

O1

Zagadnienia mechaniki cieczy

Problems of mechanics of liquid

Poniżej przedstawiono wybrane wyniki prac badawczych prowadzonych w Ośrodku Mechaniki Cieczy w 2001 r. Prace te generalnie były kontynuacją prac prowadzonych w Ośrodku w ubiegłych latach. Przewiduje się utrzymanie takiej tematyki w najbliższym okresie, choć sukcesywnie pojawiają się nowe zagadnienia.

O1/Z1/T1 Wybrane zagadnienia eksploatacji i diagnostyki hydraulicznych maszyn wirnikowych

Prace koncentrowały się wokół następujących zadań: weryfikacja metody numerycznego przewidywania przebiegu uderzenia hydraulicznego na podstawie wyników badań na obiekcie rzeczywistym, analiza obecnego stanu wiedzy w zakresie matematycznego opisu ruchu nieustalonego w przewodach zamkniętych ze szczególnym uwzględnieniem niestacjonarnej tarcia, analiza przepływu w rozgałęzieniach rurociągów derywacyjnych elektrowni szczytowo-pompowej w warunkach równoczesnej pracy pompowej i turbinowej maszyn, budowa stanowiska do badania tłumienia uderzenia hydraulicznego za pomocą zbiornika wodno-powietrznego.

Wcześniej opracowany w IMP PAN program komputerowy HYDTRA (HYDraulic TRAnsients), służący do przewidywania przebiegu uderzenia hydraulicznego (zmian ciśnienia i natężenia przepływu cieczy) w układach przepływu

Presented below are the results of research conducted in 2001 at the Centre for Liquid Mechanics. Presented works have generally been continued for some time now. Sustaining of presented scope of works is envisaged in the near future, however, new topics may appear on the agenda.

O1/Z1/T1 Selected problems of exploitation and diagnostics of hydraulic rotating machinery

The research was concentrated on the following problems: verification of numerical methods of estimation of the transient flow course based on the comparison with the real-object measurement, analysis of the state-of-the-art in mathematical modelling of non-stationary motion with particular focus on non-stationary friction, flow analysis in the T-junction of derivation pipelines of pumped-storage power stations during simultaneous pump and turbine operation of machines, construction of a rig for investigations of damping of the transient flow using the water-air tank.

Developed earlier at IFFM PAS computer code HYDTRA (HYDraulic TRAnsients), for forecasting of the transient flow course (pressure and liquid flow rate changes) in fluid-flow systems of hydro rotating machinery, has been verified on the basis of own experimental investigations conducted under real operation conditions at Żarnowiec

wowych wirowych maszyn wodnych, zweryfikowano na podstawie własnych badań doświadczalnych przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych – w Elektrowni Szczytowo-Pompowej Żarnowiec. Porównano wyniki obliczeń z wynikami badań doświadczalnych dla przypadków awaryjnego i normalnego zatrzymywania jednego z hydrozespołów elektrowni szczytowo-pompowej Żarnowiec. Przy wyznaczaniu maksymalnych ciśnień różnice pomiędzy wartościami obliczonymi i pomierzonymi nie przekraczają kilku procent. Rezultat ten oceniono jako dobry, z punktu widzenia praktycznych potrzeb wykorzystania programu. Zweryfikowaną metodę obliczeniową wykorzystano w analizie zmian ciśnienia w rurociągach derywacyjnych ESP Żarnowiec z uwagi na zagrożenia dla ich bezpieczeństwa w warunkach eksploatacji elektrowni przy obniżonym poziomie zwierciadła wody górnej. Potrzeba pracy elektrowni w tych warunkach wynika z rozszerzenia zakresu jej usług systemowych o tzw. usługę black start. Szczególnymi rozważaniami objęto zagadnienie związane z wykluczeniem niebezpieczeństwa pojawiania się chwilowego podciśnienia w rurociągu podczas stanów przejściowych maszyny, grożącego wklęsnięciem powłoki rurociągu.

