

O1

Zagadnienia mechaniki cieczy

Problems of Mechanics of Liquid

Poniżej przedstawiono krótkie omówienie głównych wyników prac prowadzonych w Ośrodku Mechaniki Cieczy IMP PAN w 2006 r. Poza realizacją tematów planowych prowadzono, jak co roku, prace związane z aktualnie wykonywanymi projektami badawczymi oraz z pozyskanymi zleceniami zewnętrznymi, co także jest objęte zakresem działalności statutowej. Ważniejsze wyniki tych dodatkowych prac również zostały krótko opisane, w ramach omówienia tematów badawczych objętych planem działalności statutowej.

Uprawiana tematyka badawcza jest spójna z priorytetami krajowymi oraz nakreślonymi przez Unię Europejską, i obejmuje zadania zarówno o charakterze poznawczym jak i aplikacyjnym.

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

W Zakładzie 1 Badań i Diagnostyki Maszyn Hydraulicznych, w 2006 r. w ramach tematu jw. prowadzone były prace w następujących zadaniach: 1. Badania numeryczne oddziaływania wzajemnego struktur spływowych w śladzie wirowym z opływającym obiektem (profil, ciało nieopływowe), 2. Ocena programów komercyjnych RELAP, DRAKO I FLOWMASTER służących do obliczania uderzenia hydraulicznego na podstawie wyników badań laboratoryjnych i obliczeń wykonanych z wykorzystaniem nies-tacjonarnych modeli tarcia, 3. Przeciwdziałanie destrukcyjnym skutkom uderzenia hydraulicznego w układach

Presented below is a brief description of most important results of activities carried out in year 2006 at the Centre for Liquid Mechanics of IFFM. As usually, apart from execution of planned activities, works have been carried out in the area of research projects and external contracts, the themes of which are also encompassed in statute activities. Most important results of these additional activities have also been briefly described, along with description of research topics contained in the agenda of statute activities.

The area of research topics carried out at the Centre is consistent with domestic priorities as well as those outlined by the European Union and contains fundamental as well as application activities.

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

Activities in 2006 in the Dept. 1 of Research and Diagnostics of Hydraulic Machinery, in the frame of the above topic, were carried out in the following activities: 1. numerical investigations of interaction between trailing structures in the wake and the object (profile, non-flown around bodies), 2. Evaluation of commercial codes such as RELAP, DRAKO and FLOWMASTER for calculations of the water hammer effect on the basis of laboratory results and calculations obtained with application of non-stationary models of friction, 3. Counteraction to destructive effects of water hammer

przepływowych turbin wodnych, 4. Opracowanie koncepcji małogabarytowego stanowiska do badania uderzenia hydraulicznego, 5. Rozwijanie metod i technik pomiarowych dla potrzeb nowoczesnych badań sprawnościowych turbin wodnych dużej mocy.

1. *Badania numeryczne oddziaływania wzajemnego struktur spływowych w śladzie wirowym z opływającym obiektem (profil, ciało nieopływowe)* – Rezultatem prowadzonych od pewnego czasu prac nad budową programu obliczeniowego jest opracowanie bezsiatkowego modelu numerycznego przepływu cieczy lepkiej wokół ciała nieopływowego, wykorzystującego wirowe elementy obliczeniowe, tj. metodę dyskretnych wirów w połączeniu z metodami elementów brzegowych, prędkości dyfuzyjnej i warstw wirowych. Aktualnie program jest w fazie konsolidacji i testowania poszczególnych modułów oraz implementacji szybkiego algorytmu sumacyjnego (tj. szybkiej metody multipolowej). Bezpośrednie obliczenia oddziaływań wszystkich par w układzie N wirów wymagają, w każdym kroku czasowym, liczby operacji proporcjonalnej do kwadratu liczby dyskretnych wirów $O(N^2)$. Natomiast zastosowanie szybkiego algorytmu sumacyjnego, redukuje złożoność obliczeniową zagadnienia o rząd wielkości, radykalnie skracając długotrwałość obliczeń. Wbudowanie szybkiego algorytmu sumacyjnego stanowić będzie równocześnie zakończe-

effect in flow systems of water turbines, 4. Development of a concept of a small scale rig for investigations of the water hammer effect, 5. Development of methods and measurement techniques for modern requirements of efficiency investigations of water turbines of large power.

1. *Numerical investigations of interaction between trailing structures in the wake and the object (profile, non-flown around bodies) – A result of carried out for some time activities on the development of a no-grid computer code of viscous liquid flow around a non-flown around body which would utilize vortex calculation elements, namely a method of discrete vortices in combination with the boundary element method, diffusion velocity and vortex layers. At a present moment the code is in a consolidation and testing phase of particular modules due to implementation of a fast summation algorithm, namely a fast multipole method. Direct calculations of interactions of all couples in a system of N vortices require, at each time step, of a number of operations proportional to the square of a number of discrete vortices $O(N^2)$. On the other hand implementation of a fast summation algorithm reduces calculational complexity of the problem by an order of magnitude which radically reduces the time of calculations. Implementation of a fast summation algorithm will denote a completion of the fundamental scope of activities consisting for development of a code for two-dimensional calculations.*

nie podstawowego zakresu prac składających się na budowę programu do obliczeń dwuwymiarowych.

Działalność w 2006 r. skupiona była głównie na sprawdzaniu i ewentualnej korekcie funkcjonowania poszczególnych algorytmów, poprawiano przy tym efektywność wcześniej opracowanych kodów źródłowych. W celu przetestowania głównego modułu programu obliczeniowego symulowano ewolucję dwu identycznych, początkowo kołowych, wirów o jednorodnym rozkładzie wirowości w nieograniczonym obszarze cieczy nielepkiej i nieściśliwej (podane są ilustracje demonstrujące przebieg zjawisk). Wyniki symulacji potwierdziły istnienie krytycznej odległości pomiędzy wirami, poniżej której wiry łączą się ze sobą. Interesujące jest to, że oddzielające się struktury tworzone są przez dyskretne wiry, które pierwotnie należały do różnych wirów. Oznaczać to może wymianę pomiędzy dwoma wirami małych części płynu obdarzonych wirowością. To krytyczne zjawisko pojawia się tylko w wąskim zakresie odległości pomiędzy środkami wirów w granicach ok. 3.3–3.4 promienia rdzenia wiru. Wyniki symulacji potwierdziły istnienie krytycznej odległości pomiędzy wirami, poniżej której wiry łączą się ze sobą. Proces łączenia polega na wzajemnym owijaniu się wirów wokół siebie i formowaniu wydłużonego rdzenia czemu towarzyszy pozostawianie długich zewnętrznych ramion. W późniejszej fazie następuje symetryzacja wiru. Natomiast gdy ta

