

O1

Zagadnienia mechaniki cieczy

Problems of mechanics of liquid

Poniżej przedstawiono omówienie wybranych wyników prac prowadzonych w Ośrodku Mechaniki Cieczy IMP PAN w 2003 r. w ramach tematów badawczych objętych planem działalności statutowej. Rok 2003 był kolejnym etapem w systematycznej odbudowie potencjału badawczego Zakładów zgrupowanych w Ośrodku 1 Mechaniki Cieczy. Nadal występuje trudna sytuacja kadrowa, która uległa dalszemu skomplikowaniu wobec odejścia z końcem 2003 r. dwójga pracowników Zakładu 3.

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

Poza pracami objętymi działalnością statutową realizowane były prace w ramach projektów badawczych i zleceń zewnętrznych, które m.in. umożliwiły uzupełnienie środków finansowych do wysokości wynikającej z kosztów etatów.

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

Prace w 2003 roku, jak w poprzednich latach, dotyczyły wybranych za-

Presented below is the description of selected results of works carried out in the Centre for Liquid Mechanics at IFFM PAS in 2003 in the frame of investigations performed in the frame of statute activity. The year 2003 formed another stage of systematic renewal of investigation potential of the Divisions gathered in the Centre for Liquid Mechanics. There are still difficulties will personnel potential, which became further complicated with the leave of subsequent two persons from Division 3 at the end of the year 2003.

The topics of activities are divided into specific problems, which are supplementary in all these areas where possible. Cooperation with other Divisions from other Centres is being established if necessary. A tendency of defining separate problems for each person is sustained in order to enable individual appraisal of achievements of each member of staff.

Apart from the works encompassed by statute activity realised were the works in the frame of research projects and external contracts, which enabled, amongst the other, raising the finances to cover the full cost of manpower in the Centre.

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

Activities in 2003, similarly as in previous years, regarded selected problems of exploitation and diagnostics

gadnień eksploatacji i diagnostyki hydraulicznych maszyn wirnikowych (pomp wirowych, 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. Prace zmierzają do lepszego rozpoznania zjawisk oraz doskonalenia i rozwijania metod ich opisu.

Obydwa wykonywane w 2003 r. zadania stanowiły kontynuację prac badawczych prowadzonych w poprzednich latach.

W pierwszym zadaniu, *Ograniczenie uderzenia hydraulicznego za pomocą sterowanych urządzeń odcinających przepływ cieczy*, przeprowadzono analizę porównawczą sterowania *valve stroking* ze sterowaniem „idealnym”. W analizie pominięto straty hydrauliczne w przyjętym układzie przepływowym: zbiornik cieczy – przewód zamknięty – zwór odcinający.

Klasyczne podejście do zagadnienia sterowania przepływem cieczy w przewodach zamkniętych ze względu na dążenie do ograniczania bądź eliminacji uderzenia hydraulicznego jest znane pod nazwą *valve stroking*. W podejściu tym podstawowym założeniem (wymaganiem) jest realizacja zmiany natężenia przepływu cieczy w przewodzie zamkniętym w taki sposób, aby bezpośrednio po ustaniu przyczyny tej zmiany uzyskać ustalone końcowe warunki przepływu, to znaczy, aby po zakończeniu wymuszenia, np. po zamknięciu za-

of hydraulic rotating machinery such as rotating pumps, water turbines, pump-turbines, as well as equipment operating with them. A particular attention has been focused on non-stationary phenomena and transient processes taking place in fluid-flow systems of such machinery. The activities tend to gain better understanding of these phenomena and development of the methods of their description.

Both problems realised in 2003 were a continuation of research activities from previous years.

In the first topic, Limiting the water-hammer effect by means of devices cutting-off liquid flow, conducted has been a comparative analysis of control of ‘valve stroking’ with ‘ideal’ control. In the analysis neglected have been the hydraulic losses in the assumed flow system, i.e. liquid tank – pipeline – cut-off valve.