Dokonano szczegółowego przeglądu literatury zagadnienia modelowania niestacjonarnego tarcia cieczy w przewodach zamkniętych, to jest wyznaczania oporów hydraulicznych podczas nieustalonego ruchu cieczy w przewodach. Wskazano na istniejące obecnie zna-

pumped-storage power station. The results of calculations have been compared against the experimental data of emergency and normal trip of one of the hydroset at Żarnowiec pumped-storage power station. During determination of maximum pressures, the differences between calculated and measured values did not exceed few percent. That result has been regarded as a good one, from the point of view of practical application of the code. A verified calculation method has been used in the analysis of pressure changes in the derivation pipelines of Żarnowiec pumped-storage power station, with respect to the safety issues under operational power station conditions at lowered level of the upper water basin. The necessity for operation of the power station under such conditions stems from the fact that its operational features have been extended for the so called black start service. A special focus was devoted to the problem connected with excluding of the danger of appearance of incidental low pressure in the pipeline during transient states of the machine, with the threat of the concavity of the pipeline shell.

A careful literature survey has been conducted on the problem of non-stationary modelling of liquid friction in the closed circuits, that is the determination of the hydraulic resistance during non-stationary liquid motion in ducts. Indicated have been existing large differences in approaches to mathematical description. Two major directions have been discerned as well as an approach which is a some sort of a

czące różnice w podejściu do jego matematycznego opisu. Wyróżniono dwa główne nurty, a także podejście, które jest swego rodzaju połączeniem tych nurtów. We współpracy z Zakładem Przepływów z Reakcjami Chemicznymi Ośrodka O2 dokonano analizy przepływu wody w rozgałęzieniach rurociągów derywacyjnych elektrowni szczytowo-pompowej w warunkach równoczesnej pracy pompowej i turbinowej maszyn. Potrzeba takiej analizy wynika z obecnie rozpatrywanego zagadnienia zapewnienia szybkiej regulacji mocy w systemie elektroenergetycznym, nie tylko w turbinowym trybie pracy hydraulicznych maszyn odwracalnych, ale również podczas pompowania. Z uwagi na brak bezpośredniej możliwości regulacji mocy maszyn podczas ich pracy pompowej, przewiduje się wykorzystanie układu jednoczesnej pracy kilku maszyn w trybie mieszanym-turbinowym i pompowym. Taki sposób regulacji mocy jest już z powodzeniem stosowany w systemie elektroenergetycznym Niemiec. W celu zastosowania rozpatrywanej regulacji w polskim systemie elektroenergetycznym szczególnego rozpoznania wymagają układy przepływowe maszyn odwracalnych współpracujących ze wspólnymi rurociągami derywacyjnymi. Przepływ w rozgałęzieniach tych rurociągów w mieszanym trybie pracy ma nietypowy i bardzo złożony charakter. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom zawodowej energetyki wodnej w Polsce wykonano numeryczne obliczenia przepływowo-sprawnościowe rurociągów na przykładzie elektrowni

combination between the two.

In co-operation with the Department for Flows with Chemical Reactions of the Centre O2 conducted has been analysis of the water flow in T-junctions of derivation pipelines of the pumped-storage power station during simultaneous pump and turbine operation. The need for such analysis results from the presently considered problem of a fast power adjustments in the electroenergetic system, not only during the turbine operation of the hydraulic reversible machinery, but also during pumping. Due to a lack of direct power regulation possibility of such machinery during their pumping operation, it is envisaged to use a system of a simultaneous operation of several machines in the mixed mode turbine and pumping together. Such way of regulation has already been successfully used in the German electroenergetic system. With the view to implement the considered control in the Polish electroenergetical system, a particular attention must be devoted to the fluid-flow systems of reversible machinery co-operating with the common derivation pipelines. The flow in T-junctions of such pipelines under the mixed mode of operation has a non-typical and very complex character. Trying to face the expectations of the professional water power sector in Poland conducted have been numerical fluid-flow and efficiency calculations of pipelines based on the Porąbka-Żar pumped-storage power stations. The FLUENT (version 5.5) code has been used in calculations,

szczytowo-pompowej Porąbka-Żar. W obliczeniach wykorzystano oprogramowanie FLUENT (wersja 5.5) umożliwiające analizę trójwymiarową (3D) przepływu.

Jednym z podstawowych sposobów przeciwdziałania destrukcyjnym skutkom uderzenia hydraulicznego w układach pompowych jest stosowanie zbiorników wodno-powietrznych. Ważną sprawą w projektowaniu przepływowych układów pompowych z wykorzystaniem takich zbiorników jest właściwy dobór ich całkowitej objętości oraz objętości powietrza utrzymywanej w czasie eksploatacji. Przygotowano stanowisko do badania tłumienia uderzenia hydraulicznego za pomocą zbiornika wodno-powietrznego.