Activity in 2006 was focused primarily on testing and correcting in some cases of operation of particular algorithms and improving the effectiveness of developed earlier source codes. In order to test a main module of the calculation code simulated was evolution of identical, initially circular, vortices with homogeneous distribution of vorticity in infinite space of inviscid and incompressible liquid (presented illustrations demonstrate the course of phenomena). The results of simulation confirmed existence of a critical distance between vortices below which these two reconnect. It is interesting that separating structures are formed by discrete vortices, which primarily belonged to different vortices. That may mean the exchange between two vortices of small parts of fluid featuring vorticity. Such critical phenomenon appears only in a narrow range of distances between the centroids of vortices in the range of about 3.3 to 3.4 radius of the vortex core. The results of simulations confirmed existence of critical distance between vortices below which these reconnect. The process of connection is based on mutual winding of vortices around themselves and forming an elongated core which is accompanied by leaving out of long external arms. In a later phase there starts symmetrisation of the vortex. On the other hand when such distance is greater than critical vortices merely rotate with respect to the system vorticity centroid periodically changing its shape without contact. For some

odległość jest większa od krytycznej wiry jedynie rotują wokół środka wirowości układu periodycznie zmieniając swój kształt nie stykając się ze sobą. Dla pewnych pośrednich odległości wiry łączą się ze sobą, następnie rozdzielają się, po czym ponownie łączą, itd. Proces ten powtarza się wielokrotnie.

2. *Ocena programów komercyjnych RELAP, DRAKO I FLOWMASTER służących do obliczania uderzenia hydraulicznego na podstawie wyników badań laboratoryjnych i obliczeń wykonanych z wykorzystaniem niestacjonarnych modeli tarcia* – W programach komercyjnych RELAP5, DRAKO I FLOWMASTER zakłada się uproszczenie wynikające z tzw. hipotezy stacjonarności strat energii, według której podczas przepływu nieustalonego nie następuje zniekształcanie profilu prędkości w porównaniu do przepływu ustalonego przy tej samej prędkości średniej w przewodzie.

Dokonano oceny tych programów na podstawie wyników wcześniej wykonanych badań laboratoryjnych w IMP PAN w Gdańsku oraz własnych obliczeń wykonanych z wykorzystaniem niestacjonarnych modeli tarcia.

Najważniejsze wnioski z tej oceny można sformułować następująco: wyniki obliczeń wykonanych za pomocą rozważanych programów komercyjnych są dość dobrze zbieżne, porównanie obliczonych za pomocą tych programów przebiegów zmian ciśnień w rurociągu z przebiegami zmierzonymi wykazują znaczne rozbieżności. Różnice odnoszą

intermediate distances the vortices combine, next they disconnect and then subsequently reconnect, and so on. Such process takes place several times.

2. *Evaluation of commercial codes RELAP, DRAKO and FLOWMASTER for calculations of the water hammer effect on the basis of laboratory results and calculations obtained with application of non-stationary models of friction* – *In the case of commercial codes RELAP5, DRAKO and FLOWMASTER there is a simplification resulting from the so called hypothesis of stationarity of energy losses according to which during the transient flow there is no deformation of velocity profile in relation to stationary flow at the same mean velocity in the duct.*

Evaluation of these codes has been carried out on the basis of results of comparisons with experimental data obtained earlier in laboratories of IFFM PAS in Gdansk as well as own calculations performed using non-stationary models of friction.

The most important conclusions from that assessment can be formulated in a following manner: the results of calculations carried out using considered commercial codes are quite consistent, however, comparisons between calculated pressure changes in a pipeline obtained with these codes exhibit significant discrepancies when compared with measured distributions. The differences relate primarily to damping of pressure waves. Measured oscillations of pressu-

się głównie do tłumienia fali ciśnienia. Zmierzone oscylacje ciśnienia są znacznie bardziej tłumione od obliczonych. Jako główny powód tych różnic przypisuje się quasi-stacjonarnym modelom tarcia przyjętym w testowanych programach. Rozbieżności pomiędzy obliczonymi i zmierzonymi przebiegami fal ciśnienia można zredukować stosując w obliczeniach modele niestacjonarnych oporów hydraulicznych. Wykazano to na podstawie obliczeń wykonanych za pomocą własnego oprogramowania uwzględniającego modele niestacjonarnego tarcia. (Uzyskane wyniki były prezentowane m.in. na konf. ICONE14 Int. Conf. on Nuclear Engineering, July 17-20, Miami, FL, USA, organizowanej przez ASME).

3. *Przeciwdziałanie destrukcyjnym skutkom uderzenia hydraulicznego w układach przepływowych turbin wodnych* – Wykorzystano uprzednio opracowany program komputerowy SNM1 (Stan Nieustalony Maszyny) do analizy i oceny możliwości obniżenia nadmiernego uderzenia hydraulicznego w jednej z polskich elektrowni wodnych - w EW Olcza (rurociąg jest konstrukcją żelbetonową, jego całkowita długość wynosi 589 m, a średnica wewnętrzna 1 m – ze względu na długi rurociąg, poziom uderzenia hydraulicznego, głównie w trakcie awaryjnych zatrzymań turbin, jest wysoki). Jednym z sposobów przeciwdziałania jest odpowiednie dostosowanie szybkości działania urządzeń odcinających przepływ wody przez turbiny. Chodzi tu o prawidłowe dobranie czasu i

re are more severely damped than calculated ones. As a major reason for these differences the quasi-stationary model of friction is blamed, which has been assumed in tested codes. Discrepancies between calculated and measured distributions of pressure waves can be reduced if models of non-stationary hydraulic resistances are applied. That has been shown on the basis of calculations performed using in-house software, which includes non-stationary models of friction. Obtained results were presented amongst the others at a conference ICONE14 International Conference on Nuclear Engineering, July 17-20, Miami, FL, USA, organized by ASME).

3. *Counteraction to destructive effects of water hammer effect in flow systems of water turbines – In the frame of activities utilised has been developed earlier computer code SNM1 (Machine-Non-Stationary State) for the analysis and evaluation of possibilities of reduction of excessive water hammer effect in one of the Polish hydropower plants in Olcza (the pipeline is a reinforced concrete structure, with the total length of 589 metres and internal diameter of 1 meter; due to a long pipeline the level of hydraulic jump, mainly during emergency turbine trips, is high). One of the ways of counteraction is adequate tuning of the speed of operation of water flowing through turbine cut-off devices. The case is to adequately adjust time and the way of shutting down the turbine guide vanes. It is worth stressing*

sposobu zamykania kierownic turbin. Warto podkreślić, że ten sposób przeciwdziałania nadmiernemu uderzeniu hydraulicznemu w rurociągach turbin wodnych należy do zabiegów najczęściej spotykanych w praktyce. W przypadku względnie długich rurociągów sposób ten należy zwykle uzupełnić o dodatkowe rozwiązania.

Takim dodatkowym rozwiązaniem, który należało tutaj rozważyć, jest zastosowanie zaworu upustowego.