A classical approach to the problem of liquid flow control in closed pipelines, due to a tendency to restricting or eliminating the water-hammer effect, is known by the term ‘valve stroking’. In this approach a fundamental assumption (requirement) is the realization of the change of liquid flow rate in the closed pipeline in such a way as after the cease of the reason of that change the required and specified flow conditions are attained, i.e. after completion of the excitation, for example valve closure, there were no appearance of uncontrolled pressure fluctuations due to the water-hammer effect. Relevant numerical calculation methods are used

woru nie dochodziło do pojawiania się swobodnych wahań ciśnienia w przewodzie w następstwie uderzenia hydraulicznego. Do wyznaczania przebiegu sterowania według tych zasad stosuje się odpowiednie numeryczne metody obliczeniowe. Były one przedmiotem wcześniejszych prac prowadzonych w IMP PAN. Rozpatrywano dwie następujące metody: metodę I, według której określono przebieg zamykania zaworu odcinającego dla zadanej liniowej zmiany natężenia przepływu, metodę II, wg której określono przebieg zamykania zaworu dla zadanego maksymalnego ciśnienia.

Alternatywną do *valve stroking* metodą jest tzw. wielostopniowe optymalne sterowanie urządzeniami odcinającymi przepływ cieczy w przewodach zamkniętych. Charakteryzuje się ono realizacją ruchu elementu urządzenia odcinającego z kilkoma stałymi szybkościami, wyznaczonymi dla przyjętego kryterium optymalności. Jednym z podstawowych kryteriów jest minimalizacja przyrostów ciśnienia uderzenia hydraulicznego. Duże praktyczne znaczenie ma optymalne sterownie dwustopniowe, ze względu na łatwość realizacji technicznej.

Metody sterowania *valve stroking* i optymalnego wielostopniowego nie obejmują oczywiście wszystkich możliwości ograniczania uderzenia hydraulicznego. Interesującym zadaniem jest ocena tych metod w odniesieniu do potencjalnych możliwości osiągnięcia maksymalnych korzyści związanych z ograniczaniem zmiennego ciśnienia, związa-

to determine distributions of control according to such rules. These were the merit of earlier works conducted at IFFM PAS. Considered have been two methods: method I, according to which determined has been the course of closure of the cut-off valve for a given linear change of the flowrate, method II, according to which determined has been the course of valve closure for a specified maximum pressure.

Alternative to ‘valve stroking’ method is the so called multi-stage optimal control of devices cutting-off the liquid flow in closed pipelines. It is characterized by realization of movement of the element of cut-off device with several constant velocities, determined for assumed criterion of optimality. One of the basic criteria is minimization of the gains of water-hammer effects. Of significant practical importance is optimal two-stage control, due to its relatively simple technical realization.

Methods of ‘valve stroking’ and optimal multi-stage controlling does not encompass obviously all possibilities of limiting the water-hammer effect. An interesting problem is the assessment of these methods with respect to potential possibilities of reaching maximum benefits related to restriction of variable pressure, featured in the water-hammer effect. In order to perform such assessment introduced has been the term ‘ideal’ control. Assumed criterion of that control is minimization of pressure, from which stems the necessity of sustaining of a constant value of pressure through the entire time of

nego z uderzeniem hydraulicznym. W celu dokonania takiej oceny wprowadzono pojęcie sterowania „idealnego”. Przyjętym kryterium tego sterowania jest minimalizacja ciśnienia, z którego wynika potrzeba utrzymywania stałej wartości ciśnienia przez cały czas trwania odcinania przepływu (zamykania zaworu).

Wyznaczono stosunek maksymalnego przyrostu ciśnienia Δp_{id} , występującego przy sterowaniu „idealnym”, do maksymalnego przyrostu Δp_{vs} przy sterowaniu *valve stroking*, w zależności od czasu T_z zamykania zaworu lub czasu bezwymiarowego t^* przedstawiającego czas zamykania odniesiony do czasu $2L/a$ obiegu fali ciśnienia w przewodzie.