O1/Z1/K1. Oddziaływanie wzajemne struktur spływowych w śladzie z opływającym ciałem

Temat ten realizowany był jako konkursowy. Opracowana metoda obliczeniowa (program obliczeniowy) przeznaczona jest do modelowania dwuwymiarowego przepływu cieczy wokół przeszkód o konturach nieopływowych. Metodę można będzie również stosować dla profili. Głównie chodzi o przewidywanie niestacjonarnych sił hydrodynamicznych indukowanych podczas formowania i odrywania wielkoskalowych struktur wirowych, które w przypadku małej różnicy pomiędzy częstotliwością

which enabled three-dimensional (3D) flow analysis.

One of the fundamental ways of counteracting the destructive impact of the waterhammer in pump systems is implementation of air-water tanks. An important issue in the design of pumping systems with utilisation of such tanks is an adequate selection of their total volume as well as volume of air sustained during operation. A rig for investigations of the waterhammer damping by means of air-water tank has been constructed.

O1/Z1/K1 Interaction between the wake structures and the flow past body in the wake

The topic was realised as a competitive one. Developed calculation method (a numerical code) is devoted to modelling of a two-dimensional liquid flow around obstacles with non-streamlined profiles. The method is also applicable to the flows past the streamlined profiles. Estimation of non-stationary hydrodynamic forces is of primary importance here, as these are induced during formation and separation of large-scale vortex structures, which in the case of a small difference between the frequency of vortex separation and free vibrations frequency may lead to the development of hydroelastic vibrations, and from the practical point of view to the dangerous phenomenon of resonance, causing

zrywania wirów i częstotliwością drgań własnych opływanej przeszkody mogą prowadzić do rozwoju drgań hydrosprężystych, a z praktycznego punktu widzenia – do groźnego zjawiska rezonansu, powodującego liczne uszkodzenia w obiektach technicznych.

Prace nakierowane były głównie na trzy zagadnienia: 1) przewidywanie hydrosprężystych drgań przeszkód indukowanych przez zrywające się wiry wielkoskalowe, 2) modelowanie przestrzennego opływu płata z uwzględnieniem ewolucji śladu wirowego, 3) zastosowanie komercyjnego programu FLUENT w wyżej wymienionych zagadnieniach. Dokonano przeglądu metod panelowych stosowanych do wyznaczania potencjalnego przepływu cieczy. Na tej podstawie, do własnych celów, zaadaptowano metodę panelową. Jej możliwości i właściwości poddano szczegółowej analizie, głównie w zakresie dotyczącym paneli wirowych. Kontynuowano prace nad rozwijaniem metody obliczania nieustalonego przepływu cieczy lepkiej nieściśliwej wokół ciał o konturach niopływowych (program NOFABO).

Przygotowano program przeznaczony do modelowania nieustalonego przepływu cieczy lepkiej nieściśliwej wokół ciał o konturach głównie niopływowych w ośrodku nieograniczonym, przewiduje się jego rozszerzenie na ośrodki ograniczone. Docelowo program składać się będzie z 5 głównych segmentów przeznaczonych do: parametryzacji konturu, obliczania przepływu cieczy, analizy pola prędkości, wyznaczania sił hydrodynamicznych i wizualizacji pola prze-

numerous damages in the technical objects.

The works have primarily been focused on three problems: 1) forecasting of hydroelastic vibrations of obstacles induced by means of separating large-scale vortices, 2) spatial modelling of the flow past the airfoil with account of vortex wake evolution, 3) implementation of a commercial code FLUENT in the above mentioned problems. Conducted has been a survey of the panel methods used in determination of the potential liquid flow. On that basis a panel method has been adapted in own investigations. Its capabilities and properties have been exposed to a careful analysis, mainly in the area of vortex panels. Continued have been works on the development of a method of calculation of non-stationary incompressible liquid flow around bodies with non-streamlined contours (a NOFABO code).

Developed has been a code for modelling the non-stationary incompressible liquid flow around bodies with predominantly non-streamlined contours in the infinite medium. Its extension to the restricted region is envisaged. Finally, the code will consist of 5 major segments for the following purposes: contour parametrisation, calculations of liquid flow, analysis of velocity field, determination of hydrodynamic forces and velocity field visualisation. The major segment of that code is a procedure realising the flow calculations. The basis of the algorithm is a combination of the boundary element

plywu. Zasadniczym segmentem tego programu jest program realizujący obliczenia przepływu. Podstawą algorytmu jest połączenie metod elementów brzegowych i dyskretnych wirów, co składa się na bezsiatkową technikę modelowania przepływu cieczy wokół ciał oraz interakcji pomiędzy rozwijającym się śladem. Aktualnie program jest w trakcie testowania. Kody źródłowe segmentów programu obliczeniowego zapisano języku FORTRAN 90 i FORTRAN 77.