4. *Opracowanie koncepcji małogabarytowego stanowiska do badania uderzenia hydraulicznego* – W zadaniu tym opracowano koncepcję stanowiska doświadczalnego, w skład którego wchodzi: 1 – zawór regulacyjny, 2 – przewód hydrauliczny, 3 – zbiornik ciśnieniowy z poduszką powietrzną, 4 – manometr lub miernik ciśnienia (przetwornik z wyświetlaczem), 5 – przetwornik ciśnienia, 6 – cylinder z nawiniętym przewodem hydraulicznym, 7 – zawór odcinający przepływ z regulowanym czasem zamknięcia, 8 – przepływomierz, 9 – zawór odcinający. W celu zmniejszenia gabarytów stanowiska przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniej długości przewodu rurowego przewidziano ukształtowanie tego przewodu w formie wielozwojowej wężownicy nawiniętej na cylinder.

5. *Rozwijanie metod i technik pomiarowych dla potrzeb nowoczesnych badań sprawnościowych turbin wodnych dużej mocy* – Zadanie to wiąże się ze wspomaganiami metody Gibsona służącej do pomiaru natężenia

here that such a way of counteracting of the excessive water hammer effect is most often encountered in practice. In the case of relatively long pipelines such a procedure ought to be supplemented by additional means.

One of the possible solutions, which ought to be considered here, is application of the bleeding valve.

4. *Development of a concept of a small scale rig for investigations of water hammer effect* – *In the frame of that topic developed has been a concept of a research rig consisting of: 1 – control valve, 2 – hydraulic hose, 3 – pressure tank with the air cushion, 4 – manometer or a pressure meter (transducer with a display), 5 – pressure transducer, 6 – cylinder with a wound up hydraulic hose, 7 – cut-off valve with controllable closure time, 8 – flowmeter, 9 – cut-off valve. In order to reduce the dimensions of the rig and at the same time providing adequate length of the tubular duct there has been envisaged the shaping of that duct in a coiled form on a cylinder.*

5. *Development of methods and measurement techniques for modern requirements of efficiency investigations of water turbines of large power* – *That topic is related to requirements of the Gibson method for flowrate measurements in large scale pipelines using the FLUENT CFD software with the view to evaluate uncertainty of measurement results related to the presence of pipeline branching off.*

In cooperation between IMP PAN and Morelos State University in Cu-

przepływu w rurociągach wielkogabarytowych komercyjnym oprogramowaniem FLUENT (CFD) w celu oceny niepewności wyniku pomiaru w związku z występowaniem rozgałęzienia rurociągu.

We współpracy pomiędzy IMP PAN a Uniwersytetem Stanu Morelos w Cuernavaca (Meksyk) wykonano obliczenia symulacyjne przepływu w obszarze obejmującym rozgałęzienie za pomocą oprogramowania FLUENT. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń symulacyjnych stwierdzono,

że:

- Całkowita długość obszaru recyrkulacji wynosi około 7 m wzdłuż długości gałęzi o średnicy 6 m, podczas gdy maksymalna szerokość tego obszaru wynosi około 1.5 m.
- Maksymalne pole poprzeczne obszaru recyrkulacji stanowi około 6% całkowitego pola przepływu w rozważanej gałęzi i rozciąga się na długości 7 m.
- W rezultacie, obszar recyrkulacji wprowadza maksymalnie zmianę dochodzącą do 0.3% wartości modułu C wyznaczonego dla całego odcinka pomiarowego rozważanego rurociągu. Podobnej, akceptowalnej ze względów technicznych zmiany można oczekiwać w wykonanym pomiarze wartości natężenia przepływu przez badaną turbinę o mocy 170 MW. (Uzyskane wyniki były prezentowane m.in. na konf. 2006 ASME Joint U.S. – European Fluids Engineering Summer Meeting, July 17-20, Miami, FL, USA).

ernavaca (Mexico) carried out were simulation calculations of the flow in a region where branching off is present using the FLUENT code. On the basis of obtained results of calculations it has been concluded that:

- *Total length of recirculation region is about 7 metres along the length of the branch of diameter of 6 metres whereas the maximum breadth of that region is about 1.5 metres.*
- *Maximum cross-section area of recirculation zone is about 6% of the total flow area in the considered branch and extends over a length of 7 metres.*
- *In effect, the region of recirculation introduces the maximum change approaching 0.3% of a value of the module C determined for the whole measurement distance of the considered pipeline. Similar change, acceptable with regard to technical prerequisites, can be expected in the performed measurement of the value of flowrate through investigated turbine of 170 MW power. (Obtained results were presented, amongst the others, at a 2006 ASME Joint U.S. – European Fluids Engineering Summer Meeting, July 17-20, Miami, FL, USA).*

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 Zakładzie 2 Kawitacji i Projektowania Maszyn Hydraulicznych, w 2006 r. w ramach tematu jw. prowadzone były prace w następujących zadaniach: 1. Prace analityczne i działania promujące rozwój energetyki wodnej w Polsce, 2. Konsultacje udzielane osobom zainteresowanym rozwojem MEW, 3. Rozwój metod projektowania wirnikowych maszyn hydraulicznych, w tym rozwój oprogramowania do analizy przepływu przez elementy hydraulicznych maszyn wirnikowych, 4. Zagadnienia kawitacji i erozji kawitacyjnej.

1. *Prace analityczne i działania promujące rozwój energetyki wodnej w Polsce* – Większość prac studialnych dotyczących energetyki wodnej nawiązywała do działalności w ramach Centrum Czystych i Bezpiecznych Technologii CLEANERPAS i związana była ze współpracą IMP PAN z Towarzystwem Elektrowni Wodnych. W ramach tej działalności doprowadzono do wydania materiałów konferencji HYDROFORUM'2005 oraz opublikowano szereg artykułów promujących rozwój energetyki wodnej w Polsce.

Między innymi wskazano na wyraźne niedocenie możliwości wytwórczych energetyki wodnej. Zwrócono uwagę, iż poważne różnicowanie warunków

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

In Department 2 of Cavitation and Design of Hydraulic Machinery in 2006 in the frame of the above topic the following activities were carried out: 1. Analytical works and actions promoting development of hydropower in Poland, 2. Consultancies to persons interested in development of small hydropower, 3. Development of methods of design of rotating hydraulic machinery including the development of software for analysis of flows through elements of rotating hydraulic machinery, 4. Issues of cavitation and cavitation erosion.

1. Analytical works and actions promoting development of hydropower in Poland – Majority of study activities related to hydropower considered the activity in the frame of A Centre for Clean and Safe Technologies CLEANERPAS and encompassed cooperation between IMP PAN and an Association of Hydropower. In the frame of that activity the proceedings of the conference HYDROFORUM'2005 were published as well as a series of articles promoting the development of hydropower in Poland.

Amongst the others indicated were strongly undervalued capabilities of hydropower. Attention has been focused on the fact that a serious differentiation of conditions as well as actual degree

oraz aktualnego stopnia wykorzystania zasobów i potencjału odnawialnych źródeł energii w poszczególnych regionach sprawia, że oceny o charakterze globalnym nie mogą być bezpośrednio stosowane do warunków lokalnych, a opieranie na nich diagnoz i programów działania o lokalnym charakterze należy uznać za błąd w sztuce.

