

O1

Zagadnienia mechaniki cieczy

Problems of mechanics of liquid

Poniżej przedstawiono krótkie omówienie głównych wyników prac prowadzonych w Ośrodku Mechaniki Cieczy w 2004 r. w ramach tematów badawczych objętych planem działalności statutowej. Tematy podzielone są na kolejne zadania, uzupełniające się przy tym wszędzie tam gdzie jest to możliwe. Nawiązywana jest w razie potrzeby współpraca z Zakładami z pozostałych Ośrodków.

Poza realizacją tematów planowych prowadzono, jak co roku, prace związane z aktualnie wykonywanymi projektami badawczymi oraz z pozyskanymi zleceniami zewnętrznymi, także mieszczącymi się w zakresie działalności statutowej. Ważniejsze wyniki tych prac również zostały krótko opisane.

Utrzymana została tendencja formułowania zadań odrębnych dla każdego pracownika, w celu umożliwienia wyodrębnienia i indywidualnej oceny dorobku i osiągnięć pracowników naukowych.

Rok 2004 przyniósł pierwsze owoce konsekwentnej polityki kadrowej polegającej na podnoszeniu kwalifikacji pracowników i zatrudnianiu młodych absolwentów studiów technicznych.

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

Prace planowe w temacie O1/Z1/T1 w 2004 roku, jak w poprzednich latach, dotyczyły wybranych zagadnień eksploatacji i diagnostyki hydraulicznych maszyn wirnikowych (pomp wirowych,

Presented below is a brief discussion of selected results of works carried out at the Centre for Liquid Mechanics at IFFM PAS in 2004 in the frame of statute activity. The topics of activities are divided into specific problems, which are complementary in all areas where possible. Cooperation with other Divisions from other Centres has been established if necessary.

Apart from realization of scheduled topics, as usually every year, conducted have been activities related to research projects and acquisition of external contracts, which also were cast into the frame of statute activities. Most important results of these activities have been briefly described, too.

A tendency to formulate separate scope of work for each staff member has been sustained, which enables separation and individual appraisal of achievements by each researcher.

In 2004 there appeared first fruits of a consequent policy regarding staff management based on increasing of staff qualifications and employing young graduates of technical studies.

O1/Z1/T1 Selected problems of operation and diagnostics of hydraulic rotary machinery

The planned activities within the topic O1/Z1/T1 in 2004, similarly as in previous years, regarded selected problems of operation and diagnostics of hydraulic rotating machinery (rotary pumps, water turbines and pump-turbines) as well as auxiliary equipment. A parti-

turbin wodnych i pompoturbin) oraz współpracujących z nimi urządzeń. Szczególną uwagę skupiono na zjawiskach niestacjonarnych i procesach przejściowych (nieustalonych) występujących w układach przepływowych tych maszyn. Realizowano dwa zadania, stanowiące kontynuację prac prowadzonych w latach poprzednich.

Celem pierwszego zadania było opracowanie *metody obliczania przebiegu uderzenia hydraulicznego z kawitacyjną utratą ciągłości przepływu cieczy*, i cel ten został osiągnięty. Opracowana metoda zasadza się na zastąpieniu modelu przepływu z kawitacją w wielu przekrojach obliczeniowych przewodu, modelem z kawitacją w jednym przekroju. Przy wykorzystaniu opracowanej metody obliczeniowej uzyskano bardzo dobre odtworzenie zmierzonych przebiegów ciśnienia w charakterystycznych przekrojach kanału (za zaworem odcinającym oraz w środku długości przewodu).

W ramach tego zadania znacznie zaawansowana została rozprawa habilitacyjna.

Celem drugiego zadania była kontynuacja *numerycznego badania oddziaływania wzajemnego struktur spływowych w śladzie z opływającym obiektem (profile, ciała nieopływowe)*. W 2004 r. kontynuowano prace nad rozwojem zaawansowanych programów komputerowych przeznaczonych do symulacji i analizy nieustalonego, wirowego przepływu cieczy lepkiej, nieściśliwej wokół ciał nieopływowych z ostrymi krawędziami, dla przypadku średnich i du-

cular attention has been focused on non-stationary phenomena and transitional processes taking place in flow systems of such machinery. Two topics have been considered, which formed a continuation of activities from previous years.

The objective of the first topic was a development of a method for calculation of water hammer effect with account of a cavitation loss in continuity of liquid flow. That objective has been accomplished. The developed method is based on a replacement of the flow model inclusive of cavitation with calculations required in several cross-sections with a model considering cavitation in one cross-section only. Very good consistency has been obtained in application of the calculation method to measured pressure distributions in characteristic channel cross-sections (beyond the cut-off valve and in the middle of the pipe).

In the frame of the above mentioned topic advanced has been a habilitation dissertation.

The objective of the second topic was a continuation of a numerical investigation into interaction between wake structures and flown by object (profiles, non-flown by objects). In 2004 continued have been activities related to the development of advanced computer codes for simulation and analysis of non-stationary, swirling flow of viscous and non-compressible liquid around non-flown past bodies with sharp edges, in the case of medium and large Reynolds numbers. A foundation for the applied algorithm is a calculation

żych liczb Reynoldsa. Podstawą zastosowanego algorytmu jest model obliczeniowy adaptujący metodę dyskretnych wirów w połączeniu z metodami elementów brzegowych i prędkości dyfuzji przy możliwie jak najmniejszej liczbie parametrów numerycznych przyjętych *ad hoc*. W celu dokładniejszego modelowania pola przepływu w pobliżu ciała, w obszarze tzw. numerycznej warstwy przyściennej, planowane jest zastosowanie elementarnych warstw wirowych. Z tego powodu stosowany model obliczeniowy jest rozbudowywany przez implementację metody warstw wirowych, która bazuje na równaniach laminarnej warstwy przyściennej. Z kolei dla polepszenia reprezentacji obecności ciała stałego w przepływie, zmodyfikowano dotychczasowy model w ten sposób, że kontur ciała aproksymowany jest przez prostoliniowe panele z ciągłym rozkładem osobliwości wirowych.

