzespołów.

W porównaniu z procesem certyfikacyjnym samolotu [5] prób nie było wiele, jednak każdą z przedstawionych poniżej poprzedzały obliczenia oraz badania konstruktorskie, a ich celem było bezpieczeństwo lotu.

Badania obejmowały wytrzymałość:

- wirnika oraz masztu,
- kadłuba,
- podwozia,
- układów sterowania,
- pasów bezpieczeństwa,
- łoża piasty śmigła.

Badania wiatrakowca były prowadzone na egzemplarzu lotnym i dlatego w próbach wytrzymałościowych realizowano tylko obciążenia dopuszczalne. Warunkiem uznania każdej z prób był brak odkształceń trwałych jakiegokolwiek zespołu lub fragmentu konstrukcji [3].

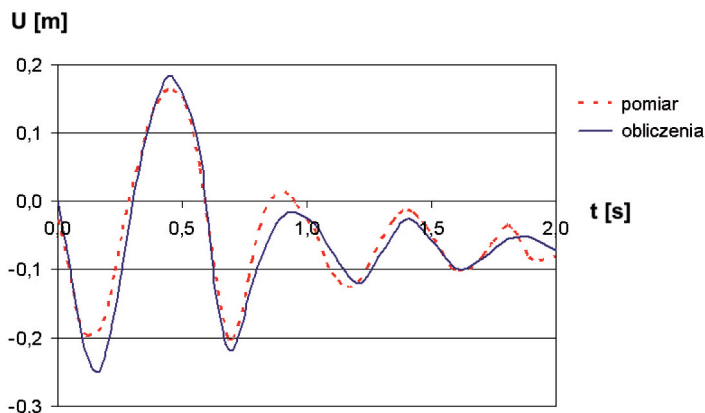
BADANIA WIATRAKOWCA

Dwie podstawowe próby wytrzymałościowe całego wiatrakowca to: próba zrzutu oraz obciążenia statycznego 3g.

Próbie zrzutu [7] przeprowadzono zgodnie z [1] z wysokości 16,5 cm. Wiatrakowiec obciążony masami zastępczymi do uzyskania masy maksymalnej był zawieszony na wciągniku oraz zaczepie z zamkiem (tzw. zaczepie „szybowcowym”, umożliwiającym jego zwolnienie linką). Wirnik zastępowała masa przymocowana do głowicy. Zastosowano dodatkowy zaczep do linki zamocowanej do ogona w celu utrzymania przed zrzutem pozycji poziomej tak, by wszystkie koła były swobodne i jednakowo oddalone od podłogi. Na podłodze położono cienką warstwę płyt teflonowych, by ułatwić ruch (rozsunięcie się) kół po spadku (rys. 1). Ponadto szybką kamerą ustawioną z boku wiatrakowca zarejestrowano jego cały ruch po zrzucie tak, by na podstawie kolejnych obrazów porównać ruch rzeczywisty kadłuba z wynikami symulacyjnymi (rys. 2). Wynikiem próby jest sprawdzenie ugięcia i tłumienia podwozia oraz pewności mocowania podzespołów i elementów wiatrakowca (zbiorników, przewodów, układów sterowania, wyposażenia itp.).



Rys. 1. Próba zrzutu wiatrakowca [W. Krzymień 2012]



Rys. 2. Porównanie symulowanego i rzeczywistego ruchu końca kadłuba po zrzucie wiatrakowca od momentu zetknięcia tylnych kół z podłożem [W. Krzymień 2012]

Próba wytrzymałości na obciążenie statyczne 3g to ważny test wytrzymałości głowicy, masztu, kadłuba i mocowania silnika. Wiatrakowiec z masami zastępczymi załogi i paliwa był dodatkowo obciążony ciężarkami dwukrotnie większymi od masy poszczególnych zespołów (silnika, masztu, pilotów, paliwa, podwozia, kabiny, kratownicy, belki ogonowej i usterzenia). Pomiar ugięcia kadłuba (rys. 3), choć nie jest wymagany przepisami, charakteryzuje jego sztywność oraz umożliwia sprawdzenie, czy nie nastąpiło trwałe ugięcie kadłuba (w tym: wytrzymałości węzłów mocowania).