Jako przykład takiego postępowania wskazano raport Ministra Gospodarki z 2005 roku, określający cele w zakresie udziału energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii w krajowym zużyciu energii elektrycznej w latach 2005-2014. W dokumencie tym odmawia się prawa rozwoju dużym elektrowniom wodnym na podstawie błędnej tezy o wyczerpaniu większości dostępnego potencjału hydroenergetycznego.

Wskazano na potrzebę partnerstwa publiczno-prywatnego służącego inwestycjom gospodarki wodnej wykorzystywanym między innymi do celów energetycznych, oraz na celowość uruchomienia programu badawczo-rozwojowego skierowanego na rozwój energetyki wodnej (na wzór kierunku 7 CPBR 5.1 w latach osiemdziesiątych ub. wieku).

W nurcie działalności na rzecz rozwoju energetyki wodnej w Polsce mieści się też referat wprowadzający wygłoszony w dniu 25 maja 2006 r. podczas seminarium TEW nt. przepławek przy budowłach piętrzących energetyki wodnej oraz wypowiedzi podczas kolejnych posiedzeń Zarządu ESHA w lutym i w październiku 2006 roku.

of utilization of resources and potential of renewable energy sources in particular regions renders that the global assessments cannot be directly tailored to the local conditions, and diagnoses and action plans of local character based on them can be misleading.

As an example of such action the report from 2005 by the Minister of Economy has been indicated, which determines objectives in the area of electricity production share from renewable energy sources in the domestic consumption of electricity in years 2005-2014. In such document there is a refusal for the development of large scale hydropower on the basis of false statement on the termination of the majority of available hydro potential.

Indicated has been the necessity of Public Private Partnership serving for the needs of investments in hydropower utilized amongst the others for energy purposes as well as justification for commencement of R&D programme focused on the development of hydropower (similar to the programme 7 CPBR 5.1, which was in action in the eighties of the last century).

In the stream of activities for the development of hydropower in Poland there is also contained a paper presented at 25th May 2006 during the seminar at the Society of Hydropower on fish passes in swelling structures of hydropower as well as contributions during subsequent meeting of ESHA Board in February and October 2006.

The effect of cooperation with European Association of Small Hydropo-

Efektym współpracy z Europejskim Stowarzyszeniem Małej Energetyki Wodnej (ESHA), jest zaproszenie Instytutu do realizacji projektu europejskiego SHAPES (Small Hydro Action for the Promotion of Efficient Solutions). Projekt ten został zatwierdzony do realizacji - jego uruchomienie przewiduje się w lutym 2007r.

2. *Konsultacje udzielane osobom zainteresowanym rozwojem MEW* – Istotnym elementem prac na rzecz rozwoju energetyki wodnej jest działalność konsultacyjna skierowana zarówno do potencjalnych inwestorów MEW, jak i firm działających na rzecz energetyki wodnej oraz studentów wyższych uczelni, wykonujących prace dyplomowe dotyczące obiektów MEW. Po okresie przejściowym, w którym działalność ta była finansowana ze środków projektu CLEANERPAS, konsultacje udzielane są ponownie w ramach działalności statutowej. Lista najbardziej pracochłonnych konsultacji udzielonych w roku 2006 obejmuje 10 pozycji. (np.: – Opinia na temat możliwości produkcji turbin wodnych małej mocy w firmie Małe Elektrownie Wodne S.C. Jerzy, Maria, Piotr Kujawscy. Wizja lokalna w firmie; – Wyznaczenie parametrów energetycznych turbiny Francisa firmy Kryzel & Wojakowski z Radomska na podstawie danych katalogowych i obliczeń; – Wytyczne stosowania różnych typów przekładni pasowych w obiektach MEW. Przedstawienie oferty producentów tych przekładni.) Działalność Punkt Konsultacyjny MEW, we współ-

– *(ESHA) is invitation of the institute to execution of European project SHAPES (Small Hydro Action for the Promotion of Efficient Solutions). The project has been accepted for realization – its commencement is envisaged for February 2007.*

2. *Consultancies to persons interested in development of small hydropower – An important element of activities contributing to the development of hydropower is consultancy activity aimed at both potential small hydropower investors as well as companies operating in the area of hydropower and students of universities preparing their final diplomas in the area of small hydropower. Following the transition period, where the activity was financed from the resources of CLEANERPAS project, consultancies are commenced again in the frame of statute activity. The list of most time consuming consultancies in 2006 encompasses 10 items such as for example: assessment of the possibility of production of water turbines in a company Małe Elektrownie Wodne S.C. Jerzy, Maria, Piotr Kujawscy. A visit to a company; – Determination of energy parameters of Francis turbine made by Kryzel & Wojakowski from Radomsko on the basis of catalogue data and calculations; – Guidelines for application of different types of belt transmissions in small hydropower objects. Presentation of a list of producers of these transmission units). At the moment a Small Hydropower Consultation Point is in operation in cooperation between*

pracy IMP PAN z TEW i TRMEW.

3. *Rozwój metod projektowania wirnikowych maszyn hydraulicznych, w tym rozwój oprogramowania do analizy przepływu przez elementy hydraulicznych maszyn wirnikowych*
Z jednej strony gromadzono doświadczenia związane z projektowaniem i oceną własności maszyn hydraulicznych, a w szczególności turbin Francisca, z drugiej zaś rozwijano własne kody obliczeniowe, oparte o metodę elementów brzegowych i dotyczące – na razie – maszyn o przepływie osiowym. Prace w tym zadaniu realizowane były przez dwuosobowy zespół w składzie mgr inż. Adam Henke i dr inż. Maciej Kaniecki, i koncentrowały się na dwóch kierunkach: – Metody projektowania wirników turbin Francisca i oceny parametrów energetycznych turbin istniejących, – Wykorzystanie metody elementów wirowych do analizy przepływu przez turbiny śmigłowe.

We współpracy Z1 i Z3 opracowywane jest nowe rozwiązanie nastawy łopatek kierowniczych. Opracowany został algorytm, obliczeniowy program 3DAXflow do analizy przepływu przez turbiny śmigłowe, oraz siatka obliczeniowa na elementach układu przepływowego turbiny śmigłowej.

Dokonano porównania charakterystyk mocy na wale P turbiny TSP1000 w funkcji obrotów dla różnych kątów ustawienia łopat wirnika turbiny TSP1000, wyznaczonych przy użyciu programów 3DAXflow, ATPER oraz otrzymanych na drodze eksperymentalnej.

IFFM PASci and TEW, and TRMEW.