Należy podkreślić, że sterowanie „idealne” jest lepsze od klasycznego sterowania *valve stroking* tylko z uwagi na minimalizację maksymalnych wzrostów ciśnienia, a nie ze względu na skrócenie czasu stabilizacji warunków przepływu. W przeciwieństwie do sterowania *valve stroking* sterowanie „idealne” nie zapewnia zanikania wahań ciśnienia, bezpośrednio po ustaniu wymuszenia.

W drugim zadaniu, *Badania numeryczne oddziaływania wzajemnego struktur splotowych w śladzie z opływającym obiektem (profile, ciała nieopływowe)*, kontynuowano prace nad programami komputerowymi przeznaczonymi do symulacji nieustalonego przepływu cieczy lepkiej, nieściśliwej wokół ciał o konturach nieopływowych posiadających ostre krawędzie, np. o przekroju prostokąta. Podstawą zastosowanego w programie algorytmu jest model

persistence of the flow cut-off (valve closure).

Determined has been the ratio of maximum pressure increase Δp_{id} , occurring at the ‘ideal’ control, to the maximum increase Δp_{vs} , which occurs at the ‘valve stroking’ control, with respect to the time T_z of valve closure or the non-dimensional time t^ representing the closure time related to the time $2L/a$ of the round of a pressure wave in the pipeline.*

It ought to be stressed that the ‘ideal’ control is better than classical ‘valve stroking’ control only by virtue of minimization of maximum pressure increases and not due to reduction of stabilization time of flow conditions. Contrary to ‘valve stroking’ control the ‘ideal’ control does not prevent from pressure fluctuations directly after the cease of excitation.

In the second problem, Numerical investigations of interaction between trailing structures in the wake and the object (profiles, non-flow around bodies) continued have been works on computer codes for simulation of non-stationary flows of viscous, non-compressible liquid around bodies with non-streamlined contours having sharp edges, for example of rectangular cross-section. A basis of algorithm applied is the model combining methods of discrete eddies, boundary elements and diffusion velocity. Fulfilling in the model of the condition of a lack of slip at the border is realized by generation at each time step of a vortex layer at the body surface, which after discretisation is

łączący metody dyskretnych wirów, elementów brzegowych i prędkości dyfuzji. W modelu spełnienie warunku braku poślizgu na brzegu realizowane jest poprzez generację w każdym kroku czasowym warstwy wirowej na powierzchni ciała, która po zdyskretyzowaniu wprowadzona zostaje do przepływu w formie łańcucha dyskretnych wirów rozciągającego się wzdłuż ścianek. Zastosowanie wymienionych metod do modelowania przepływu podyktowane jest ich właściwościami. Metoda dyskretnych wirów jest bezsiatkową techniką modelowania złożonych pól przepływu. Do jej zalet należy zaliczyć mniejszą niż w innych metodach numerycznych liczbę elementów obliczeniowych, brak lepkości numerycznej oraz automatyczne spełnianie warunku brzegowego w nieskończoności. Z kolei metoda elementów brzegowych sprowadza modelowanie przepływu cieczy wokół ciała do poszukiwania nieznanymi wielkościami pola przepływu na powierzchni ciała, na podstawie których wyznaczane są parametry przepływu w dowolnym punkcie pola. Takie podejście zmniejsza wymiar zagadnienia o 1. Modelowanie dyfuzji wirowości metodą prędkości dyfuzji polega na uwzględnieniu efektu lepkości poprzez dodanie do prędkości konwekcji dyskretnych wirowych tzw. prędkości dyfuzji proporcjonalnej do gradientu wirowości i lepkości kinematycznej, oraz odwrotnie proporcjonalnej do wirowości.