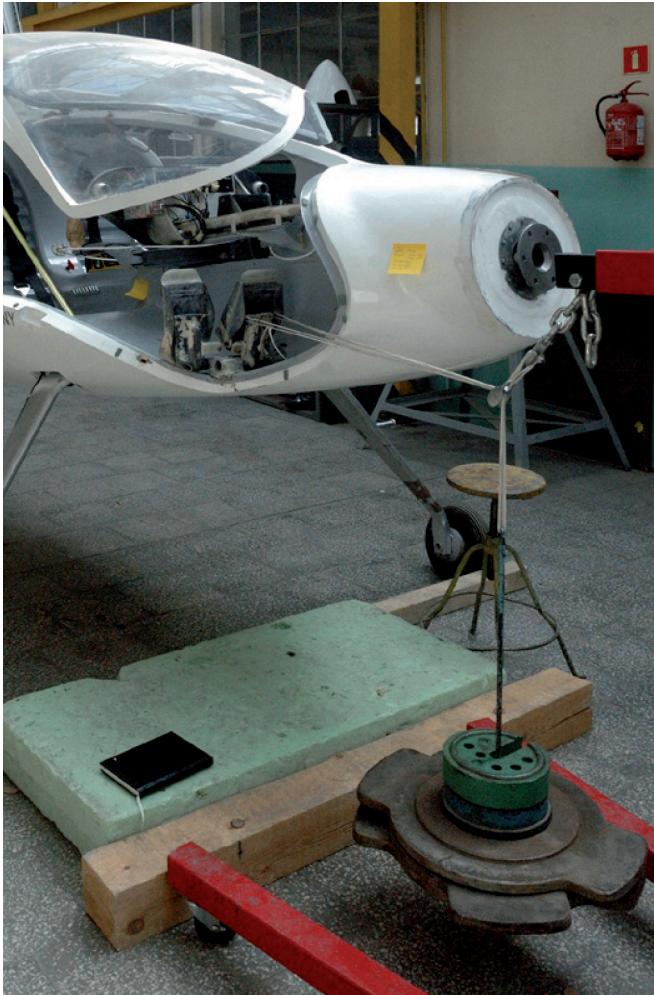
Ostateczną próbę statyczną [8] wykonano dla przyjętej maksymalnej dopuszczalnej masy wiatrakowca 700 kg. Kadłub okazał się bardzo sztywny (zmierzona strzałka ugięcia wyniosła 11 mm) a ugięcie trwałe poniżej wielkości błędu pomiarowego (pomiar wykonano przy pomocy niwelatora odczytując wskazania z dokładnością $\pm 0,5$ mm).



Rys. 3. Próba wytrzymałości na obciążenie statyczne 3g wiatrakowca [W. Krzymień 2012]

BADANIA PODZESPOŁÓW

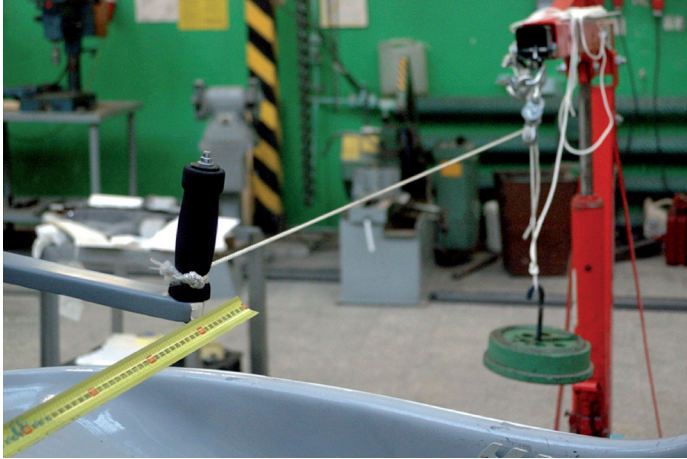
Dla pilota ważna jest wytrzymałość i sztywność układów sterowania. Próby wszystkich układów sterowania [9], zgodnie z przepisami, należy wykonać działając siłą na element sterowania (pedały, drążek) w obydwu kierunkach, przy zablokowanych powierzchniach sterowych i głowicy, a także swobodnych, aby sprawdzić wytrzymałość ograniczników. Siły, pod działaniem których nie może nastąpić trwałe odkształcenie nie są małe. Tak np. dopuszczalna siła, z jaką pilot może działać na pedał wynosi 960 N – rys. 4 (pkt 5.4.1. wg [1]).



