

mgr inż. Kacper SPADŁO  
Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Wojskowa Akademia Techniczna

## **Streszczenie rozprawy doktorskiej**

pt. „Analiza poślizgu kołowych platform wysokiej mobilności  
z hydrostatycznymi układami napędu jazdy”.

Bezzałogowe Platformy Lądowe z napędem hydrostatycznym są coraz częściej spotykanymi platformami w zastosowaniach zarówno cywilnych jak i militarnych. Szczególną grupą platform są konstrukcje lekkie o niewielkich rozmiarach zwane Lekкими Bezzałogowymi Platformami Lądowymi (LBPL). W LBPL najczęściej spotykanymi układami bieżnymi są układy gąsiennicowe które nie są jednak idealnymi układami bieżnymi. W pracy przedstawiono alternatywę dla układów gąsiennicowych w postaci układów kołowych. Platformy wyposażone w kołowe układy bieżne to Lekkiye Kołowe Bezzałogowe Platformy Lądowe (LKBPL). Wykazano problemy jakie powstają przy takiej zamianie z czego głównym problemem jest zapewnienie maksymalnych momentów napędowych przez każde z kół poprzez kształtowanie poślizgu koło/podłoże.

W pracy przeprowadzono analizę dostępnych układów kontroli poślizgu pojazdów z napędem mechanicznym oraz hydrostatycznym i ich przydatność w LKBPL. Możliwości istniejących układów antypoślizgowych odniesiono do wymagań LKBPL w zakresie wielkości niezgodności kinematycznych podczas pokonywania przeszkód terenowych. Analiza dostępnych materiałów wykazała, że brak jest dostępnych układów antypoślizgowych które mogą pracować w LKBPL ze względu na ich wysokie wymagania odnośnie mobilności - rozumianej jako zdolność do przemieszczania się po terenach o małej przyczepności oraz pokonywania przeszkód terenowych.

W związku z powyższym sformułowano cel pracy: „Zbadanie wpływu układu kontroli poślizgu na mobilność Lekkiye Kołowych Bezzałogowych Platform Lądowych wysokiej mobilności z hydrostatycznym układem napędowym jazdy”.

W pracy przyjęto założenie, że można poprawić mobilność LKBPL poprzez zastosowanie układu antypoślizgowego opartego o układ hamulcowy. W celu sprawdzenia poprawności założenia przeprowadzono wstępne badania symulacyjne. Otrzymane wyniki potwierdziły, że zastosowanie układu hamującego poszczególne koła (układ antypoślizgowy) w znaczącym stopniu zwiększa mobilność LKBPL.

W dalszym etapie pracy przeprowadzono badania symulacyjne pokonywania wytypowanych przeszkód przez LKBPL. Celem badań było określenie poziomu różnic prędkości poszczególnych kół, sprawdzenie poprawności działania modelu układu napędowego oraz weryfikacja poprawności działania modelu koła. W modelu LKBPL zastosowano model koła podatnego, który uwzględniał charakterystykę współczynnika przyczepności w funkcji poślizgu, umożliwiał dynamiczną zmianę promienia koła wynikającą ze zmiany obciążenia oraz umożliwiał odwzorowanie kształtowej współpracy koła z podłożem.

W celu walidacji modelu zbudowano obiekt rzeczywisty. Przeprowadzono szereg symulacji pozwalających wyznaczyć obciążenia poszczególnych elementów modelu LKBPL. W oparciu o wiedzę inżynierską oraz wyniki badań symulacyjnych zaprojektowano a następnie wykonano obiekt rzeczywisty.

Pozwolił on na walidację modelu LKBPL na dwóch typach przeszkód. Przeszkodzie typu murek o względnie małym współczynniku przyczepności ( $\varphi \sim 0,3$ ) oraz przeszkodzie typu krawężnik o względnie dużym współczynniku przyczepności ( $\varphi \sim 0,9$ ). Otrzymane wyniki z badań na obiekcie rzeczywistym pozwoliły dostroić model tak, aby wyniki otrzymane były ze sobą zbieżne w zadowalającym stopniu.

Ostatnimi badaniami zawartymi w przedstawionej pracy były badania układu antypoślizgowego i jego wpływu na mobilność LKBPL. Zwalidowany model LKBPL został rozbudowany o model układu antypoślizgowego w dwóch konfiguracjach. Przeprowadzono badania pokonywania wytypowanych przeszkód przez model w obu konfiguracjach oraz zmiennych parametrach aktywujących układ.

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ układu kontroli poślizgu na mobilność Lekkich Kołowych Bezzałogowych Platform Lądowych z hydrostatycznym układem napędowym jazdy czym z powodzeniem osiągnięto postawiony cel pracy.

Praca potwierdza wysoką skuteczność zastosowania układu antypoślizgowego opartego o układ hamulcowy do kontroli poślizgu w LKBPL z hydrostatycznym układem napędu jazdy.

Na podstawie przyjętych kryteriów oceny opracowanych na potrzeby badań stwierdzono, że wśród przebadanych wariantów układów antypoślizgowego najwyżej ocenianym wariantem jest model w konfiguracji 2, gdzie poślizg minimalny wynosi  $s_1=15\%$ , wartość graniczna poślizgu wynosi  $s_2=60\%$  oraz maksymalny moment hamujący jest równy 20% generowanego wejściowego momentu napędowego – ocena wyższa o około 20% od najniższej oceny.

Jako dalsze kierunki rozwoju wskazane jest zbudowanie rzeczywistego układu antypoślizgowego i przeprowadzenie badań walidacyjnych – do czego został przystosowany zbudowany obiekt rzeczywisty poprzez zastosowanie zmodyfikowanego układu hamulcowego.