Dla fenomenologicznego modelu przepływu za pomocą opracowywanego programu wykonano obliczenia pola prędkości niestacjonarnego opływu walca kołowego w zakresie dużych podkrytycznych liczb Reynoldsa. W fenomenologicznym modelu przepływu założono rozdzielenie pola przepływu wokół przeszkody na obszar wewnętrzny lepki oraz obszar zewnętrzny nielepki oraz wykorzystano integralne właściwości warstw przyściennych w celu określenia całkowitej wirowości spływającej do śladu w punktach oderwania warstw przyściennych. Przewiduje się porównanie wyników obliczeń pola prędkości z rezultatami doświadczalnymi uzyskanymi techniką PIV. Przygotowano wizualizacyjne stanowisko badawcze, umożliwiające optyczne badania powstających struktur pola prędkości za przeszkodami cylindrycznymi, o konturach nieopływowych o różnych przekrojach poprzecznych. Dla pierwszej serii badań przygotowano elementy o kształcie kołowym, kwadratowym i prostokątnym. Umie-

and discrete vortex methods, which consist in a non-grid technique for modelling of liquid flow around bodies and interaction between the developing wake. The code is in the testing stage at the present moment. The source codes of the calculation segments are written in FORTRAN 90 and FORTRAN 77.

Conducted have been calculations, by means of developed earlier code, of the non-stationary velocity field of a circular cylinder in the range of large subcritical Reynolds numbers using the phenomenological model of the flow. In the phenomenological model of the flow assumed has been a separation of the flow field around the obstacle into the internal viscous region and the external inviscid region, as well as utilised have been integral properties of boundary layers in order to determine the total vorticity flowing into the wake in the separation points of boundary layers. A comparison between the results of velocity field and the experimental results obtained with the PIV method will be made. A stand for the flow visualisation has been made, which enables optical investigations of formed velocity field structures beyond the cylindrical obstacles with non-streamlined contours and various cross-sections. In the case of a first series of investigations prepared have been elements with the circular, square and rectangular cross-section. These elements are subsequently placed in the tunnel, built of transparent walls, enabling taking photographs of the inside.

Developed have been guidelines for

szczane są one w tunelu zbudowanym z przezroczystych ścianek, umożliwiając fotografowanie jego wnętrza.

Opracowano wytyczne technicznej oceny drgań elementów w strumieniu cieczy wymuszanych przez zrywające się wiry, na podstawie przeglądu empirycznie ustalonych zależności liczby Strouhala od liczby Reynoldsa dla różnej geometrii elementów konstrukcyjnych.

O1/Z2/T1. Projektowanie i analiza własności hydraulicznych turbin wodnych i pomp oraz rozwój metod oceny i ograniczania szkodliwego oddziaływania kawitacji na materiały konstrukcyjne

Podjęto przygotowania do wprowadzenia do praktyki badawczej i projektowania obliczeń przepływów trójwymiarowych, nie rezygnując jednak ze sprawdzonych narzędzi w postaci programów komputerowych do obliczeń jedno- i dwuwymiarowych. Te ostatnie wykorzystywane są zwłaszcza do szybkiego uzyskiwania wyników przy wstępnym projektowaniu maszyn hydraulicznych oraz ekspertyzach. Kontynuowane są systematyczne badania nad kawitacją w jej różnych aspektach (przyczyny i sposoby powstawania, metody prognozowania i opisu) oraz jej oddziaływaniem na materiały konstrukcyjne.

a technical assessment of the element vibration in the liquid stream induced by the separating vortices on the basis of a survey of empirically established relations between the Strouhal number and the Reynolds number for different geometry of the structural elements.

O1/Z2/T1 Design and analysis of hydraulic properties of water turbines and pumps with the development of methods of assessment and reduction of undesired effect of cavitation on construction materials

Commenced have been preparations for introduction into the research practice and design of three-dimensional flow calculations, however, without leaving out of tested tools in the form of computer codes for one and two-dimensional calculations. The latter are used in obtaining quick results in the preliminary design of hydraulic machinery and expertises. Continued are systematic investigations on cavitation with its different aspects (causes and ways of formation, prognostic methods and description) and its interactions with construction materials.