3. Development of methods of design of rotating hydraulic machinery including the development of software for analysis of flows through elements of rotating hydraulic machinery – *On one hand gathered were experiences related to design and assessment of the properties of hydraulic machinery and in particular of Francis type turbines, on the other hand developed were own calculational codes based on a method of boundary elements and related to – at the present state – to machinery with axial flow. The activities in that topic were carried out by a group of two people consisting of Mr Adam Henke and Dr Maciej Kaniecki, and were concentrated on two directions, namely methods of designing rotors of Francis type turbines and assessment of power parameters of existing turbines, – utilization of vorticity elements method for the analysis of a flow through propeller turbines.*

In cooperation with Z1 and Z3 under development is a new design of adjustment of guide vanes. Developed has been calculation algorithm 3DAXflow for the analysis of the flow through propeller turbines and calculation grid on the elements of a flow system of propeller turbine.

Carried out were comparisons of characteristics of power P on the shaft of turbine TSP1000 in function of revolutions for different incidence angles of rotor blade of turbine TSP1000, determined by means of codes 3DAXflow, ATPER as well as obtained experimen-

Z analiz porównawczych charakterystyk turbiny TSP1000 wynika, że dla optymalnego kąta ustawienia łopat wirnika $\phi = 13^\circ$ zarówno program 3DAXflow jak i program ATPER dają zadawalające rezultaty. Przy kątach znacznie odbiegających od kąta optymalnego, gdzie trójwymiarowe pole wirowości wywiera istotny wpływ na rzeczywisty stan obciążeń maszyny, program ATPER, bazujący na modelu dwuwymiarowym, nie pozwala na dokładne odtworzenie charakterystyk pracy turbiny. Dla zamodelowania szerokiego zakresu pracy turbiny śmigłowej zasadne wydaje się więc zastosowanie programu 3DAXflow, który przy relatywnie krótkim czasie obliczeniowym daje zadawalające efekty. Wyniki te przedstawiono na konferencji „Doskonalenie turbozespołów metodami modelowania matematycznego i fizycznego”, jaka we wrześniu 2006 r. miała miejsce w Białym Jeziorze pod Charkowem.

Wykorzystanie narzędzi numerycznych do projektowania i analizy przepływu przez turbiny wodne stało się głównym tematem wspólnego projektu badawczego prowadzonego w ramach umowy o współpracy z Instytutem Problemów Budowy Maszyn Narodowej Akademii Nauk Ukrainy. Zgodnie z harmonogramem zadania zapisanym w projekcie, strony podjęły współpracę nad numerycznym modelowaniem przepływu w układach przepływowych turbin wodnych oraz wykorzystaniem programów dostarczonych przez stronę ukraińską do

tally.

It stems from the comparative analyses of turbine TSP1000 characteristics that in the case of optimal angle setting of rotor blades $\phi = 13^\circ$ both codes 3DAXflow and ATPER return satisfactory results. At the angles departing from the optimal angle, where the three dimensional vorticity field exerts important impact on a real state of machine load the code ATPER, based on a two dimensional model, does not enable for precise reflection of operational characteristics of the turbine. In order to model a wide range of operation of propeller turbine there is a justification therefore to use the code 3DAXflow, which in relatively short calculation time gives satisfactory effects. The results were presented at a conference: “Modification of turbosets by means of mathematical and physical modeling”, which took place in September 2006 in Białe Jezioro near Charków.

Application of numerical tools in design and analysis of the flow through water turbines was a major topic of a common research project carried out in the frame of cooperation agreement with the Institute of Machine Construction Problems of Ukrainian Academy of Sciences. In line with the schedule of the project workpackage the sides started cooperation in the area of numerical modeling of flows in hydraulic systems of water turbines and application of codes supplied by Ukrainian side in design of Francis type turbine rotors. In 2007 there is additional cooperation envisaged in the presented research ac-

projektowania wirników turbin Francisca. W roku 2007 przewiduje się dalszą współpracę w przedstawionej tematyce badawczej.

4. *Zagadnienia kawitacji i erozji kawitacyjnej* – Prace koncentrowały się wokół następujących grup zagadnień i zadań:

A) Modelowanie procesów erozji kawitacyjnej,

B) Własności ochronne powłok nanokrystalicznych w erozji kawitacyjnej,

C) Badania hydrodynamiki kawitacji.

Dodatkowo kontynuowano współpracę z grupą roboczą ASTM ds. nowelizacji normy G-32, dotyczącej wyznaczania odporności kawitacyjnej materiałów metodą wibracyjną oraz sporządzono szereg recenzji wydawniczych dla czasopism o zasięgu międzynarodowym (*Acta Physica Polonica B, Surface & Coating Technology, Wear*).

ad A) W r. 2006 doprowadzono do opublikowania opracowanej w r. 2005 rozprawy habilitacyjnej dra inż. B.G. Girenia pt. „Kawitacyjne niszczenie warstw ukształtowanych wiązką promieniowania laserowego”. Część wyników zawartych w rozprawie opublikowano również w *Trans. of the IFFM*. Kontynuowano prace nad frakcyjnym modelem erozji kawitacyjnej, opisującym natężenie procesu erozyjnego w zależności od obciążenia kawitacyjnego, oraz opracowano kolejny kinetyczny model erozji opisujący przebieg zjawisk fizycznych odpowiedzialnych za niszczenie materiału przy

tivity.

4. *Issues of cavitation and cavitation erosion – The works were concentrated around the following group of topics and problems:*

A) *Modelling of cavitation erosion processes,*

B) *Shielding properties of nanocrystalline layers in cavitation erosion,*

C) *Investigations of cavitation hydrodynamics.*

Additionally continued was cooperation with a task group ASTM on revision of a standard G-32 related to determination of cavitation resistance of materials by means of vibration method and carried out were several publishing reviews for journals of international range (such as *Acta Physica Polonica B, Surface & Coating Technology, Wear*).

annotation A) In 2006 published was habilitational dissertation by Dr B.G. Gireń titled “Cavitation damage of layers formed by laser radiation beam”. Part of the results contained in the dissertation was also published in *Transactions of the IFFM*. Continued have been works on a fraction model of cavitation erosion by description of the intensity of erosion process in relation to cavitation load and developed was another kinetic model of erosion which describes the course of physical phenomena responsible for material damage at a specified load. The results of comparison of experimental data and estimations by the model enabled determination of functional relations between material parameters of investigated alloys and parameters present in the

ustalonym obciążeniu. Wyniki porównania danych doświadczalnych i przewidywań według modelu pozwoliły określić związki funkcyjne pomiędzy parametrami materiałowymi badanych stopów i parametrami występującymi w modelu rozkładów gęstości prawdopodobieństwa procesów składowych. Do porównań wykorzystano dane eksperymentalne uzyskane w ramach realizacji Międzynarodowego Kawitacyjnego Testu Erozyjnego.

ad B) W celu określenia własności ochronnych powłok nanokrystalicznych w warunkach erozji kawitacyjnej oraz próby określenia własności układu stalowe podłoże-nanokrystaliczna powłoka, które mają wpływ na odporność kawitacyjną, przeprowadzono badania na stanowisku z tunelem kawitacyjnym. Badaniom poddano powłoki nanokrystaliczne TiN oraz CrN o różnych grubościach (4, 8 i 12 mm) osadzone na stalach X6CrNiTi18-10 oraz X39Cr13 poddanych wcześniej obróbce cieplnej. Powłoki osadzano w Katedrze Inżynierii Materiałowej Pol. Koszalińskiej przy różnych temperaturach podłoża (200, 350 i 500°C) oraz napięciach polaryzacji (0, -100 i -300 V).