Przeprowadzono modelowanie oddziaływania pomiędzy dwoma wirami o równym natężeniu i o jednakowych rozmiarach, a następnie pomiędzy dwoma wirami o równym natężeniu i o skrajnie różnych rozmiarach.

Podjęto prace nad poprawą efektywności kodów obliczeniowych, oraz ich dalszą paralelizacją. Zrównoleglenia kodów źródłowych wymagają obliczenia na klastrze obliczeniowym Holk w TASK, które umożliwiają m.in. wzrost dokładności obliczeń przez zwiększenie ilości wirowych elementów obliczeniowych i zmniejszenie długości kroku czasowego, a także wydłużenie czasu ewolucji symulowanego zjawiska przepły-

model which adapts a method of discrete vortices in combination with boundary element method and diffusion velocity method at possibly lowest number of parameters assumed in advance. For the sake of more accurate modeling of the flow field in the vicinity of a body, in the region of so called numerical boundary layer, elementary vortex layers, based on equations of laminar boundary layer, are considered to be applied. On the other hand, with the view to enhance representation of a solid body in the flow, the hitherto used model has been modified to incorporate a body contour approximation by straight line panels with a continuous distribution of vortex singularities.

Conducted has been modeling of interaction between two eddies with equal intensity and same dimensions, and next between two vortices with equal intensity and extremely different dimensions.

The works started on the increase of effectiveness of calculation codes as well as their further parallelisation. Parallelisation of source codes requires computations using the calculation cluster Holk located at TASK, which enables, amongst the others, increase of the accuracy of calculations through increase of a number of vortex calculation elements as well as reduction of the time step length and also increase of the evolution time of simulated flow problem.

A perspective objective of the topic is the development of effective way of analysis of foreseeing interactions between a non-stationary swirled liquid

wowego.

Perspektywicznym celem zadania jest opracowanie efektywnego sposobu analizy i przewidywania wzajemnych oddziaływań pomiędzy nieustalonym wirowym przepływem cieczy a nieopływowym elementem stałym, z uwzględnieniem jego drgań hydrosprężystych, indukowanych przez wiry.

Rezonans pojawiający się w przypadku małej różnicy pomiędzy częstotliwością obciążeń, związanych z powstawaniem wirów, a naturalną częstotliwością drgań opływanej przeszkody, może doprowadzić do zjawiska *lock-in* i rozwoju drgań (hydrosprężystych) o dużej amplitudzie. Drgania te niekorzystnie wpływają na eksploatowane urządzenia i obiekty techniczne, zwiększając potencjalne zagrożenie uszkodzeniami związanymi ze zmęczeniem materiału.

Celem praktycznym omawianego zadania jest przygotowanie metodyki przeciwdziałania opisanym sytuacjom, grożącym awariami układów przepływowych.

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

W temacie tym wykonywano prace w ramach 4 zadań.

1. Energetyka wodna

W wyniku dokonanego przeglądu

flow and a non-flown by solid element with account of its hydroelastic vibrations, induced by the eddies.

The resonance appearing in the case of a small difference between the load frequency, related to formation of vortices, and natural frequency of vibrations of a flown by body, can lead to the so called “lock-in” phenomenon and the development of vibrations of hydroelastic origin with a large amplitude. Such vibrations have a negative influence on operated equipment and technical objects, and contribute to the increase of potential threat of equipment damage related to material fatigue.

The practical objective of discussed topic is development of methodology of counter-reacting described situations, which threaten breakdowns of flow systems.

O1/Z2/T1 Design and analysis of hydraulic properties of water turbines and pumps, and development of methods of assessment and reduction of a damaging influence of cavitation on construction materials

The activities within the topic were conducted in the scope of 4 problems.

1. Hydropower

As a result of conducted survey the following has been concluded:

- *Polish hydro power stations exploit about 19% of technical potential and about 25% of economical potential of the gross*

stwierdzono, co następuje:

- Polskie elektrownie wodne wykorzystują 19 % technicznego i około 25 % ekonomicznego potencjału hydroenergetycznego kraju. Większość inwestycji dotyczy modernizacji istniejących obiektów oraz budowy małych elektrowni wodnych (< 5 MW), zwykle wykorzystujących istniejące piętrzenia.
- Wznowienie programu rozwoju energetyki wodnej w Polsce mogłoby przynieść ważne korzyści społeczno-gospodarcze – dzięki zaangażowaniu krajowych firm (w odróżnieniu od energetyki wiatrowej) wpływałyby one pozytywnie na rynek pracy i stymulowałyby rozwój koniunktury.

Nadto w zadaniu tym opracowano wytyczne dotyczące szacunkowego wyznaczania parametrów energetycznych turbin Francisca na podstawie wymiarów charakterystycznych wirnika (ważne dla właścicieli obiektów MEW próbujących wykorzystać pozyskane urządzenia).