Celem perspektywnym realizacji tego zadania jest opracowanie sposobu przewidywania wzajemnych oddziaływań pomiędzy niestacjonarnym prze-

introduced to the flow in the form of a chain of discrete vortices extending along walls. Application of outlined methods in flow modeling is dictated by their properties. The method of discrete vortices is a non-mesh technique of modeling of complex velocity fields. To its advantages must be incorporated a smaller number, than in other numerical methods, of calculation elements, lack of numerical viscosity as well as automatic fulfilling of a boundary condition in the infinity. On the other hand a method of boundary elements brings the modeling of the liquid flow around bodies to the search for unknown values of the flow velocity at a body surface, on the basis of which determined are the flow parameters at arbitrary point of the field. Such approach reduces the dimension of the problem by 1. Modeling of the eddy diffusivity by means of the diffusion rate is based on the account of the effect of viscosity by adding of discrete vortices to the convective flow velocity, known as diffusion velocity, which is proportional to the eddy diffusivity gradient as well as kinematic viscosity and reversibly proportional to eddy diffusivity.

A perspective objective of realization of that topic is the development of a way of foreseeing interactions between non-stationary flow and a solid body, which render formation and separation of large scale vortex structures, leading to the development of a regular wake. At a small difference between the frequency of vortex disintegration and the frequency of self vibrations of a flown

plywem i ciałem stałym, które powodują formowanie i odrywanie się wielkoskalowych struktur wirowych, prowadzących do rozwoju regularnego śladu wirowego. Przy małej różnicy pomiędzy częstotliwością zrywania wirów i częstotliwością drgań własnych opływającej przeszkody może następować rezonans prowadzący do rozwoju drgań hydrosprężystych. Drgania te niekorzystnie wpływają na eksploatowane urządzenia i obiekty, często po krótszym lub dłuższym czasie powodują uszkodzenia w obiektach technicznych.

W praktycznych zastosowaniach programów do symulacji przepływów cieczy poszukiwany jest kompromis pomiędzy dokładnością obliczeń, czasem ich wykonywania i dostępnymi zasobami pamięci. Analiza ewolucji śladu wirowego oraz zjawisk przez niego indukowanych wymaga wykonywania symulacji dla czasów na tyle długich, aby przepływ osiągał stan quasi-periodyczny dla różnych warunków początkowych. Fragmentem opracowanego programu, pochłaniającym najwięcej czasu pracy komputera, jest wyznaczenie prędkości dyskretnych wirów. W każdym kroku czasowym obliczenia te wymagają liczby operacji proporcjonalnej do kwadratu liczby N dyskretnych wirów. Powoduje to, niewygodne wydłużanie czasu obliczeń, szczególnie, jeżeli wykonywane są z dużą dokładnością dla długich czasów ewolucji przepływu. Zastosowanie w programie procedury wykorzystującej antysymetrię prawa indukcji Biota-Savarta, zmniejszyło liczbę operacji

around body there can appear resonance, which may lead to the development of the multi-scale hydroelastic vibrations. Such vibrations influence negatively exploited devices and objects, often after a shorter or longer period of time they lead to damages in the technical objects.

A compromise is sought between the accuracy of calculations, time of their execution and available memory resources in practical application of codes in simulation of liquid flows. Analysis of evolution of the wake as well as phenomena induced by it requires executing simulations for a long periods of time so that the flow could reach quasi-periodical state for different initial conditions. A part of the developed code, consuming the most of computer operation time is determination of the velocity of discrete vortices. At each time step such calculations require the number of operations proportional to the square of the number of discrete vortices N . This renders uncomfortable elongation of calculation time, particularly if calculations are executed with a high accuracy for long flow evolution times. Application in the code of a procedure utilizing the antisymmetry of the Biot-Savart induction law reduced the number of operations per time step from $O(N^2)$ to $O((N^2-N)/2)$. Due to the possibility of running the code on multi-processor machines (a four-processor server Tadek at IFFM PAS) as well as calculation clusters (where IFFM PAS actively participates), developed has been a parallel version of a

z $O(N^2)$ do $O((N^2 - N)/2)$ przypadającą na krok czasowy. Ze względu na możliwości uruchamiania programów na maszynach wieloprocesorowych (czteroprocesorowy serwer obliczeniowy Tadek w IMP PAN) oraz klastrach obliczeniowych (w których tworzeniu uczestniczy IMP PAN), opracowano zrównoleżoną wersję kodu źródłowego programu w oparciu o bibliotekę standardową MPI. Dla zwiększenia efektywności obliczeń kody źródłowe programów zapisano w nowoczesnym języku programowania Fortran90.