In the area of the flow analysis through rotating hydraulic machinery the activities were connected with adaptation of three-dimensional calculation

W zakresie analizy przepływu przez wirnikowe maszyny hydrauliczne prace związane były z adaptacją trójwymiarowych modeli obliczeniowych, opartych na metodzie powierzchni nośnej (siatka wirów związanych na powierzchni średniej płata) do analizy hydrodynamicznej pomp śmigłowych w sposób uwzględniający specyfikę układu przepływowego tych maszyn.

Analiza hydrodynamiczna pompy w obu etapach zostanie wykonana w oparciu o model trójwymiarowy uwzględniający zjawiska wynikające z przyjętego przestrzennego charakteru przepływu. Do chwili obecnej powstał prawie kompletny generator siatek wirowych GEO-MESH oraz moduł obliczeniowy dla przepływu stacjonarnego przez wirnik pompowy (nie uwzględniający niestacjonarnego wpływu łopatek prostujących).

W zadaniu dotyczącym małej energetyki wodnej w 2001 r. prace obejmowały analizę doświadczeń z eksploatacji turbin dotychczas zainstalowanych oraz wnioski dotyczące właściwego ich posadowienia, a także konsultacje (w szczególności liczne konsultacje korespondencyjne) oraz promocję własnych rozwiązań konstrukcyjnych wśród potencjalnych użytkowników MEW.

W zadaniu dotyczącym badań kavitacji i erozji kawitacyjnej prace prowadzone w roku 2001 koncentrowały się wokół następujących 3 grup zagadnień: a) badania odporności kawitacyjnej struktur materiałowych oraz podwyższanie odporności kawitacyjnej warstw wierzchnich (struktury materia-

models based on the methods of the lift surface (the mesh of connected vortices on the mean airfoil surface) for the hydrodynamical analysis of propeller pumps in the way accounting for the specific features of the fluid-flow of these machines.

Hydrodynamical analysis of the pump in both stages will be conducted based on the three-dimensional model accounting for the phenomena resulting from assumed spatial character of the flow. Up till now there was developed an almost complete generator of vortex mesh GEO-MESH as well as the calculation module for a stationary flow through the pump rotor (not accounting for non-stationary influence of the wicket blades).

In the scope of problems regarding the issues of small hydro power in 2001 the works encompassed the analysis of experiences from the exploitation of turbines installed to date as well as conclusions regarding their appropriate foundation, consultancies (in particular numerous mail correspondence) and promotion of the group's own designs amongst the potential users of small hydro power.

In the topic regarding the investigations of cavitation and cavitation erosion, the works conducted in 2001 were concentrated on the following 3 groups of topics: a) investigations of cavitation resistance of material structures with the increase of cavitation resistance of surface layers (material structures with modified composition and enhanced mechanical properties, new me-

łowe o zmodyfikowanym składzie i o ulepszonych właściwościach mechanicznych, nowe metody wytwarzania odpornych na erozję kawitacyjną warstw powierzchniowych w stalach chromowych i niklowych, rozkłady uszkodzeń powierzchni stali pod wpływem obciążeń kawitacyjnych, wpływ naprężeń wewnętrznych w stalach na intensywność niszczenia kawitacyjnego), b) badania wpływu kawitacji na własności warstwy wierzchniej materiału w okresie inkubacji (w tunelu z szczelinowym wzbudnikiem kawitacji, na próbkach wykonanych z żelaza Armco, przy różnym obciążeniu kawitacyjnym), c) badania rozpoznawcze nad diagnostyką kawitacji metodą emisji akustycznej. Uzyskano szereg interesujących wyników dotyczących znaczenia rodzaju materiału podłoża przy konstytuowaniu się poziomu odporności kawitacyjnej materiału w ramach danego procesu obróbki powierzchniowej, wpływu zdolności akumulacji energii przekazywanej poprzez uderzenia kawitacyjne na odporność kawitacyjną stali, charakteru procesu niszczenia obszarów przetapianych wiązką laserową i nieobrabianych, wpływu obróbki laserowej stali austenitycznej 1H18N9T na jej odporność kawitacyjną, metodyki oceny względnej odporności kawitacyjnej materiałów w okresie inkubacji.