W rezultacie prowadzonych prac sformułowane zostały następujące wnioski:

1. Prawie wszystkie obecnie rozwijane w kraju technologie pozyskiwania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych wymagają ingerencji w środowisko naturalne człowieka. Nie jest też możliwe przywrócenie przyrodzie postaci

hydro potential of the country. Majority of investments relates to modernisation of existing objects and construction of small hydropower, having capacity not exceeding 5MW, usually utilising existing damming up of water.

- *Revitalisation of a programme for the development of hydropower in Poland would contribute important social and economic benefits thanks to attraction of domestic companies (contrary to wind power) and would positively influence the labour market and stimulation of market conditions development.*

Additionally, within the topic, developed have been guidelines for estimative determination of energetic parameters of Francis turbines basing on the characteristic dimensions of the rotor (important to the owners of small hydropower who strive to utilize acquired equipment).

In effect of conducted activities formulated have been the following conclusions:

1. *Almost all presently developed technologies in the country regarding acquisition of electricity from renewable resources require intrusion into the natural human environment. Bringing back the form of pre-industrial circumstances is also impossible. Therefore the priority in the development of technologies of energy acquisition*

z epoki preindustrialnej. Dlatego priorytetem w rozwoju technologii pozyskiwania energii powinien być nie tyle brak jakichkolwiek zmian w ekosystemie, ile uzyskanie trwałej, korzystnej dla tego ekosystemu równowagi. W przypadku energetyki wodnej można osiągnąć ten cel korzystając ze współczesnych metod inżynierii środowiska i łącząc inwestycje hydroenergetyczne z inwestycjami o charakterze ekologicznym.

2. Energetyka korzystająca ze źródeł odnawialnych może wnieść istotny, pozytywny wkład w rozwój gospodarczy kraju, jego bezpieczeństwo energetyczne i dobrobyt mieszkańców. Jednakże jej rozwój musi odbywać się w sposób zrównoważony. Zakupy „zielonej energii” za granicą, a także popieranie inwestycji energetycznych opartych całkowicie na kapitale i technologii zagranicznej, związanych z koniecznością stosowania preferencyjnych cen zakupu, kosztem inwestycji wielozadaniowych, opartych na własnym kapitale i potencjale technicznym, doprowadzą do wzrostu cen energii w kraju, nie przyczyniając się w żadnym stopniu do spadku bezrobocia i rozwoju gospodarczego.
3. Energetyka wodna jest jedynym źródłem energii elektrycznej zdolnym do reakcji na potrzeby systemu elektroenergetycznego w cza-

should not only bring the lack of changes in the ecosystem but also guaranteeing a sustainable and beneficial to that ecosystem equilibrium. In the case of hydropower such objective can be achieved using the contemporary methods of environmental engineering and combining hydropower related investments with pro-ecological investments.

2. *Energy from renewable resources can contribute significantly into the economical development of the country, its security of energy supply and welfare of inhabitants. However, its development must be arranged in a sustainable manner. Purchases of “Green Energy” abroad as well as supporting of energy related investments, based entirely on the foreign funds and technologies, related to the necessity of application of preferential purchase prices, instead of multi-directional domestic investments based on own capital and technical potential, will lead to the increase of energy prices in the country and will not contribute at all to the reduction of unemployment and economical development.*
3. *Hydropower is the only source of electricity which will be available for immediate action within the domestic energy system within the timescales of tens of se-*

sie mierzonym dziesiątkami sekund. W związku z gwałtownym rozwojem energetyki wiatrowej, w krajowym systemie elektroenergetycznym wystąpi wkrótce wzrost zapotrzebowania na moc regulacyjną zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy. Jedynym krajowym źródłem energii umożliwiającym taką regulację bez strat mogą być kaskady rzeczne pracujące w systemie przewałowym. W świetle niewielkiego potencjału hydroenergetycznego kraju, przyjęta koncepcja budowy stopnia wodnego w Nieszawie oznacza rezygnację z tej szansy, a także z wielu innych korzyści, jakie niosłaby ze sobą budowa Kaskady Dolnej Wisły według pierwotnych planów.

2. *Analiza przepływu przez elementy hydraulicznych maszyn wirnikowych*

Przeprowadzono ostateczną weryfikację programu obliczeniowego do analizy pracy pompy, dla dwóch przykładów pomp śmigłowych. Wykonano szereg obliczeń w celu porównania wielkości pomierzonych i charakterystyk doświadczalnych pomp z przewidywanymi według modelu, uzyskując bardzo dobrą zgodność w szerokim zakresie zmian parametrów (praca doktorska mgr inż. M. Kaniecki).

3. *Modernizacja stanowiska uniwersalnego do badań modelowych pomp i turbin wodnych*

Od kilku lat Ośrodek Mechaniki Cieczy

conds. In relation to a sudden interest in development of wind power in the domestic energy system there will soon arise necessity for the regulation power, both during the day and nights. The only domestic source of energy enabling such regulation are river cascades operating in the overrolling system. In the light of the miserable hydroelectrical potential of the country, the assumed concept of development of a water cascade in Nieszawa means resignation from such chance, as well as many other benefits, which would be introduced through development of the Lower Vistula Cascade, as the preliminary plans devised.