Za pomocą opracowywanych programów wykonano obliczenia, m.in., dwuwymiarowego nieustalonego przepływu cieczy lepkiej nieściśliwej wokół prętów o przekroju prostokątnym, na który napływa ze stałą prędkością strumień nie zaburzony. Ewolucja przepływu przewidywana była od chwili impulsowego zapoczątkowania ruchu dla wybranych liczb Reynoldsa, kilku kątów napływu i różnego stosunku długości boków. Obliczano również proces łączenia dwóch wirów.

Należy podkreślić, że obliczona struktura obszarów oderwania oraz rozwój śladu wirowego w początkowej i późniejszej fazie ewolucji przepływu są jakościowo zgodne z obrazami przepływu rzeczywistego, uzyskiwanymi z obserwacji doświadczalnych.

Wynikiem prac prowadzonych w 2003 r. jest także sformułowanie propozycji zadań stanowiących kontynuację tematyki pod ogólnym tytułem *Wybrane zagadnienia eksploatacji i diagnostyki maszyn hydraulicznych*. Zakres

source code based on the standard MPI library. In order to increase the effectiveness of calculations the source codes have been written in a modern Fortran 90 programming language.

Using the developed software performed have been calculations of, amongst the others, two-dimensional non-stationary viscous flow of liquid around rods with a rectangular cross-section with initial inflow of constant velocity undisturbed stream. Flow evolution has been calculated from the moment of impulse beginning the motion for selected Reynolds numbers, several incipience angles and different ratios of the sides. Calculated also has been the process of combination of two vortices.

It ought to be stressed that calculated structure of separation regions and the development of turbulent wake in the initial and subsequent stages of flow evolution are qualitatively consistent with the distributions of real flows, obtained during experimental investigations.

The result of activities carried out in 2003 is also formulation of a set of problems being continuation of that scope of works under the general topic Selected problems of exploitation and diagnostics of hydraulic machinery. The scope of these activities in 2004 will encompass development and refinement of the methods of analysis of non-stationary phenomena in fluid-flow systems of rotating hydraulic machinery with their simultaneous experimental verification (significantly increased capabilities in that direction have been

tych prac w 2004 r. ma obejmować rozwijanie i doskonalenie metod analizy zjawisk niestacjonarnych w układach przepływowych wirowych maszyn hydraulicznych z równoczesną ich weryfikacją doświadczalną (znacznie szersze możliwości w tym kierunku powstały dzięki uzyskaniu dostępu do klastra komputerowego w TASK), rozwijanie technik pomiarowych stosowanych w badaniach i diagnostyce maszyn hydraulicznych, oraz upowszechnianie wyników wcześniejszych badań.

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 2003 r. prace obejmowały następujące kierunki: 1) analiza przepływu przez elementy hydraulicznych maszyn wirnikowych, 2) zagadnienia małej energetyki wodnej, 3) kawitacja i erozja kawitacyjna. W ramach tych kierunków realizowano odrębne zadania, które kolejno są omówione poniżej.

1) Analiza przepływu przez elementy hydraulicznych maszyn wirnikowych

Wyodrębniono tutaj 3 zadania: a) udoskonalono i rozbudowano program do generacji siatek obliczeniowych na powierzchniach analizowanych części przepływowych pompy śmigłowej, b) zbudowano program obliczeniowy do

opened through the access to the computer cluster at TASK), development of measurement techniques used in investigations and diagnostics of hydraulic machinery and dissemination of obtained earlier results of investigations.

O1/Z2/T1. Design and analysis of hydraulic properties of water turbines and pumps, and the development of the assessment and restriction methods of a harmful impact of cavitation on construction materials

In 2003 the works encompassed the following directions: 1) analysis of flows through hydraulic elements of rotating machinery, 2) problems of small hydro-power, 3) cavitation and cavitation erosion. In the frame of these directions realized will be separate problems, which will be subsequently described below.