Przeprowadzono badania rozpoznawcze nad skutecznością emisji akustycznej jako narzędzia do diagnostyki zjawiska kawitacji. Badania prowadzono na stanowisku z pompą

thods of manufacturing of surface layers resistant to the cavitation erosion in chromium and nickel steels, distributions of the steel surface damages resulting from cavitation load, influence of internal stresses on intensity of cavitation erosion for steel), b) investigations of the influence of cavitation on the properties of the material surface layer during incubation period (in the tunnel with a slot cavitation inducer, of the samples made of Armco iron at different cavitation load influence of internal stresses on intensity of cavitation erosion for steel), c) preliminary investigations on the diagnostics of cavitation by means of acoustic emission method. Obtained have been several interesting results regarding the importance of the base material during constitution of the level of material cavitation resistance during a specified process of surface treatment, the influence of the energy accumulation capability, transferred by the cavitation strike, on the steel cavitation resistance, the character of the damage process of the regions melted down by the laser beam and non processed, influence of the laser processing of the austenitic steel 1H18N9T on its cavitation resistance, methodology of relative assessment of material cavitation resistance during incubation period.

Conducted have been preliminary investigations on the effectiveness of acoustic emission as a tool for diagnostics of the cavitation phenomenon. Investigations have been conducted on the rig with a centrifugal pump 65PJM

odśrodkową 65PJM 160 produkcji Leszczyńskiej Fabryki Pomp. Na przewodzie ssawnym umieszczono zawór grzybkowy służący do regulacji wysokości ssania. Posługując się tym zaworem oraz zaworem umieszczonym na przewodzie tłocznym regulowano również wysokość podnoszenia i wydajność pompy. Stwierdzono, że przy pomiarze emisji akustycznej szczególną uwagę zwrócić należy na izolację od źródeł emisji poza badanym obiektem. Podczas prowadzonych badań dodatkowym źródłem emisji był zawór na tłoczeniu, którym utrzymywano odpowiednią wysokość ssania przy szeroko otwartym zaworze na ssaniu. Określono m.in. przebiegi krzywych wysokości podnoszenia i wartości skutecznej emisji akustycznej w funkcji antykawitacyjnej nadwyżki wysokości ssania (przy stałej wydajności).

160 made by Leszno Pump Factory. On the suction socket there was placed a poppet valve for regulation of the suction height. Using that valve as well as the valve located on the pumping socket controlled has been the pumping head and the pump yield. It has been concluded that during the measurements of acoustic emissions a particular attention must be devoted to the isolation from the emission sources outside the object. During conducted investigations an additional source of emission was the valve located on the pumping socket, which served for sustaining of adequate suction height at fully opened suction valve. Determined have been, amongst the others, the distributions of the pumping head and values of effective acoustic emission in function of anticavitation surplus of suction (at constant yield).

O1/Z2/T2. Badanie i modelowanie wymiany ciepła w upakowanych złożach

O1/Z2/T2 Investigations and modelling of heat transfer in packed beds

Prace wykonane w 2001 r. były przede wszystkim nakierowane na rozpoznanie i opisanie zjawiska występowania efektu pułapki cieplnej w złożach, modelowanie kształtowania się rozkładu temperatury w nagrzewanej radiacyjnie warstwie cieczy ograniczonej od dołu, rozwijanie i udoskonalanie programów obliczeniowych.

The works conducted in 2001 were primarily focused on discerning and describing phenomena of the presence of the thermal trap effect in the bed, modelling of formation of temperature distribution in a liquid layer heated by radiation, constrained from the bottom, development and extension of calculation codes.

Przeprowadzono pomiary rozkładów temperatury na grubości warstw złożów w funkcji czasu, dla dwóch rodza-

Conducted have been measurements of temperature distributions on the bed layer thickness in function of

jów materiału ziaren – szkła i bazaltu. Pierwszy z tych materiałów charakteryzuje się występowaniem transportu promieniowania przez luki między ziarnami oraz także przez materiał ziaren, podczas gdy dla ziaren bazaltowych transport promieniowania zachodzi wyłącznie przez luki między ziarnami. Wykorzystując programy obliczeniowe opracowywane do modelowania kondukcyjno-radiacyjnego transportu energii w złożach, jedną z wersji programu do wyznaczania nieustalonej wymiany ciepła przystosowano do modelowania efektu pułapki cieplnej. Przeprowadzono obliczenia rozkładów temperatury na grubości warstwy złoża w funkcji czasu, wykorzystując wartości efektywnych własności materiałowych wyznaczone z uprzednio opracowanych modeli. Uzyskano dobrą zgodność między wynikami pomiarów i obliczeń.