ad C) Prace dotyczące hydrodynamiki kawitacji wznowiono po wieloletniej przerwie dzięki współpracy z Instytutem Problemów Budowy Maszyn Narodowej Akademii Nauk Ukrainy. Ośrodek Mechaniki Cieczy jest zainteresowany tego rodzaju pracami, ponieważ w przyszłości mogą one stanowić punkt wyjścia dla prób

model of distribution of probability density of constituent processes. In comparisons utilized were experimental data obtained in realization of International Cavitation Erosion Test.

annotation B) *In order to determine protective properties of nanocrystalline layers under conditions of cavitation erosion as well as an attempt to determine properties of a system steel bed-nanocrystalline layer, which influence the cavitation resistance, carried out were investigations on the rig featuring the cavitation tunnel. Investigated were nanocrystalline layers of TiN and CrN with different thicknesses (4, 8 and 12 mm) laid on steels X6CrNiTi18-10 and X39Cr13 exposed earlier to thermal treatment. The layers were placed at the Department of Material Science of Koszalin University of Technology in different temperatures of the bed (200, 350 and 500 °C) as well as different polarization voltage (0, -100 and -300 V).*

annotation C) *The activities related to hydrodynamics of cavitation have been recommenced following a long term time off thanks to cooperation with the Institute of Machine Construction Problems of Ukrainian Academy of Sciences. The Centre for Liquid Mechanics is strongly interested in that type of activities as in the future these can serve as a starting point in theoretical attempts of determination of cavitation load of material.*

The Ukrainian site presented the results of calculations of flow modelling carried out in 2006 (velocity distributions) in the cavitation chamber ma-

teoretycznego wyznaczania obciążenia kawitacyjnego materiału.

Strona ukraińska przedstawiła wyniki przeprowadzonych w 2006 r. obliczeń modelowania przepływu (rozkłady prędkości) w komorze kawitacyjnej użytkowanej w IMP PAN w Gdańsku.

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

W Zakładzie 3 Hydromechaniki Okrętowej, w 2006 r. w ramach tematu jw. prowadzone były prace w następujących zadaniach: 1. Zastosowanie metody powierzchniowego rozkładu wirowości do projektowania i analizy pracy maszyn hydraulicznych, 2. Badania zjawisk związanych z opływem ciał dowolnego kształtu, 3. Modernizacja i budowa nowych programów komputerowych przeznaczonych do analizy pracy śrub okrętowych i systemu komputerowego PANSHIP, 4. Numeryczne badania przepływów dwufazowych cieczy lepkiej (zadanie wyróżnione).

1. *Zastosowanie metody powierzchniowego rozkładu wirowości do projektowania i analizy pracy maszyn hydraulicznych* – W 2006 r. prowadzone były prace związane z zaimplementowaniem metody wirów powierzchniowych do przepływów przez osiowe maszyny wirnikowe, ze szczególnym uwzględnieniem turbin wodnych typu Kaplana. W tym celu wykonywane są aktualnie programy (ze strukturalnym

intained at IMP PAN in Gdańsk.

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

In 2006 the activities in the Department 3 for Marine Hydrodynamics were conducted in the frame of following research problems: 1) Application of a method of surface distribution of vorticity in design and analysis of operation of hydraulic machinery, 2) Investigations of phenomena related to flow around bodies of arbitrary shape, 3) Modernisation and development of new computer codes for analysis of operation of marine propellers and PANSHIP code, 4) Numerical investigations of two-phase flows of viscous liquid, (distincted activity).

1. *Application of a method of surface distribution of vorticity in design and analysis of operation of hydraulic machinery – In 2006 activities were underway related to implementation of a method of surface distribution vorticity in the case of flows through axial rotating machinery with a particular account of Kaplan type turbines. Bearing that in mind developed are at the present moment the codes, featuring structural and graphical interface, which will enable analysis of water flow with account of cavitation in these machines. Commenced were the activities on a design code for water turbines based on vortex models. Bearing in mind interac-*

jak i graficznym interfejsem), które pozwolą na analizę przepływu wody z uwzględnieniem kawitacji przez te maszyny. Przystąpiono do prac nad programem projektowym turbin wodnych w oparciu o modele wirowe. Mając na uwadze oddziaływanie wirów spływowych z turbin i pomp na kierownice, jak również wirów spływających ze śruby przedniej na skrzydła śruby tylnej układów tandem, kontynuowano prace nad wyznaczeniem rzeczywistych pól wirowych układu wirów swobodnych. Przy wyznaczaniu pól wirowych uwzględniono ich dyssypację.

2. *Badania zjawisk związanych z opływem ciał dowolnego kształtu* – Celem naukowym podjętych prac była weryfikacja procedur numerycznych 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. Znalezione rozwiązanie analityczne opisujące kształt kabloliny w polu grawitacyjnym przy założeniu silnej jej odkształcalności i braku wewnętrznych momentów gnących. Znalezione rozwiązanie może służyć do weryfikacji algorytmów ujmowania nieliniowego zagadnienia wyznaczania kształtu odkształcalnej liny przy

tion of wake vortices from turbines and pumps on guide vanes as well as wake vortices from front propeller on the rear blades of tandem systems continued were activities on determination of real vorticity fields of systems of free vortices. In determination of vorticity fields their dissipation was taken into account.

2. *Investigations of phenomena related to flow around bodies of arbitrary shape* – *The scientific objective of commenced activities was verification of numerical procedures for simulation of behaviour of elastic cable line located in a given non-homogeneous flow field. The cable line serves for transmission of power and control signals from the surface ship to the underwater vehicle. The model of cable line consists of stiff rods and elastic elements exhibiting six degrees of freedom, which connect the rods. It is assumed that hydrodynamical properties of the cable line are known. Analytical solution has been found describing the shape of cable line in gravitational field with the assumption of its strong deflections and a lack of internal bending moments. Found solution can serve for verification of algorithms of considering the non-linear problem of determination of a shape of deflective line at arbitrary load.*

Elaborated were subsequent chapters of habilitational dissertation tentatively titled “Mathematical foundations of numerical algorithm for analysis of the cable line in non-homogeneous flow”.

dowolnym obciążeniu.

Opracowano kolejne rozdziały przygotowywanej pracy habilitacyjnej zatytułowanej (roboczo) „Podstawy matematyczne numerycznego algorytmu do analizy kabłoliny w niejednorodnym przepływie”.

Dr inż. L. Kwapisz, wykonawca tego zadania, uczestniczył także w pracach wykonywanych w IMP PAN w innych Zakładach Instytutu – w temacie O4/Z4/T1 oraz w realizacji projektu badawczego.