1) Analysis of flows through hydraulic elements of rotating machinery

Separated here will be 3 problems: a) modified and extended will be the code for generation of calculation meshes on the surfaces of analysed parts of hydraulic part of a propeller pump, b) developed has been a calculation code for quasi-stationary analysis of the flow through the propeller pump, c) tested has been the calculation code for a selected propeller pump.

annotation a) The code has been equipped with a user friendly system of setting geometrical parameters of the

quasi-stacjonarnej analizy przepływu przez pompę śmigłową, c) przetestowano program obliczeniowy dla wybranej pompy śmigłowej.

ad. a) Program został wyposażony w prosty dla użytkownika system zadawania parametrów geometrycznych pompy. W odpowiednio skonfigurowanych plikach z danymi wsadowymi określa się podstawowe parametry geometryczne łopaty (m.in. takie jak: długości cięciw na poszczególnych przekrojach łopatkki, kąty pochylenia poszczególnych przekrojów w położeniu projektowym, składowe wektora odsunięcia środków profili od osi obrotu, etc. etc.) Siatka obliczeniowa generowana jest na łopatkach wirnika, łopatkach kierownic prostujących, obudowie oraz piaście pompy śmigłowej. Kąty pochylenia siatki na obudowie oraz piaście w obszarze wirnikowym dopasowuje się do kątów pochylenia skrajnych profili łopatkki wirnika. W obszarze zawirnikowym kąty siatki dostosowane są natomiast do kątów wiru spływowego z łopat wirnika. Plik wyjściowy programu zawiera dane położenia węzłów siatek wirowych wszystkich elementów pompy oraz dane geometryczne wydzielonej sekcji pompy. W programie obliczeniowym prowadzone są obliczenia tylko dla wydzielonej, powtarzalnej sekcji z uwzględnieniem wpływu całej geometrii. W skład danych opisujących sekcję obliczeniową wchodzi: – współrzędne punktów kontrolnych; – składowe wektorów normalnych, binormalnych i stycznych do powierzchni w punktach kontrolnych – powierzchnie oczek siatek.

pump. In adequately configured files, with input data, determined are basic geometrical parameters of the blade (amongst the other such as the chord lengths on particular cross-sections of blades, inclination angles of particular cross-section in the design location, vector components of eccentricity of the centers from the axis, etc). Calculation mesh is generated on the rotor blades, guide vane blades, the casing and the propeller pump hub. The inclination angles of meshes on the casing and the hub in the rotor region are adjusted to the inclination angles of terminal blade profiles of the rotor. In the region beyond the rotor the angles of meshes are adjusted to the angles of the wake vortex from the rotor blades. The output file contains data on the location of nodes of vortex meshes of all pump elements and the geometrical data of selected section of a pump. In the calculation code performed are calculations only of a selected, repeatable section with account of the influence of the entire geometry. The data describing the calculation section contain: coordinates of the control points, components of normal, binormal and tangent to the surface vectors in the control points, areas of the grid mesh.

annotation b), annotation c) modified has been a calculation code of earlier version of the program through its adjustment to the needs of the quasi-stationary analysis of the flow. The calculation model, utilized in the analysis of the fluid-flow system, is based on the method of a surface distribution of vor-

ad. b), ad. c) Zmodyfikowano kod obliczeniowy wcześniejszej wersji programu, dostosowując go do potrzeb analizy quasi-stacjonarnej przepływu. Model obliczeniowy wykorzystany do analizy układu przepływowego oparty jest na metodzie powierzchniowego rozkładu wirowości. Zadanie obliczeniowe w każdym kroku polega na wyznaczeniu natężenia układów wirów indukowanych przez przepływającą ciecz. Znajomość natężeń wirów związanych oraz spływowych pozwala w sposób jednoznaczny określić rozkłady prędkości stycznych oraz ciśnień na poszczególnych elementach pompy.

Dane parametry lokalne przepływu (prędkość oraz ciśnienie) wykorzystuje się do obliczenia charakterystyk pompowych wysokości podnoszenia H oraz mocy P w funkcji objętościowego natężenia przepływu Q .

