

Streszczenie

Praca doktorska związana jest z badaniami naukowymi dotyczącymi teorii trójwymiarowych generatorów i wielokierunkowego pola falowania w basenie falowym. Zawiera ona przegląd wybranych prac opisujących numeryczne baseny falowe oraz związane z nimi eksperymenty dotyczące zbudowanych modeli numerycznych. Głównym celem i wkładem w dotychczasowy stan wiedzy w tej tematyce było opracowanie przez doktorantkę pół-analitycznego nieliniowego modelu numerycznego, który w sposób efektywny opisywałby zjawiska zachodzące podczas generacji i transformacji nieliniowych fal grawitacyjnych w zamkniętym akwenie oraz jego walidację w oparciu o wyniki uzyskane w laboratorium hydraulicznym. Koncepcyjnie model opiera się na rozwiązaniu analitycznym, które spełnia zasadniczą część warunków brzegowych zagadnienia opisanego w zmiennych Eulera. Warunki brzegowe na powierzchni swobodnej i na powierzchni generatora zostają spełnione poprzez odpowiedni dobór parametrów zaproponowanego rozwiązania. Przyjęty sposób rozwiązania zagadnienia brzegowego umożliwia analizę generacji i transformacji fal nieliniowych o dużej stromości oraz towarzyszących im procesów hydrodynamicznych w skończonym obszarze obliczeniowym, symulującym rzeczywisty basen falowy. Efektywny model trójwymiarowy uzyskano przez zastosowanie metody funkcji własnych i FFT. Model numeryczny został poddany doświadczalnej weryfikacji w oparciu o pomiary przeprowadzone przez doktorantkę w kanale falowym IBW PAN. W pomiarach tych zastosowany został nowatorski typ wywoływacza – wywoływacz wahadłowy boczny, który pozwalał na generowanie trójwymiarowego pola falowego. Między obliczonymi i pomierzonymi w badaniach wartościami wzniesień powierzchni swobodnej oraz ich fazami istnieje bardzo dobra zgodność. Dodatkowym atutem pracy jest analiza zjawisk rezonansu zachodzącego w takich obiektach hydrotechnicznych jak baseny falowe. Znaczącym wkładem autorki pracy w dotychczasową wiedzę na temat zjawiska rozkołysu w basenie falowym jest analiza powstawania fali poprzecznej podczas generacji fal regularnych za pomocą generatora segmentowego o różnych funkcjach kształtu. Opracowany model numeryczny może być przydatnym narzędziem do identyfikacji i oceny takich zjawisk jak odbicie fali od ścian basenu, sejsze czy tłumienie falowania w zamkniętych obszarach morskich.

Abstract

The dissertation is based on previous scientific research related to the theory of three-dimensional generators and multidirectional wave field generated in a wave basin. It contains a review of the selected papers describing numerical wave basins and experiments related to them, as well as numerical models created so far. The main goal and contribution to the current state of the art in this field was the semi-analytical non-linear numerical model, created by the author of this PhD dissertation, which effectively describes the phenomena occurring during the generation and transformation of non-linear surface waves in wave basins and its validation based on the results obtained in the hydraulic laboratory. Conceptually, the model is based on the analytical solution that meets the essential part of the boundary conditions of the problem defined by the Eulerian description of fluid. The boundary conditions on the free surface and on the wavemaker surface are met by the appropriate selection of parameters of the proposed solution. The applied solution to the boundary problem enables the analysis of generation and transformation of non-linear waves and accompanying hydrodynamic processes for high wave steepness and a wide range of conditions in the finite calculation area, which characterises a real wave basin, and takes into account the damping of the waves by a wave absorber. An efficient three-dimensional solution is obtained by applying eigenfunction expansions and FFT. The numerical model was subjected to an experimental verification by carried out measurements in the wave flume of the IBW PAN by the author of the dissertation. An innovative type of wavemaker, a side – hinged wavemaker was constructed and applied in the wave flume to generate a three-dimensional wave field. A reasonable agreement is observed between the predicted and measured time series of the free-surface elevations and the amplitudes of the corresponding Fourier series. The results also show that the wave phases predicted by applying the theoretical models are in reasonable agreement with the experimental data. An additional advantage of the work is the analysis of resonance phenomena occurring in wave basins. The primary contribution of the author of the dissertation to the state of art of the process of generating cross-waves in a wave basin is the analysis of these phenomena at the generation of regular waves by adopting a ‘snake’ generator with different imposed shape functions. Identification of such phenomena as the reflection of the wave from the basin walls, sloshing waves or damping of the wave, which the created numerical model allows, is essential for the correct interpretation of research results and phenomena occurring in closed sea areas such as basins or port channels.