3. *Modernizacja i budowa nowych programów komputerowych przeznaczonych do analizy pracy śrub okrętowych i systemu komputerowego PANSHIP* – W roku sprawozdawczym prace koncentrowały się nad opracowaniem uproszczonego sposobu panelizacji kadłuba w zastosowaniu do komputerowego basenu modelowego PANSHIP. Prace umożliwią rozszerzenie zakresu stosowalności programu PANSHIP do inżynierskich metod ujmowania efektu skali przy określaniu pola prędkości w strumieniu zakadłubowym. Zainteresowanie w przemyśle okrętowym wynikami prac prowadzonych w tym zadaniu jest bardzo duże.

4. *Numeryczne badania przepływów dwufazowych cieczy lepkiej (zadanie wyróżnione)* – W roku sprawozdawczym w Zadaniu 4 prowadzono prace nad aplikacją metody objętości płynu VOF (Volume of Fluid) ze schematami o wysokiej rozdzielczości CICSAM i HRIC do trójwymiarowego solvera równań Naviera-Stokesa. Celem prac jest przygotowanie narzędzia do symulacji

Dr L. Kwapisz, the principal contractor of that problem, participated also in other activities at IMP PAN in other departments – in topic O4/Z4/T1 as well as in realisation of a research project.

3. *Modernisation and development of new computer codes for analysis of operation of marine propellers and PANSHIP code* – *In the reporting year activities concentrated on development of a simplified way of panelisation of a hull in application to a computer modelling basin PANSHIP. The works enable extension of the range of applicability of the code PANSHIP to engineering methods of consideration of the scale effects in determination of velocity field in a stream beyond the hull. The interest in the marine industry in the results of activities carried out in the frame of that topic is very significant.*

4. *Numerical investigations of two-phase flows of viscous liquid, (distincted activity)* – *In the reporting year in the frame of topic 4 carried out were activities on combination of the Volume of Fluid method (VOF) with high resolution schemes CICSAM and HRIC for three dimensional solver of Navier Stokes equations. The objective of the works is to develop tools for simulations of two-phase flows and application of developed procedures in calculations of wave resistance of the ship by means of the RANS method.*

Coded has been a high resolution scheme CICSAM, based on a diagram of normalised variable and linear inter-

przepływów dwufazowych oraz zastosowanie opracowanych procedur do obliczeń metodą RANS oporu falowego statku.

Zaprogramowano schemat wysokiej rozdzielczości CICSAM bazujący na wykresie zmiennej znormalizowanej i liniowej interpolacji pomiędzy schematami Hyper-C i Ultimate QUICKTEST oraz schemat HRIC wykorzystujący schematy Up-wind i Down-wind (używany między innymi w kodach programów komercyjnych Fluent i Comet). Porównanie obu schematów było tematem seminariów przedstawionych w czasie międzynarodowej konferencji ECCOMAS for CFD w Egmond an See (Holandia) oraz w czasie XVII Krajowej Konferencji Mechaniki Płynów (Bełchatów). Ta ostatnia prezentacja została wyróżniona I nagrodą w konkursie im. Profesora Janusza Elsnera jako najlepsza praca z mechaniki płynów. Wyniki tej prac zostały opublikowane także w czasopiśmie Inżynieria Chemiczna i Procesowa. Przedstawienie tej tematyki w czasie spotkania FASTEST Workshop (w Merseburgu, Niemcy), zaowocowało nawiązaniem współpracy z TU Darmstadt, z grupą prof. Michaela Schaeffera polegające na implementacji tej metody do akademickiego programu FASTEST (jest to jedno z zadań w uzyskanym w 2006 roku projekcie badawczym promotorskim na temat modelowania przepływów ze swobodną powierzchnią).

polation between Hyper-C and Ultimate QUICKTEST schemes as well as a scheme HRIC, which utilizes the Up-wind and Down-wind schemes, used amongst the others in commercial codes Fluent and Comet. Comparison of both schemes was the topic of seminars presented during international conference ECCOMAS for CFD in Egmond an See (Netherlands) and during XVII National Fluid Mechanics Conference (Bełchatów). The latter presentation was distincted with the First Award in the Professor Janusz Elsner competition as a best work in the area of fluid mechanics. The results of that work were also published in the journal Inżynieria Chemiczna i Procesowa. Presentation of that topic during the meeting FASTEST Workshop (Merseburg, Germany), borne fruits in starting cooperation with TU Darmstadt, with a group led by Professor Michael Schaeffer and based on implementation of that method in academic version of a code FASTEST (it is one of the workpackages in the doctoral research projects awarded in 2006 on modeling of flows with a free surface).

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

Activities carried out in the frame of that topic in 2006 encompassed the following problems: 1. coupled conductive-radiative heat transfer in packed beds – continuation of theoretical and experimental investigations,

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

Prace wykonywane w ramach tego tematu obejmowały w 2006 r. następujące zadania: 1. Sprzężona kondukcyjno-radiacyjna wymiana ciepła w upakowanych złożach – kontynuacja badań teoretycznych i doświadczalnych, 2. Wymiana ciepła w upakowanych złożach w warunkach konwekcji wymuszonej przy małych wartościach liczby Reynoldsa, 3. Wykorzystanie naturalnej konwekcji do transportu ciepła w gruncie, 4. Analiza obiegu termodynamicznego kogeneracyjnego źródła energii z ogniwem paliwowym i turbiną gazową.

1. *Sprzężona kondukcyjno-radiacyjna wymiana ciepła w upakowanych złożach – kontynuacja badań teoretycznych i doświadczalnych* – Kontynuowane były prace nad niestabilną wymianą ciepła w materiałach niejednorodnych (upakowanych złożach). Skoncentrowano się m.in. na modelowaniu zagadnienia w oparciu o modele nie-fourierowskie przewodzenia ciepła także przy zmiennych własnościach fizycznych tych materiałów, np. efektywnym współczynnikiem przewodzenia ciepła zależnym od temperatury, $k_{EF}(T)$. W szczególności przeanalizowano model “dual-phase lag” (skr. DPL). Model ten cieszy się rosnącym zainteresowaniem w ostatnich latach z uwagi na swe możliwości aplikacyjne w opisie wielu procesów dynamicznych, tj. procesów szybkozmiennych i dużych impulsów cieplnych, także w odniesie-

2. *Heat transfer in packed beds under conditions of forced convection at small values of Reynolds number*, 3. *Utilisation of natural convection for heat transfer in soil*, 4. *analysis of thermodynamical cogeneration cycle featuring fuel cell and a gas turbine*.