Dokonano wstępnej analizy zjawisk występujących podczas badania wymiany ciepła w upakowanych złożach metodą pojedynczego przejścia (single-blow). Analiza ta wskazuje na występowanie dużego udziału wymiany radiacyjnej, która z reguły nie jest uwzględniana w interpretacji rezultatów eksperymentów.

Przeprowadzono – z pozytywnym wynikiem – próby modelowania rozkładu temperatury kształtującego się w warstwie cieczy ogrzewanej radiacyjnie od góry, a od dołu ograniczonej powierzchnią stałą absorbującą docierające promieniowanie. Powierzchnia ograniczająca warstwę cieczy jest od dołu zaizolowana, i cała energia pochłonię-

time, for two kinds of material beads glass and basalt. The first of these materials is characterised by the existence of radiation transport through the clearances between the beads as well as through material of the beads, whereas in the case of basalt beads the radiation transport takes place only by the clearances between the beads. Using the calculation codes developed for conduction-radiation transport modelling in beds, one of the versions of the code modelling the non-stationary heat transfer has been adapted to model the thermal trap effect. Conducted have been calculations of temperature distributions within the thickness of the bed in function of time, using the values of effective material properties determined from developed earlier models. A good consistency between measurements and calculations has been obtained.

Conducted has been a preliminary analysis of the phenomena taking place during investigations of heat transfer in packed beds by means of the single-blow method. That kind of analysis indicates the existence of a large share of radiation exchange, which usually is not accounted for in interpretation of experimental results.

Conducted have been, with a positive effect, attempts to model temperature distributions formed in the liquid layer, which was radiatively heated from the top and constrained from the bottom by a solid surface absorbing the radiation. The surface constraining the liquid layer is isolated from the bottom

tęgo promieniowania jest przekazywana jako ciepło do cieczy powierzchnia ograniczająca warstwę cieczy od dołu jest więc grzejnikiem o mocy wynikającej z ilości docierającego do niej (przez ciecz) promieniowania.

O1/Z3/T1. Numeryczne modelowanie i badanie trójwymiarowych przepływów cieczy w zastosowaniach okrętowych i w maszynach hydraulicznych

W 2001 r. badania były prowadzone w 5-ciu zadaniach badawczych: 1) badanie zjawisk związanych z opływem wierzchołków płatów, 2) badania zjawisk związanych z opływem ciał dowolnego kształtu, 3) określanie pola prędkości w części rufowej statku, 4) metodyka i technika badań eksperymentalnych w tunelu kawitacyjnym, 5) prace nad układami śrub tandem współbieżnych. Zadania 3) i 5) to zadania nowe.

W 2001 r. prace w zadaniu 1) koncentrowały się nad uzyskaniem stabilnego rozwiązania układu równań wyznaczających wirowość kompensującą i wtórną na wierzchołku płata oraz na porównaniu wyników obliczeń numerycznych pomiędzy trzema metodami analitycznymi określania charakterystyk hydrodynamicznych skrzydła na tle wyników badań doświadczalnych (metoda oparta na modelu wirowej powierzchni nośnej, metoda oparta na modelu powierzchniowego rozkładu osob-

so that the entire energy of absorbed radiation is transferred in the form of heat to the liquid, hence the surface constraining the liquid layer from the bottom is a heater with power resulting from the amount of incipient radiation (through the liquid).

O1/Z3/T1 Numerical modelling and investigations of three-dimensional liquid flows in marine and hydraulic machinery applications

In 2001 investigations have been conducted in the frame of 5 research topics: 1) investigations of the phenomena linked with the flows around the tips of airfoils, 2) investigations of the phenomena connected with the flows around bodies with arbitrary shapes, 3) determination of velocity field in the stern region of the ship, 4) methodology and technique of experimental investigations in the cavitation tunnel, 5) works on the tandem co-rotating screw propeller. The topics 3) and 5) are new ones.

In 2001 works in the frame of topic 1) were concentrated on obtaining a stable solution of a system of equations determining the compensating and secondary vorticity on the tip of airfoil and comparison of the results of numerical calculations between three analytical methods of determination of hydrodynamical characteristics of the airfoil

liwości, metoda oparta na równaniu RANS (program komercyjny FLUENT)). Porównanie wyników obliczeń siły nośnej z wynikami badań eksperymentalnych wykazało, że najlepszą zgodność wyników uzyskano metodą opartą na wirowej powierzchni nośnej.

