

Analiza vzdolžne stabilnosti sklopljenega mehansko-hidravlično-strukturno-fluidnega sistema visokega vertikalnega dvigala za ladje

Yang Zhang – Duanwei Shi – Tong Xiao – Ji Zhou – Xionghao Cheng

Univerza v Wuhanu, Šola za energetiko in strojništvo, Kitajska

Večina visokih vertikalnih dvigal za ladje, ki so danes v uporabi, je opremljenih s hidravličnim podsistemom, ki je namenjen izravnavanju korita dvigala in izenačevanju napetosti v vrveh. Ko se med obratovanjem zažene hidravlični sistem za izravnavanje (dinamično hidravlično izravnavanje), se oblikuje kompleksen sklopljeni mehansko-hidravlično-strukturno-fluidni sistem (MHFS). Raziskovalci trenutno ne razpolagajo z ugotovitvami glede vzdolžne stabilnosti korit za dviganje ladij med obratovanjem, inženirji pa se pri projektiranju kritične razdalje med obešalnimi točkami preveč zanašajo na splošne izkušnje. Zagon sistema za hidravlično izravnavanje je trenutno dovoljen šele po zaustavitvi dvigala (statično hidravlično izravnavanje), kar močno vpliva na učinkovitost obratovanja.

Za razrešitev problema dinamične stabilnosti korita za dviganje ladij pri dinamičnem hidravličnem izravnavanju je predstavljena polanalitična metoda, ki vključuje oceno vzdolžne stabilnosti in izračun kritične razdalje med obešalnimi točkami. Ta metoda predstavlja teoretično osnovo za zasnovo konstrukcije in izbiro režima obratovanja visokega vertikalnega dvigala za ladje.

Modeli podsistema za hidravlično izravnavanje, podsistema pljuskajoče plitke vode, glavnega mehanskega podsistema dvigala in podsistema konstrukcije korita dvigala so bili zgrajeni na osnovi zaprtozračne prenosne funkcije, teorije večmodalnosti in Lagrangeove enačbe druge vrste. Nato je bila po metodi prostora stanj določena matrika stanj 21. reda za sklopljeni sistem MHSF. Za oceno vzdolžne stabilnosti, izračun kritične razdalje med obešalnimi točkami in analizo lastnosti podsistemov sta bili uporabljeni teorija stabilnosti gibanj po Lyapunovu in metoda analize lastnih vrednosti.

Vzdolžna stabilnost visokega vertikalnega dvigala za ladje je bila analizirana po polanalitični metodi z analitično matriko stanj in numeričnimi izračuni v programu Mathematica.

Članek spada v področja dinamike več teles, interakcij med pljuskajočimi fluidi in konstrukcijami ter analize stabilnosti.

Rezultati, ugotovitve: (1) Vzdolžna stabilnost pri dinamičnem hidravličnem izravnavanju se v primerjavi s statičnim hidravličnim izravnavanjem zmanjša za 15 % do 44 %, toda dinamično hidravlično izravnavanje ne povzroča nestabilnosti. (2) Med podsistemi v sklopljenem sistemu MHSF je najverjetnejša nestabilnost podsistema pljuskajoče plitve vode, na katero vpliva razdalja med obešalnimi točkami. (3) Kritična razdalja med obešalnimi točkami pri dvigalu za ladje, ki se projektira za premostitev višinske razlike 200 m, znaša 56,4 m. Konstrukcijski parametri zagotavljajo, da varnostni faktor vzdolžne stabilnosti pri dinamičnem hidravličnem izravnavanju ni manjši od 1,1. Vzdolžna stabilnost občutno raste (maksimum je 26,98 %) s povečevanjem višine dviga (0 m do 200 m). Ob povečanju togosti sinhrono gredi za 30 % se izboljša za približno 6,2 %. S podvojitvijo stopnje dušenja mejne plasti vode pa se vzdolžna stabilnost poveča za približno 20,57 %.

V članku ni bil upoštevan vpliv guganja ladje. Prihodnje raziskave bodo lahko osredotočene na kompleksno odvisnosti sklopitve fluida in trdne snovi oz. na interakcije med koritom za dviganje ladje, ladjo in vodo. Za nadaljnje raziskave vertikalnega dvigala za ladje bi bil dragocen tudi večdisciplinarni fizikalni model za eksperimentalno potrditev, ki bi vključeval mehanske prenose, upravljanje hidravlike in pljuskanje.

Prispevek, novosti, vrednost: (1) Postavljen je bil nov model dinamike sklopljenega mehansko-hidravlično-strukturno-fluidnega sistema visokega vertikalnega dvigala za ladje. (2) Razvita in predstavljena je bila polanalitična metoda za analizo lastnosti vzdolžne stabilnosti. (3) Članek podaja teoretične osnove in tehnično podporo pri projektiranju kritične razdalje med obešalnimi točkami dvigala za ladje. Navaja tudi izhodišča za analizo stabilnosti sklopljenih dinamičnih sistemov več teles.

Ključne besede: dvigalo za ladje, vzdolžna stabilnost, dinamično hidravlično izravnavanje, analiza lastnih vrednosti, metoda prostora stanj, dinamika