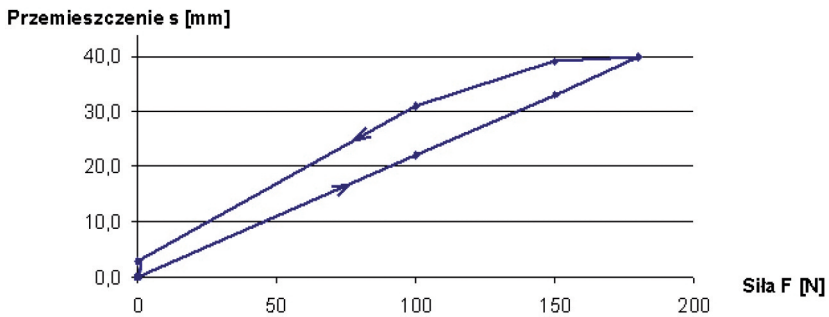
Rys. 4. Próba wytrzymałości ogranicznika w układzie sterowania sterem kierunku [W. Krzymień 2013]

Rys. 5 ilustruje próbę sztywności oraz wytrzymałości układu sterowania przechyleniem, który zgodnie z przepisami należy obciążyć siłą dopuszczalną 175 N przyłożoną do drążka. Wyniki pomiaru sztywności przedstawia rys. 6.

Na czas pomiarów głowicy wiatrakowca została zablokowana w pozycji neutralnej przy pomocy dodatkowych, odpowiednio sztywnych popychaczy.

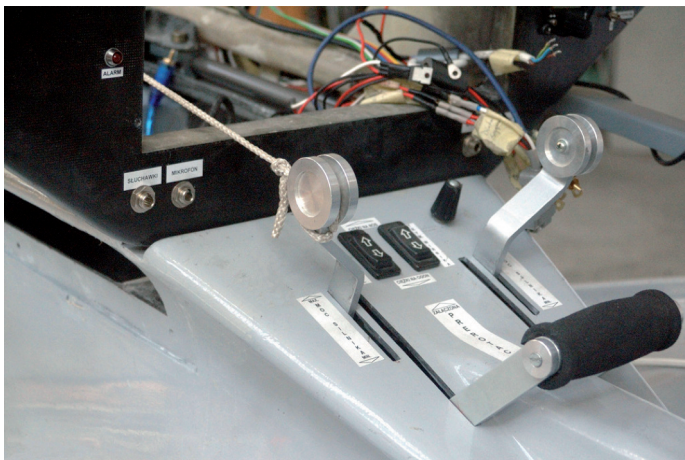


Rys. 5. Próba sztywności i wytrzymałości układu sterowania przechyleniem [W. Krzymień 2013]



Rys. 6. Wyniki pomiaru sztywności układu sterowania przechyleniem [W. Krzymień 2013]

Także tzw. drugorzędne układy sterowania wymagają sprawdzenia wytrzymałości od siły ręki pilota [10]. Przykładem jest manetka gazu, która musi wytrzymać siłę 350 N i pozostać w pełni funkcjonalna. Próbę wykonaną na dźwigni II pilota przedstawia rys. 9 (pkt 5.4.4. wg [1]).



Rys. 7. Próba wytrzymałości układu sterowania mocą silnika [W. Krzymień 2013]

Dla bezpieczeństwa pilota w sytuacji krytycznej ważna jest wytrzymałość pasów bezpieczeństwa i ich mocowania. Badania [11] przeprowadzono za pomocą manekina (specjalnie wzmocnionym modelu korpusu człowieka) przygotowanego do przeniesienia sił bezwładności działające na pilota poddanego przyspieszeniu 6g do przodu i na boki oraz 3g do góry (pkt 5.8.1.3 wg [1]). Przyjmując masę pilota 90 kg należało przyłożyć do umocowanego pasami manekina siłę 5400 N do przodu i na boki oraz 2700 N do góry. Sposób realizacji jednej z prób przedstawia rys. 8.



Rys. 8. Próba wytrzymałości pasów bezpieczeństwa i ich mocowania [W. Krzymień 2013]

Nietypową próbą było sprawdzenie wytrzymałości łoża śmigła [12]. Zwykle śmigło mocowane jest na wale silnika – obciążenie od śmigła przejmuje wówczas łożo silnika. Ze względu na zastosowany układ napędowy, w którym śmigło napędzane jest przez długi wał, obciążenie od śmigła przejmuje piasta mocowana do przedniej wręgi kadłuba. Obciążeniem jest siła ciągu wraz z momentem żyroskopowym śmigła (w manewrze). Do zadania obciążenia piasty wykorzystano specjalnie przygotowany element mocowany zamiast śmigła. Mimośródowo przyłożona siła ciągu dawała dodatkowo moment zginający (rys. 9).

Badania dowodowe należy powtórzyć w przypadku wprowadzenia zmian konstruktorskich, spowodowanych np. brakiem dostatecznej sztywności, zmianą masy lub zmianą rozwiązań konstrukcyjnych. Tak np. powtórzona została próba zrzutu i obciążenia statycznego 3g w związku ze zmianą przyjętej maksymalnej masy startowej wiatrakowca.

Oprócz badań wytrzymałościowych przeprowadzono także badania układu napędowego i prób funkcjonalnych podzespołów wiatrakowca.