2. *Analysis of the flow through hydraulic elements of rotating machinery*

Conducted has been a final verification of a computer code for analysis of pump operation for two cases of propeller pumps. Performed have been a series of calculations to compare values of measured characteristics and calculated using the appropriate model of pumps in a wide range of variation of parameters (doctoral dissertation by Mr M. Kaniecki).

3. *Modernisation of a universal stand for model investigations of pumps and water turbines*

For several years the Centre for Liquid Mechanics conducts actions aimed at modernisation of its laboratory capabilities. That is pertaining primarily to

prowadzi działania zmierzające do modernizacji swojej podstawowej bazy laboratoryjnej. Chodzi przede wszystkim o modernizację stanowiska do badań modelowych pomp i turbin wodnych. W oparciu o istniejącą instalację pod antresolą zamierzamy utworzyć również stanowisko umożliwiające badania maszyn niskospadowych (turbiny lewarowe, tzw. turbiny śrubowe itp.) w warunkach homologicznych do warunków występujących w naturze. Prace te stanowią fragment działań zmierzających do utworzenia na terenie IMP PAN laboratorium odnawialnych źródeł energii. Wysiłki te są silnie stymulowane rosnącym zapotrzebowaniem naszych partnerów zewnętrznych na badania prototypów nowych maszyn i urządzeń oraz możliwościami, jakie pojawiły się w związku z uruchomieniem funduszy strukturalnych Unii Europejskiej. W ramach modernizacji stanowiska do badań pomp i turbin wodnych w 2004 r. zakupiono wysokociśnieniowy zbiornik wyrównawczy oraz zainstalowano go na docelowym miejscu w laboratorium IMP PAN. Zgodnie z opracowaną dokumentacją, w następnej kolejności planuje się podłączenie zbiornika do stanowiska. Przewiduje się również wyposażenie stanowiska w nowe elementy armatury i urządzenia pomiarowe. Równolegle prowadzone są prace nad koncepcją nowego układu automatyki i sterowania.

4. Kawitacja i erozja kawitacyjna

Prace prowadzono w tym zadaniu w trzech kierunkach: podnoszenie od-

modernization of a stand for modeling investigations of pumps and water turbines . Based on the existing installation located under the mezzanine we aim to develop a rig enabling low-head investigations of machinery ranging from siphon turbines, so called screw turbines, etc. under homologation conditions to the conditions present in nature. These works will form a part of actions aimed at the development within IFFM PAS of a laboratory of renewable energies. These efforts are strongly stimulated by an increasing requirements of our external partners towards investigations of prototypes of new machinery and possibilities, which arose with relation to acquiring of structural funds of EU. In the frame of modernization of a stand for investigations of pumps and water turbines in 2004 there has been purchased a high-pressure balance tank, which has been installed at its final location in the IFFM PAS laboratory. In line with a developed documentation, subsequently, the connection of the tank to a rig is planned. It is envisaged to equip the rig with new elements of armature and measurement devices. In parallel there are activities related to the development of a new automatics and control system.

4. Cavitation and cavitation erosion

Activities within that topic have been conducted in three directions: increase of material cavitation resistance through the surface processing, investigations of a relation between cavitation

porności kawitacyjnej materiałów poprzez obróbkę powierzchniową, badanie związku obciążenia kawitacyjnego z erozją kawitacyjną oraz – w ramach usług badawczych – badanie oddziaływanie zjawiska kawitacji na struktury niemetaliczne; nadto Ośrodek Mechaniki Ciecży włączył się w prace nad nowelizacją normy G-32 Amerykańskiego Stowarzyszenia ds. Testowania i Materiałów (ASTM).

Przedmiotem badań eksperymentalnych były zagadnienia szczegółowe dotyczące przebiegu erozji kawitacyjnej próbek z różnych rodzajów stali, modyfikowanych powierzchniowo wiązką laserową oraz wpływ cech strukturalnych i właściwości materiałów na ich odporność kawitacyjną. Stosowano urządzenia testujące o zróżnicowanym charakterze i natężeniu oddziaływań erozyjnych. W badaniach materiałowych uwzględniony został skład chemiczny i fazowy, naprężenia wewnętrzne oraz parametry wytrzymałościowe testowanych stopów. Przeprowadzono analizę rozwoju erozji wybranych materiałów w okresie inkubacji na podstawie analizy zdjęć uszkodzeń materiału w zależności od intensywności kawitacji.

Wyniki prac w omawianym zadaniu można podsumować następująco:

- Wynaleziono nowe, odporne na erozję kawitacyjną powierzchniowe stopy metali i zbadano rolę niektórych pierwiastków stopowych w kształtowaniu poziomu odporności kawitacyjnej materiałów obrabianych wiązką promie-

load and cavitation erosion and additionally – in the frame of research services – investigations of interaction between cavitation phenomenon and non-metallic structures. The Centre for Liquid Mechanics has been invited to be involved in activities on updating of a G-32 standard by American Society for Testing and Materials (ASTM).

The merit of experimental investigations were specific problems related to: the process of cavitation erosion on various types of steel, surface condition modified by laser beam, and the influence of structural features and material properties on their cavitation resistance. Testing equipment of various character and differentiated intensity of erosion interaction has been examined. During material investigations considered has been a chemical composition and phase composition, internal stresses and strength parameters of tested alloys. Conducted has been analysis of development of erosion of selected materials during incubation based on analysis of material damage photographs with respect to the cavitation intensity.