1. *Coupled conductive-radiative heat transfer in packed beds – continuation of theoretical and experimental investigations – Continued were works on non-stationary heat transfer in non-homogeneous materials (packed beds). Attention was focused amongst the others on modeling of the problem based on non-Fourier models of heat conduction as well as at variable physical properties of these materials, for example effective coefficient of thermal conductivity dependent on temperature, $k_{EF}(T)$. In particular analysed was ‘dual-phase lag’ model (DPL). Such model attracts increasing attention over past years due to its application capabilities in description of several dynamical properties such as fast transients and large thermal impulses, also in reference to materials with non-homogeneous structure and hence in several interdisciplinary topics, for example problems related to biological tissues.*

In June 2006 an application has been submitted for financing of habilitational research project titled “Theoretical and experimental investigations of relaxation times of heat fluxes and temperature gradients in materials with non-homogeneous structure in quickly variable heating process”.

niu do materiałów o niejednorodnej strukturze, a więc i w wielu zagadnieniach interdyscyplinarnych (np. zagadnienia związane z tkankami biologicznymi).

W lipcu 2006 złożony został wniosek o finansowanie habilitacyjnego projektu badawczego pt. „Teoretyczno-eksperymentalne badania czasów relaksacji strumienia ciepła i gradientu temperatury w materiałach o niejednorodnej strukturze w szybkozmiennym procesie nagrzewania”.

We wrześniu 2006 r. została zakończona realizacja projektu badawczego (PB 1302/T10/2005/28) pt.: „Badanie zastosowania nie-fourierowskiego modelu przewodzenia ciepła do opisu nieustalanej wymiany ciepła w materiałach niejednorodnych”

2. *Wymiana ciepła w upakowanych złożach w warunkach konwekcji wymuszonej przy małych wartościach liczby Reynoldsa* – Ukończona została budowa i wyposażanie stanowiska doświadczalnego, pomyślnie uruchomiono stanowisko i rozpoczęto pomiary. Uzyskane w pilotowych pomiarach pierwsze charakterystyki stanowiska, wykazały konieczność modyfikacji w celu rozszerzenia zakresu pomiarów na niższe prędkości przepływu powietrza. Prace w tym kierunku są na ukończeniu.

Wyniki pilotowych pomiarów wskazały na celowość rozważenia możliwości wykorzystania reżimu regularnego podczas nagrzewania złoża po przejściu „fali” (profilu temperatury w kształcie S) do wyznaczenia współczyn-

In September 2006 concluded was realization of a research project (PB 1302/T10/2005/28) titled “Investigations of application of non-Fourier conduction model for description of transient heat transfer in non-homogeneous materials”.

2. *Heat transfer in packed beds under conditions of forced convection at small values of Reynolds number – Completed was construction and equipment of an experimental rig which has been successfully commissioned and measurements have started. Obtained in pilot measurements preliminary characteristics of the rig indicated the necessity of modification in order to extend the range of measurements to lower velocities of flowing air. Works in that directions are about to be completed.*

The results of pilot measurements indicated the necessity of consideration of the possibility of utilization of regular regime during the bed heating following the ‘wave’ (temperature profile in S shape) for determination of heat transfer coefficients.

3. *Utilisation of natural convection for heat transfer in soil – That topic in 2006 was carried out in the frame of the doctoral research project and the extension of realization was granted until November 2007. Conducted were measurements on the laboratory stand, apart from the summer season (relatively high temperatures at relatively small power of upper ‘cold’ source does not allow to carry out measurements in some specific seasons). Non-typical winter*

ników przejmowania ciepła.

3. *Wykorzystanie naturalnej konwekcji do transportu ciepła w gruncie* – Zadanie to w 2006 r. wykonywane było w ramach projektu badawczego promotorskiego, uzyskano przedłużenie okresu jego realizacji do listopada 2007 r. Prowadzone są pomiary na stanowisku laboratoryjnym, poza sezonem letnim (relatywnie wysokie temperatury przy niewielkiej dysponowanej mocy górnego „zimnego” źródła nie pozwalają prowadzić pomiarów w pewnych okresach). Nietypowa zima 2006/2007 nie pozwoliła jak dotąd uruchomić badań na stanowisku w skali rzeczywistej. Prowadzone są wariantowe obliczenia przy użyciu programu opracowanego przy wykorzystaniu pakietu Fluent.

4. *Analiza obiegu termodynamicznego kogeneracyjnego źródła energii z ogniwem paliwowym i turbiną gazową* – Kontynuowane są prace nad przygotowaniem programów obliczeniowych stosownie do przyjmowanych schematów obiegu i jego parametrów, prowadzone są wariantowe obliczenia. Nadal prowadzone są studia literaturowe i ulepszane są modele obliczeniowe zachodzących zjawisk w odniesieniu do części obiegu z ogniwem paliwowym.

Podsumowanie – Zadania statutowe przewidziane na 2006 r. zostały wykonane w pełni, zgodnie z planem, uzyskano szereg cennych wyników badań. Praktycznie wszystkie kierunki prac badawczych prowadzonych w Ośrodku 1 są usytuowane w prioryte-

2006/2007 did not allow until now for commencement of investigations on a stand in real scale. Carried out are variants of calculations using the model developed in the frame of FLUENT software package.

4. *Analysis of thermodynamical cogeneration cycle featuring fuel cell and a gas turbine* – Continued are works on development of calculation codes in line with assumed cycle schematics and their parameters, variant calculations are underway. Along other activities literature studies are underway and calculation models are enhanced for the phenomena taking place in the part of the cycle connected with a fuel cell.

Summary – Statute activities envisaged for 2006 were fully completed in line with agenda and a series of useful results have been obtained. Practically all directions of research works carried out in Centre 1 are located in priorities sketched out by relevant decision making groups, either domestic or European.

Following the path from past years, in parallel with research works related to the main stream of statute activity (in the frame of which carried out are amongst the others investigations leading to obtaining subsequent scientific degrees) a significant effort is directed to cooperation with industry. All carried out activities have precisely formulated application objectives. Consequently is sustained combination between theoretical research works, experimental works and a more and more

tach nakreślonych przez odpowiednie gremia decyzyjne – krajowe bądź europejskie.

Niezmiennie, równoległe z pracami badawczymi związanymi z głównym nurtem działalności statutowej (w ramach której prowadzone są m.in. badania prowadzące do uzyskania kolejnych stopni naukowych), znaczny wysiłek jest skierowany na współpracę z gospodarką. Wszystkie prowadzone prace badawcze mają wyraźne, jasno sformułowane cele aplikacyjne. 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. Co bardzo ważne, wzrasta wyraźnie liczba publikacji, w tym także tych o wysokiej randze. Pozyskiwane są i realizowane kolejne projekty badawcze oraz zlecenia, w tym zagraniczne, nawiązywana jest bądź reaktywowana współpraca z partnerami z renomowanych ośrodków zagranicznych.

extensive introduction and use of Computational Fluid Dynamics (CFD). A lot of attention is devoted to refinement of experimental background by systematic development of rigs and enhancement of their equipment. What is very important there is a significant progress in a number of publications, including these with a high rank. Acquired and realized are subsequent research projects and contracts, including the foreign ones and sustained is or reactivated cooperation with partners from prestigious foreign institutions.

Brunon Grochal

Translated by Dariusz Mikielewicz