Do weryfikacji programu wybrano pompę śmigłową 180P19 wyprodukowaną przez Warszawską Fabrykę Pomp. Wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych w szerokim zakresie pracy pompy pokrywają się z danymi eksperymentalnymi. Maksymalne różnice pomiędzy danymi eksperymentalnymi oraz wynikami numerycznej analizy (w skrajnych punktach obszaru obliczeniowego) nie przekroczyły 10%, co biorąc pod uwagę błędy samego pomiaru można ocenić jako wynik w pełni satysfakcjonujący.

2) Zagadnienia małej energetyki wodnej

W 2003 r. przeprowadzono badania turbiny o przepływie poprzecznym

ticity. The calculation problem at each step is based on determination of intensity of the system of induced vortices by the flowing liquid. Knowledge of the intensity of constrained and wake vortices enable unanimous determination of distributions of tangent velocities and pressures at particular pump elements.

Specified local flow parameters (velocity and pressure) are used in calculation of pump characteristic, i.e. the head H and power P in function of volumetric flow rate Q .

A propeller pump 180P19 has been used in verification of the code which is produced by a Warsaw Pump Factory. Results of carried out numerical calculations are consistent with experimental data for a wide range of pump operation. Maximum differences between the experimental data and results of numerical analysis (in extreme points of calculation domain) did not exceed 10%, which, bearing in mind the measurement errors, can be regarded as fully satisfactory.

2) Problems of small hydropower

In 2003 performed have been investigations of a turbine with a transverse flow (TPP) as well as developed has been a simplified methodology of estimation of motion parameters of rotors of Francis turbines. Formulated have been the conclusions from investigations of the TPP turbine, in particular these which indicate the appropriateness of investigations of cavitation properties of such turbines and the methods enabling operation of turbines under cavitation conditions of moderate rate. A

(TPP) oraz opracowano uproszczoną metodykę szacowania parametrów ruchowych wirników turbin Francisza. Sformułowano wnioski z badań turbiny TPP, w szczególności wskazujące na celowość zbadania własności kawitacyjnych takich turbin oraz zabiegów umożliwiających pracę turbin w warunkach kawitacji o umiarkowanym natężeniu. Przygotowano wersję roboczą informatora, w którym przedstawiono metody określania parametrów ruchowych turbin Francisza na podstawie wymiarów gabarytowych ich wirników. Finalna wersja informatora zostanie opracowana i wydana w ramach realizacji zadań projektu UE CLEANERPAS.

3) Kawitacja i erozja kawitacyjna

W zadaniu dotyczącym kawitacji i erozji kawitacyjnej wyodrębniono dwa kierunki: a) odporność kawitacyjna stopów metali tworzonych lub obrabianych za pomocą wiązki promieniowania laserowego, b) analiza zmian wybranych własności mechanicznych i cech strukturalnych niektórych tworzyw konstrukcyjnych.

W pierwszym kierunku prace obejmowały następujące zagadnienia badawcze:

- (1) wytwarzanie lub kształtowanie warstw powierzchniowych materiałów dla uzyskania wyższej odporności erozyjnej,
- (2) badanie cech materiałowych decydujących o poziomie odporności kawitacyjnej pokryć wykonanych przy użyciu technologii laserowych,

preliminary version of the information guide has been prepared where presented have been the methods of determination of motion parameters of Francis turbines on the basis of the dimensions of their rotors. A final version of the guide will be elaborated and published in the frame of realization of the tasks within the EU project CLEANERPAS.

3) Cavitation and cavitation erosion

In the problem regarding cavitation and cavitation erosion selected have been two directions: a) cavitation resistance of metal alloys formed or processed using the laser radiation beam, b) analysis of changes of selected mechanical properties and structural features of selected construction materials.