The results of activities in the discussed topic can be summarised as follows:

- *Invented have been new, resistant to cavitation erosion, surface metal alloys; investigated has been a role of selected alloy elements in the development of a level of cavitation resistance resulting from processing by laser*

niowania laserowego.

- Stwierdzono m. in., że zmiana mikrotwardości jest ściśle związana z intensywnością kawitacyjną oraz materiałem. Zauważono, że materiały miękkie utwardzają się bardziej niż stal 1H18N9T czy brąz BA1032. Zmiany mikrotwardości sięgają do 0,2 mm w głąb materiału.
- Zbudowano model matematyczny przebiegu zjawiska erozji kawitacyjnej w oparciu o równania stochastyczne, dotyczące kinetyki tworzenia mikropęknięć i pęknięć krytycznych w materiale. Zweryfikowana doświadczalnie poprawność przyjętych założeń pozwala twierdzić, że erozja kawitacyjna jest procesem wielostopniowym, a w przypadku stopów tworzonych wiązką laserową, w których tempo niszczenia jest związane z przyrostem gęstości mikropęknięć, także migracyjnie kontrolowanym.

Wyniki prac w tym zadaniu pozwoliły znacznie zaawansować przygotowanie rozprawy habilitacyjnej jednego z wykonawców (dr B. Gireń).

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

W roku sprawozdawczym badania były prowadzone w trzech zadaniach badaw-

radiation beam.

- *It has been concluded that, amongst the others, change of microhardness is closely related to cavitation intensity as well as material. It has been noticed that the soft materials are quenched better than the steel 1H18N9T or the brass BA1032. Changes of microhardness reach 0.2 mm into the material.*
- *Developed has been as mathematical model of cavitation erosion process based on stochastic equations, which considers the kinetics of micro-cracks and critical cracks in the material. Experimentally verified correctness of assumptions enables to conclude that cavitation erosion is a multi stage process, and in the case of the alloys coupled by a laser beam, where the pace of damage is related to the rate of increase of micro-crack density, is also migrationally controlled.*

The results of activities in that topic enables for a significant advancement of a habilitational dissertation of one of the involved persons (Dr B. Gireń).

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

In the reporting year investigations were conducted in three research topics.

czych.

1. Zastosowanie metody powierzchniowego rozkładu wirowości do projektowania i analizy pracy maszyn hydraulicznych (zadanie nowe podjęte w 2004 r.)

Prace obejmowały adaptację metod wirowych do analizy pracy pomp śmigłowych i turbin wodnych. Wykorzystując doświadczenie zdobyte przy posługiwaniu się metodami wirowymi w projektowaniu i analizowaniu pracy śrub okrętowych, przystąpiono do prac adaptujących wypracowane metody obliczeniowe do innych maszyn przepływowych – *pomp śmigłowych* (doktorat mgr inż. Macieja Kanieckiego prowadzony pod kierownictwem prof. T. Koronowicza) i *turbin wodnych* (dr inż. Z. Krzemianowski).

W ramach tego zadania prof. T. Koronowicz kierował jako promotor pracą doktorską mgr inż. M. Kanieckiego, która obejmowała opracowanie programu komputerowego do analizy hydrodynamicznej pompy śmigłowej, opartej na metodzie powierzchniowego rozkładu wirowości. Uzyskano bardzo wartościowe wyniki obliczeń tym programem. Można je uznać za nowatorskie w skali światowej.

Program opracowany dla pomp śmigłowych został już z powodzeniem wykorzystany także do zaprojektowania pompy obiegowej tunelu kawitacyjnego (praca w ramach zlecenia zewnętrznego). Pompa została wykonana, a próby zdawczo odbiorcze wykazały, że projekt spełnił warunki postawione w założeniach projektowych.

1. Application of a method of surface distribution of vorticity in design and analysis of operation of hydraulic machinery (a new issue which commenced in 2004).

Activities encompassed adaptation of vorticity methods in analysis of operation of propeller pumps and water turbines. Using the expertise gained in using of vorticity methods in design and analysis of operation of marine propellers there have been started activities in preliminary works of adaptation of already developed methods for analysis of other fluid-flow machinery – propeller pumps (doctoral dissertation by Mr Maciej Kaniecki supervised by Professor T. Koronowicz) and water turbines (Dr Z. Krzemianowski).

In the scope of that topic Professor T. Koronowicz supervised a doctoral study of Mr M. Kaniecki, which encompassed development of a computer code for analysis of hydrodynamical propeller pump, based on a method of surface distribution of vorticity. Obtained have been very useful results of calculations using that code. These can be regarded very advanced in the world scale.

The code developed for propeller pumps has already been used in the design of a circulation pump in a cavitation tunnel (the work was done in the frame of external contact). The pump was manufactured and its commissioning trials showed that the project fulfilled obligations stated in the design assumptions.

2. Investigations of phenomena related

2. *Badania zjawisk związanych z opływem ciał dowolnego kształtu*

Prace w 2004 r. obejmowały rozbudowę procedury numerycznej do symulacji zachowania elastycznej kabloliny umieszczonej w zadanym niejednorodnym polu przepływu. Uwzględniona została obecność okresowej siły Karmana, związana z odrywającymi się wirami działającej na fragment kabloliny, co pozwala na modelowanie typowych oscylacji kabloliny pojawiających się w eksperymentach z opływającą kabloliną.