W zadaniu 2) kontynuowano prace nad budową programu do symulacji dynamiki pojazdu podwodnego o znanych charakterystykach hydrodynamicznych połączonego kablem sterująco-zasilającym ze statkiem nawodnym. Powstał program do obliczania ruchu kabla w dowolnym polu prędkości, którego jeden koniec jest zaczepiony do statku nawodnego, a drugi do pojazdu głębinowego oraz procedury do wyznaczania pola operacyjnego pojazdu podwodnego na uwięzi. Trwają prace nad procedurami optymalizującymi czas dojścia pojazdu do wybranego obiektu. Wieloletnie badania w tym temacie powinny zakończyć się w najbliższym czasie rozprawą habilitacyjną.

W zadaniu 3) wstępnie rozeznano zagadnienie numerycznego zamodelowania przepływu w części rufowej statku, już poza kadłubem (w miejscu pracy śruby napędowej). Wykorzystane zostaną w tym zadaniu m.in. elementy pracy doktorskiej (K. Grabowskiej) oraz wyniki prac prowadzonych w dwóch projektach badawczych KBN. Zainteresowanie w przemyśle okrętowym wynikami prac prowadzonych w tym zadaniu jest bardzo duże.

W zadaniu 4) opracowano koncepcje, projekt i wykonano niektóre elementy nowej sondy do pomiaru wirow-

on the basis of experimental investigations (a method based on a model of vorticity surface, method based on surface distribution of singularities, method based on the RANS equation (commercial code FLUENT)). Comparison of results of the lift force with results of experimental investigations proved, that the best consistency of results have been obtained using the method based on a vorticity surface.

In the problem 2) continued have been activities on the development of a code for simulation of a submarine vehicle dynamics with known hydrodynamical characteristics, connected by a supply-control cable with the surface ship. A code has been developed for calculation of a cable motion in the arbitrary velocity field, where one end is connected with the surface ship and the second end with the submarine vehicle together with procedures for determination of the operational range of the constrained submarine vehicle. The works are continued on the optimisation procedures of the timescale of vehicle reaching a specified object. Several years of works in that area should be concluded in a near future in the form of habilitational dissertation (DSc).

In the problem 3) preliminarily have been investigated the problem of numerical modelling of the flow in the stern region of a ship, just beyond the hull (in the location of the propeller operation). In that topic utilised will be the elements of the doctoral dissertation by Ms K. Grabowska as well as results of works performed in the frame of two

wości wokół skrzydła w tunelu kawitacyjnym IMP PAN. Nowa konstrukcja mikro-młynka została oparta na nierdzewnej folii stalowej (grubości 0.07 mm) oraz mikro rurkach o średnicy 1mm. Nowa sonda typu wspornikowego z nowym mikro-młynkiem i nowymi elektrodami przeszła pomyślnie próby laboratoryjne.

Obserwuje się zainteresowanie przemysłu okrętowego pędnikami przetwarzającymi duże moce (powyżej 50 tys. KW). Przy tak dużej mocy przetwarzanej przez pędnik, dominującym kryterium wyboru pędnika przestaje być jego sprawność, a staje się wielkość pulsacji ciśnień indukowanych na kadłubie oraz wielkość sił i momentów łożyskowych. Jak wykazała przeprowadzona w zadaniu 5) analiza porównawcza, do przeniesienia wielkich mocy najlepiej nadają się układy śrub tandem współbieżnych.

SCSR research grants. The interest in the results of conducted works amongst the marine industry is significant.

In the problem 4) developed have been concepts, a design and manufactured some elements of a new probe for measurements of vorticity around the wing in the IFFM PAS cavitation tunnel. A new construction of a micro-mill has been based on a stainless steel foil (of 0.07mm thickness) and micro-tubes of 1mm diameter. A new probe of a cantilever type with a new micro-mill and new electrodes pass successfully the laboratory tests.

Observed is a significant interest of the marine industry with the propellers converting large powers (over 50000kW). At such large power converted by the propeller a dominant criterion for the selection of a propeller is not its efficiency, but the extent of pressure pulsations induced on the hull and the extent of forces and bearing torques. According to the comparative analysis conducted in the frame of the topic 5) the best effects in the area of transferring large powers can be obtained with the tandem co-rotating screw propeller.