Rys. 9. Próba wytrzymałości łoża piasty śmigła [W. Krzymień 2013]

UWAGI KOŃCOWE – PODSUMOWANIE

Badania wytrzymałościowe wiatrakowca były przeprowadzone w Instytucie Lotnictwa po raz pierwszy. Wiatrakowiec I-28 przeszedł pomyślnie wszystkie próby a ich realizacja stanowi cenne doświadczenie dla jego konstruktorów i wykonawców.

W żadnej przeprowadzonej próbie nie stwierdzono braku zapasu wytrzymałości. Poza przedstawionymi próbami przeprowadzono szereg badań konstruktorskich (na elementach lub podzespołach) potwierdzających lub weryfikujących obliczenia.

W przypadku obiektów w kategorii „Specjalny” dowodem na spełnienie wymagań wytrzymałości na obciążenia maksymalne mogą być obliczenia – ich wiarygodność potwierdzają pomiary wykonane podczas prób konstruktorskich oraz dowodowych. Wykonane podczas badań wiatrakowca I-28 pomiary odkształceń wykazały dobrą zgodność z wynikami obliczeń w zakresie obciążeń dopuszczalnych.

Projekt „Technologia wdrożenia do praktyki gospodarczej nowego typu wiroplątowego statku powietrznego” jest finansowany ze środków UE w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, umowa UDA-POIG.01.03.01-14-074/09-00.

LITERATURA

- [1] Przepisy ASTM 2352-09. Standard Specification for Design and Performance of Light Sport Gyroplane Aircraft.
- [2] Rozporządzenie Min. Infrastruktury z dn. 16.06.2005 r. w sprawie przepisów technicznych o zdatości do lotu statków powietrznych kategorii specjalnej (Dz. U. nr 124 poz. 1037).
- [3] Tymczasowe zasady sprawdzania zdatości statków powietrznych budowanych w pojedynczych egzemplarzach – Dz. Urzędowy ULC Nr 7 z dn. 8.07.2005 r.
- [4] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008 z dn. 20.02.2008 r. w sprawie wspólnych zasad w zakresie lotnictwa cywilnego... – Aneks II. pkt b.
- [5] Piwek, K. (2004). The certification process of I-23 "Manager" aircraft, *Prace Instytutu Lotnictwa, Special Edition* (No. 179), pp. 35-45.
- [6] Delega, M., Krzymień, W. (2014). Próby konstruktorskie wiatrakowca I-28 budowanego w kategorii „Specjalny”, *Prace Instytutu Lotnictwa, Nr 2(235)*, s. 38-48.
- [7] R13003_BU-222/12. Sprawozdanie z próby zrzutu wiatrakowca I-28 wariant B., sprawozdanie wewnętrzne Instytutu Lotnictwa.
- [8] R13003_BU-224/12. Sprawozdanie z próby statycznej wiatrakowca I-28 wariant B., sprawozdanie wewnętrzne Instytutu Lotnictwa.
- [9] R13003_BU-229/12. Sprawozdanie z prób statycznych układów sterowania wiatrakowca I-28 wariant B., sprawozdanie wewnętrzne Instytutu Lotnictwa.
- [10] R13003_BW-242/13. Sprawozdanie z prób statycznych i funkcjonalnych drugorzędowych układów sterowania wiatrakowca I-28 wariant B., sprawozdanie wewnętrzne Instytutu Lotnictwa.
- [11] R13003_BU-239/13. Sprawozdanie z prób statycznych wytrzymałości węzłów mocowania pasów wiatrakowca I-28 wariant B., sprawozdanie wewnętrzne Instytutu Lotnictwa.
- [12] R13003_BU-240/13. Sprawozdanie z próby wytrzymałości mocowania piasty śmigła wiatrakowca I-28 wariant B., sprawozdanie wewnętrzne Instytutu Lotnictwa.

STRUCTURAL STRENGTH INVESTIGATION OF THE AUTOGIRO I-28 CONDUCTED IN THE CATEGORY "SPECIAL" – ASTM RULES CONFORMITY TEST

Abstract

The autogyro I-28, which is implemented through the project funded by the European Commission and registered in the category "Special", has successfully passed basic strength tests under the supervision of the Civil Aviation Authority. This is the first time that the strength tests of an autogyro have been carried out in the Institute of Aviation.

The present paper discusses the main tests of the autogyro as well as the results of such tests which are important for the safety of both the pilot and the flight.

All tests were conducted according to the rules ASTM 2353-09.

The information presented in the paper will allow to shed some light on the tests of the flying objects carried out in the category "Special" as well as show how to obtain permission for flights of new construction of the autogyro.

Keywords: autogyro, conformity tests, safety of flight.