Celem naukowym podjętych prac w roku sprawozdawczym była rozbudowa procedury numerycznej do symulacji zachowania elastycznej kabloliny umieszczonej w zadanym niejednorodnym polu przepływu. Kablolina służy do przekazywania mocy zasilającej i sygnałów sterujących ze statku nawodnego do pojazdu podwodnego. Model kabloliny składa się ze sztywnych prętów i elastycznych elementów o sześciu stopniach swobody łączących pręty. Zakłada się, że znane są charakterystyki hydrodynamiczne kabloliny. Uwzględnia się obecność okresowej siły Karmana związanej z odrywającymi się wirami działającej na fragment kabloliny.

Zasadność podjęcia tego tematu w Polsce jest oparta na zasadności rozwoju problematyki morskiej w związku z posiadaniem przez nasz kraj stosunkowo długiej linii brzegowej z morzem Bałtyckim. Rozwiązanie tak postawionego problemu ułatwi planowanie pracy z pojazdami zasilanymi i sterowanymi kabloliną ze statku naziemnego co daje aspekt praktyczny i jednocześnie jest

to flows past bodies of arbitrary geometry

Investigations in 2004 encompassed extension of a numerical procedure for simulation of the state of an elastic cable-line located in the prescribed non-homogeneous flow field. Considered has been the presence of periodical Karman force, related to separating eddies influencing the part of a cable-line, which enables modeling of typical oscillations of the cable-line, which appear in experiments with a cable-line being flown past.

The scientific objective of activities undertaken in the reporting year was extension of a numerical procedure for simulation of the behaviour of elastic cable-line located in a given non-homogeneous flow field. The cable-line serves for transmission of supplying power and control signals from the surface-located ship to the underwater vessel. The model of a cable-line consists of rigid rods and elastic elements with six degrees of freedom, which connects the rods. It is assumed that the hydrodynamical characteristics of the cable-line are known. Considered is also the presence of a periodical Karman force related to separating eddies, which acts on the part of a cable-line.

The appropriateness of undertaking that topic is based on the appropriateness of the development of marine applications in relation to possessing by our country of a relatively long shore with the Baltic Sea. The solution to a problem stated in such a way will aid planning of activities with the vessels

ciekawym problemem dotyczącym dynamiki pojazdów podwodnych.

Wyniki prac w tym zadaniu posiadają dużą wartość poznawczą i dużą wartość użytkową, np. w symulacji zachowania się pojazdów podwodnych na uwięzi.

3. Modernizacja i budowa nowych programów komputerowych przeznaczonych do analizy pracy śrub okrętowych i programu PANSHIP

Prace w 2004 r. obejmowały udoskonalenie komputerowego basenu modelowego PANSHIP polegające na możliwości dzielenia kadłuba na części podlegające różnym regułom panelizacji oraz możliwości dodawaniu części „wystających”, takich na przykład jak stery lub gondole dla pędników podowych.

Wyniki prac 2004 r. nad modernizacją komputerowego basenu modelowego PANSHIP obejmują modyfikacje procedur opisujących kształt kadłuba, które umożliwiły dzielenie kadłuba na części podlegające różnym regułom panelizacji oraz możliwości dodawania części „wystających”, takich na przykład jak stery lub gondole dla pędników podowych. Pozwoliło to na przeprowadzenie analizy wpływu steru na pole prędkości w strumieniu zakadłubowym. Wyniki obliczeń wskazują na znaczący wpływ steru na pole prędkości w miejscu pracy śruby napędowej. Oznacza to potrzebę wprowadzenia pomiarów nominalnego pola prędkości ze sterem (Basen Modelowy dotychczas tego nie robił), lub korekty tego pola w oparciu o Komputerowy Basen Modelowy.

supplied and controlled by a cable-line from a surface-located ship, which provides a practical aspect and at the same time is an important problem regarding dynamics of underwater vessels. The results of works within that topic have a significant fundamental value as well as utilitarian one, for example in simulation of behaviour of underwater vessels with constraints.

3. Modernisation and development of new computer codes for analysis of operation of marine propellers and a code PANSHIP

The works in 2004 encompassed extensions to the computer modelling pool PANSHIP, based on capability of division of the hull into parts exposed to different roles of panelisation as well as possibility of adding of ‘sticking out’ parts, such as for example rudders or nacelles for pod propellers.

The results of works in 2004 on the modernisation of a computer modelling pool PANSHIP encompass modification of procedures describing the shape of the hull, which enabled division of the hull into parts exposed to different roles of panelisation as well as possibilities of adding of ‘sticking out’ parts, such as for example rudders or nacelles for pod propellers. That enabled conduction of the analysis on the influence of the rudder on the velocity field in the hull-wake stream. The results of calculations indicate a significant influence of the rudder on the velocity field in the location of propeller operation. That means the necessity of introducing measurements

Podjęte zostały badania nad opracowaniem nowych procedur do obliczania wtórnego układu falowego. Polegają one na aplikacji metody objętości płynu VOF (Volume of Fluid) do trójwymiarowego solwera równań Naviera-Stokesa. Celem pracy jest przygotowanie narzędzia do symulacji przepływów dwufazowych oraz zastosowanie opracowanych procedur do obliczeń metodą RANS oporu statku z oddziaływaniem swobodnej powierzchni. Został zaprogramowany schemat wysokiej rozdzielczości CISAM bazujący na wykresie zmiennej znormalizowanej i liniowej interpolacji pomiędzy schematami Hyper C i Ultimate QUICK Test, w której współczynnik interpolacyjny zależy od położenia powierzchni rozdziału względem ścianki objętości kontrolnej. Algorytm działa w części rozwiązującej równanie transportu udziału objętościowego. Obecnie trwają prace nad sprzężeniem równania transportu z solverem równania Naviera-Stokesa, równaniami pędu i równaniem korekcji ciśnienia. W dalszej kolejności zostaną przeprowadzone obliczenia testujące algorytm, oraz jego dalsza implementacja do programu FASTEST.

