

Dr hab. inż. Cezary SZCZEPAŃSKI  
Profesor Nadzwyczajny Politechniki Wrocławskiej

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała SOBOLEWSKIEGO**

**p.t. „ANALIZA DYNAMIKI I STEROWANIA PLATFORMY  
STABILIZUJĄCEJ URZĄDZENIA OBSERWACYJNO-  
ŚLEDZĄCEGO UMIESZCZONEGO NA POKŁADZIE OBIEKTU  
LATAJĄCEGO”**

Recenzję sporządzono na podstawie pisma MD-510/186/2016 z dnia 14.07.2016 z Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Sobolewskiego pod tytułem „Analiza dynamiki i sterowania platformy stabilizującej urządzenia obserwacyjno-śledzącego umieszczonego na pokładzie obiektu latającego” zawiera osiem rozdziałów, wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń, wykaz literatury oraz załącznik. Przedstawiona została na 180 stronach, zaś wykaz zacytowanej literatury liczy 45 pozycji.

Rozdział 1 „Wprowadzenie”, zawiera określenie celu i zakresu pracy, a także omówienie jej zawartości. Kolejny podrozdział wypełnia przegląd historycznego rozwoju rozwiązań konstrukcyjnych aktywnych i pasywnych układów tłumiących drgania platform do zabudowy sprzętu obserwacyjnego, w postaci selektywnego przeglądu najistotniejszych patentów z tej dziedziny. Przegląd uzupełnia prezentacja wybranych konstrukcji urządzeń oferowanych na rynku. Przegląd ten zakończony jest podsumowaniem zawierającym wytyczne do dalszych badań i projektu układu stabilizacji i tłumienia niepożądanych drgań. Następny podrozdział poświęcony został opisowi warunków pracy pokładowych lotniczych układów obserwacyjnych. Pojawia

się tu pewna niezgodność z terminologią dotyczącą kątów orientacji przestrzennej statku powietrznego oraz jego elementów czy wyposażenia. Kąt nazywany w normach kątem przechylenia statku powietrznego Autor nazywa „kątem nachylenia”, chociaż w pracy nazwa ta odnosi się do kąta symulowanego na stanowisku pomiarowym, a nie bezpośrednio do statku powietrznego. Dla jednoznaczności zrozumienia pracy oraz zgodności z normami dotyczącymi lotu statków powietrznych lepiej było by stosować ogólnie przyjęte nazewnictwo. Takie standardowe nazewnictwo stosuje zresztą Doktorant w dalszej części pracy. W podrozdziale tym pojawia się także rysunek 1-24, cytowany za literaturą amerykańską, ilustrujący widmową gęstość mocy drgań zarejestrowanych na pokładzie różnych statków powietrznych. W tłumaczeniu opisu pojawiły się nazwy trzech różnych, jak określa Autor, typów statków powietrznych: „helikopter, odrzutowiec, śmigłowiec”. W nomenklaturze polskiej pojęcia śmigłowiec i helikopter są synonimami, więc należy wyjaśnić o jakie statki powietrzne tu chodzi. Ponadto pojęcie „odrzutowiec” jest bardzo niedokładne i może dotyczyć samolotów od wysoko manewrowych o niewielkich masach do dużych samolotów liniowych o masach kilkuset ton. Dobrze było by, o ile to możliwe, wyjaśnić jakiej klasy „odrzutowców” dotyczy zaprezentowana charakterystyka. Podrozdział kończą zdjęcia przedstawiające stanowisko laboratoryjne, na którym Doktorant przeprowadził badania. Ostatni podrozdział zawiera opis wymagań, jakie stawiane są lotniczym obserwacyjnym platformom stabilizującym.

Rozdział 2, zatytułowany „Metodologia badań” rozpoczyna podrozdział precyzujący tezę naukową prezentowanej pracy. Cel pracy Autor sformułował w następujący sposób: „Analiza kinematyki i dynamiki innowacyjnego rozwiązania platformy stabilizującej oraz opracowanie algorytmu zapewniającego efektywną stabilizację układu przy zoptymalizowanej konstrukcji”. Tezę sformułował w postaci: „Opracowany model matematyczny oraz algorytm sterowania platformą stabilizującą skraca czas stabilizacji oraz zwiększa efektywność działania urządzenia obserwacyjno-śledzącego pracującego na pokładzie obiektu latającego”. Zakres badań określony w tym rozdziale obejmuje opis konstrukcji platformy stabilizującej, opracowanej przez Autora oraz analizę jej dynamiki i sposobów jej sterowania. Praca ma więc charakter konstrukcyjno-doświadczalny.

Rozdział 3, zatytułowany „Budowa oraz zasada działania platformy stabilizującej UOS”, poświęcony został szeregowi zagadnień związanych z budową platformy badanej w dalszej części pracy. Część początkowa rozdziału przedstawia

założenia projektowe przyjęte dla opracowanej platformy oraz analizę wariantów konstrukcji. Przeprowadzona analiza cech różnych rozwiązań doprowadziła do sformułowania: „montaż „kardanowy” pozwala na osiągnięcie celu przy znacznie prostszej konstrukcji”, który to wariant Autor przyjął w opracowanej platformie. Jest to wniosek jak najbardziej słuszny, co potwierdzają liczne urządzenia tego typu oferowane na rynku światowym

W dalszym ciągu autor omawia szczegółowo budowę zaprojektowanej przez siebie platformy stabilizującej, przedstawiając konstrukcje i cechy poszczególnych jej bloków: zawieszenia zewnętrznego w postaci przegubu kardana o dwu stopniach swobody, osłony układu obserwacyjnego przed czynnikami zewnętrznymi, układu tłumienia drgań składającego się z części aktywnej i biernej (tu na stronie 51 Autor pomyłkowo wymienia jako drugą część tłumiącą układ czynny), zawieszenia wewnętrznego także w postaci przegubu kardana o dwu stopniach swobody oraz platformy, do której mocowany jest układ obserwacyjny. Na stronie 63, gdzie ponownie znajdujemy wykaz podstawowych elementów platformy stabilizowanej znikło z tego wykazu zawieszenie wewnętrzne – zostało scalone w jeden element z układem tłumienia. Należy przypuszczać, że nie jest to zamiar Autora, a jedynie błąd redaktorski.

W rozdziale 4, zgodnie z jego tytułem, Autor przedstawia opracowany przez siebie model fizyczny platformy stabilizującej. Opisuje założenia i uproszczenia przyjęte podczas formułowania tego modelu, a następnie wyznacza masy i momenty bezwładności poszczególnych elementów platformy stabilizowanej. Parametry te wyznaczone są dwoma metodami analitycznie oraz za pomocą narzędzi CAD, w celu weryfikacji uzyskanych wyników. Uzyskany poziom zgodności wyników obliczeń różnymi metodami pozwala przyjąć stwierdzenie poprawności tego modelu.

Rozdział 5 „Opracowanie modelu matematycznego platformy stabilizującej” rozpoczyna autor od omówienia założeń upraszczających, a następnie przechodzi do wyprowadzenia równań ruchu tej platformy. Równania te zostały wstępnie zweryfikowane, po czym Autor przystąpił do linearyzacji modelu matematycznego i zapisaniu go w przestrzeni stanów. Weryfikację zlinearyzowanego modelu przeprowadzono za pomocą pakietu Matlab – SimMechanics, potwierdzając poprawność przeprowadzonego procesu.

Rozdział 6 zatytułowany „Dobór optymalnego sterowania platformy stabilizującej” autor rozpoczyna od opisu metod, za pomocą których planuje sterować