Zainteresowanie w przemyśle okrętowym wynikami prac prowadzonych w tym zadaniu jest bardzo duże, a wyniki badań są już wdrażane w Centrum Techniki Okrętowej.

of a nominal velocity field with a rudder (the modeling pool was not able to consider that up till now), or the amendments of that field based on a computer modeling pool.

The investigations have started on the development of new procedures for calculation of secondary wave system. These are based on application of a Volume of Fluid method (VOF) to three-dimensional Navier-Stokes equation solver. The objective of works is development of tools for simulations of two-phase flows together with application of developed procedures in calculations using the RANS method of ship resistance with interaction of a free surface. A high-resolution CISAM algorithm has been developed, based on a distribution of a normalised variable and a linear interpolation between Hyper C and Ultimate QUICK Test schemes, where interpolation coefficient depends on location of a separation surface with respect to a wall of a control volume. The algorithm operates in the part solving the transport equation for the volumetric fraction. Presently, activities are focused on combining of transport equation with Navier-Stokes equation solver, momentum equations and pressure correction equation. Subsequently, validation of algorithm will be performed as well as its further implementation into the FASTEST code.

The interest in the results of activities within that topic in the marine industry is quite significant, and the results are implemented at the Marine Technology Centre.

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

W temacie tym prowadzono prace w czterech zadaniach.

1. Konwekcja w warstwie cieczy ogrzewanej radiacyjnie (zadanie kontynuowane)

Wobec niezbyt dobrej zgodności rezultatów modelowania numerycznego rozkładów temperatury w cienkich warstwach wody (2 cm i 5 cm), używanych przy parametrach modelu (współczynnikach pochłaniania energii promieniowania w pasmach) dobrze modelujących rozkłady temperatury dla większych grubości warstwy (40 cm, 50 cm), kontynuowane są badania wyników doświadczeń wizualizacyjnych. Wyznaczono parametry modelowania, pozwalające dobrze odtworzyć (zamodelować) rozkłady temperatury w cienkich warstwach wody.

2. Sprzężona kondukcyjno-radiacyjna wymiana ciepła w upakowanych złożach (zadanie kontynuowane)

Prowadzone są dalsze badania nad zastosowaniem modelu hiperbolicznego do opisu badanych zjawisk. Analizowane są dostępne metody rozwiązywania równań hiperbolicznych przewodzenia ciepła pod kątem ich przydatności do opisu nieustalonej wymiany ciepła w upakowanych złożach. Przygotowywane są badania doświadczalne.

3. Wymiana ciepła w upakowanych złożach w warunkach konwekcji wymu-

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

In the topic conducted have been activities in the frame of four topics.

1. Convection in the liquid layer heated by radiation (continued problem)

Due to unsatisfactory consistency between the results of numerical modelling of temperature distributions in thin water layers (2 cm and 5 cm), obtained at model parameters (coefficient of energy absorption in spectra), which model correctly temperature distributions for greater layers (40 cm, 50 cm), continued are investigations into the results of visualization experiments. Determined have been parameters of modeling, which enable appropriate revealing (modeling) of temperature distributions in thin liquid layers.

2. Coupled conductive-radiative heat transfer in packed beds (continued problem)

Conducted are further investigations on the application of a hyperbolic model for description of investigated phenomena. Analysed are available methods of solving hyperbolic equations of heat conduction with the view to their applicability for description of non-stationary heat transfer in packed beds. Experimental investigations are underway.

3. Heat transfer in packed beds under forced convection conditions at small values of Reynolds number (doctoral

szonej przy małych wartościach liczby Reynoldsa (przygotowywana praca doktorska)

Zakończono prace przy budowie stanowiska doświadczalnego. Podjęte zostały studia literaturowe w celu zebrania najnowszych danych eksperymentalnych z literatury przedmiotu. Realizacja zadania została zawieszona do czasu zakończenia urlopu macierzyńskiego wykonawczyni.

4. Wykorzystanie naturalnej konwekcji do transportu ciepła w gruncie (przygotowywana praca doktorska)

Podjęto prace nad zbudowaniem modelu laboratoryjnego według kryteriów podobieństwa. Równolegle podjęto prace nad zbudowaniem stanowiska doświadczalnego, umożliwiającego weryfikację wyników uzyskanych na drodze modelowania numerycznego.

Spodziewane efekty realizacji zadań w tym temacie, to 2 doktoraty w 2005 r. bądź nieco później, (przyznany w 2004r. 1 proj. bad. promotorski) oraz publikacje.

Interesujące badania doświadczalne mogą przynieść szereg wartościowych rezultatów, o dużym potencjalnym znaczeniu praktycznym.

Podsumowanie

Zadania statutowe przewidziane na 2004 r. zostały wykonane w pełni, zgodnie z planem.

Nadal wyłożony wysiłek, wyrażający się liczbą i ciężarem gatunkowym podejmowanych zleceń, kierowany jest na współpracę Ośrodka Mechaniki Cieczy

dissertation in writing-up stage)

Concluded have been works on the construction of experimental rig. Literature studies have started in order to collect new experimental data on the literature of the subject. The realization of the topic has been suspended until conclusion of the maternity leave of the person responsible for realization of the topic.

4. Application of natural convection for heat transport in soil (doctoral dissertation in writing-up stage)

Works have started on the construction of a laboratory model using the similarity criteria. In parallel the works have started on manufacturing of experimental stand, enabling verification of results obtained in numerical modelling.

Expected effects of realisation of the problems constituting that topic form 2 PhD dissertations to be submitted in 2005 or a little bit later, (awarded 1 research project for young scientists in 2004) and papers.

Interesting experimental investigations can bring about a series of interesting results, with potentially significant practical importance.

Summary

Statute activities envisaged for the year 2004 have been fully completed in accordance to the plan.

Still, an intensive effort, expressed by a number and quality of undertaken contracts, is directed into interaction of the Centre for Liquid Mechanics with industry.

z gospodarką.

Pozyskano nowych młodych pracowników, stopniowo dołączają oni do realizacji zadań prowadzonych w Ośrodku. Uzyskano projekt badawczy promotorski. W fazie finalnej jest 1 habilitacja i 2 doktoraty, 2 habilitacje i 2 doktoraty są w fazie zaawansowanej realizacji, co pozwoli w najbliższej przyszłości znacznie wzmocnić bazę kadrową Ośrodka Mechaniki Cieczy i podejmować nowe wyzwania badawcze.

Planowana jest, w miarę środków do dyspozycji, rozbudowa stanowisk doświadczalnych, zwłaszcza uniwersalnego stanowiska do badań modelowych turbin i pomp.

Konsekwentnie jest utrzymywane łączenie prac badawczych teoretycznych i eksperymentalnych, przy coraz szerszym wprowadzaniu i wykorzystaniu metod CFD (Computational Fluid Dynamics). Wiele uwagi poświęca się doskonaleniu zaplecza eksperymentalnego, systematycznie rozbudowując stanowiska i wzbogacając ich wyposażenie.

W 2004 r. realizowano siłami Ośrodka Mechaniki Cieczy 20 umów zewnętrznych, w tym 1 zagraniczną (Meksyk), 7 projektów badawczych, 4 zadania kontraktu UE – IMP PAN (CLEANERPAS).

Wspólnymi siłami dwóch zakładów Ośrodka Mechaniki Cieczy wykonane zostały prace związane z zaprojektowaniem wirników dla dwóch elektrowni wodnych, Pilchowice II oraz Łapino. W ramach tych prac zostały policzone rozkłady merydionalne linii prądu w ka-

Acquired have been two new young researchers, who gradually join realization of problems carried out at the Centre. Awarded has been a research project for young scientists. One habilitation and 2 doctoral dissertations are in the final completion stage, 2 habitations and 2 doctoral dissertations are in the significant advancement stage, which will enable to enhance staff of the Centre for Liquid Mechanics and undertake new research challenges.

With the availability of resources for the disposal in the near future planned is development of experimental rigs, and a rig for modeling investigations of turbines and pumps in particular.

Consequently sustained is combination of theoretical and experimental investigations accompanied by a wider introduction and utilization of CFD methods (Computational Fluid Dynamics). Much of attention is devoted to enhancement of the experimental background by systematic construction of rigs and enhancing their equipment.

In 2004 realised have been within the workforce of the Centre for Liquid Mechanics 20 external contracts, including 1 foreign one (Mexico), 7 research projects and 4 topics of the EU – IFFM PAS contract (CLEANERPAS).

Using the combined forces of two departments of the Centre for Liquid Mechanics performed have been works related with designing of rotors for two hydro power stations, namely Pilchowice II and Łapino. In the frame of these activities calculated have been meridional streamlines in channels aimed at

nałach, mające na celu znalezienie pól prędkości merydionalnych. Następnie napisany został program wykorzystujący uzyskane dane do obliczania ostatecznych kształtów przestrzennych łopatek wirników. Dodatkowo wykonane zostały obliczenia trójwymiarowe układu przepływowego kanału za wirnikiem oraz rury ssącej elektrowni Pilchowice II, z punktu widzenia zachowania się przepływu ze względu na istniejące konstrukcyjne elementy usztywnienia układu, ingerujące w przepływ wody. Sporządzona została dokumentacja techniczna zaprojektowanych wirników.

Zwraca uwagę stopniowe lecz systematyczne orientowanie tematyki badawczej zakładów Ośrodka Mechaniki Cieczy na zagadnienia badawcze w coraz większym stopniu bezpośrednio związane z wykorzystaniem odnawialnych zasobów energii. Kierunek tych zmian należy uznać za bardzo perspektywiczny z uwagi na priorytetowy charakter takiej tematyki.

determination of meridional velocity fields. Subsequently, a code has been developed, which utilizes obtained data for calculation of final spatial shapes of rotor blades. Additionally, conducted have been three-dimensional calculations of the channel flow system beyond the rotor and a suction pipe at Pilchowice II power station, from the point of view of flow behaviour with respect to existing construction elements of the system reinforcement, interfering with the water flow. A technical documentation of designed rotors has been put together.

One must notice a gradual but systematic shift of research topics of the departments of the Centre for Liquid Mechanics into the problems more and more directly related to utilization of renewable energy resources. The direction of these changes should be regarded as very promising due to priorities of that topics.

Brunon J. Grochal

Translated by Dariusz Mikielwicz