In the first direction the activities encompassed the following research objectives:

- (1) *Production or development of surface layers of materials to obtain a higher erosion resistance,*
- (2) *Investigations of material features deciding about the level of cavitation resistance of coatings manufactured using laser techniques,*
- (3) *Investigations of structural features influencing the course of erosion of materials containing metastable phases,*
- (4) *Investigations of relations between material resistance, exposed to the surface treatment, and the intensity and character of cavitation load,*

- (3) badanie cech strukturalnych wpływających na przebieg erozji materiałów zawierających fazy metastabilne,
- (4) badanie zależności odporności materiałów poddanych obróbce powierzchniowej od intensywności i charakteru obciążeń kawitacyjnych,
- (5) poszukiwanie metod podniesienia skuteczności napraw pokawitacyjnych maszyn i urządzeń hydraulicznych.
- (5) *Search for methods of increasing the efficiency of post-cavitation repairs of machines and hydraulic equipment.*

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. Badano próbki wykonane ze stali węglowej 45, chromowej 2H13, chromowo-niklowej 0H18N9T oraz żelaza Armco i obrobione powierzchniowo wiązką lasera CO₂ (lasery cw CO₂ 1,2 kW w IMP PAN w Gdańsku i 6 kW w Centrum Laserowych Technologii Metali w Kielcach). Testy kawitacyjne przeprowadzono w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN na stanowisku z wirującą tarczą oraz na stanowisku wibracyjnym. Obrazy powierzchni

The merit of experimental investigations were specific problems regarding the course of cavitation erosion of samples from different kinds of steel, which surface is modified by means of a laser beam and the influence of structural features and material properties on their cavitation resistance. Into operation were put testing equipment with a differentiated character and intensity of erosion interaction. In material investigations considered has been the chemical and phasic composition internal stresses and strength parameters of tested alloys. Investigated have been samples made of the carbon steel 45, chromic steel 2H13, chromic-nickel steel 0H18N9T and the Armco iron, which have been surface treated by means of the CO₂ laser beam (cw CO₂ laser 1.2 kW at IFFM PAS in Gdansk and 6 kW at the Centre of Laser Metal Technologies in Kielce). Cavitation tests have been carried out at the Institute of Fluid-Flow Machinery PAS on the stand with a rotating disc and the vibration rig. The images of sample surfaces were recorded by means of the scanning microscope Philips 30/ESEM. Metallographic structure of investigated materials were observed using the light and scanning microscopes. The chemical composition of layers formed by the laser beam were determined by means of the EDAX adapter, using the

próbek rejestrowano za pomocą mikroskopu skaningowego Philips 30/ESEM. Strukturę metalograficzną badanych materiałów obserwowano przy użyciu mikroskopów świetlnego i skaningowego. Skład chemiczny warstw formowanych wiązką laserową określano za pomocą przystawki EDAX, stosując spektroskopię dyspersyjną elektronów, a zawartość faz krystalograficznych za pomocą spektrometru Philips PW3040/00 X'Pert MPD metodą dyfrakcji promieni X. Ponadto dokonywano pomiarów wartości takich parametrów materiałowych jak naprężenia wewnętrzne, spetryfikowane w badanych warstwach, mikrotwardość oraz wytrzymałość na pękanie. Na ich podstawie oceniono zdolność testowanych struktur materiałowych do utwardzenia pod wpływem obciążeń mechanicznych.

Wyniki omawianych prac 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 promieniowania laserowego.
- Wytypowano najodporniejsze rodzaje struktur fazowych.
- Ustalono, że pomimo zmodyfikowania warstwy wierzchniej lub naniesienia warstwy pokryciowej, istotny wpływ na odporność erozyjną tak ukształtowanego mate-

electrone disperse spectroscopy, whereas the content of the crystallographic phases was determined by means of the spectrometer Philips PW3040/00 X'Pert MPD by means of X-ray diffraction. Additionally carried out were measurements of values of such material parameters as internal stresses, petrified in investigated layers, microhardness and the crack resistance. On such basis determined were the ability of tested material structures to hardening under the influence of mechanical load.

The results of discussed works can be summarized in the following way:

- *Invented have been new, resistant to cavitation erosion, surface metal alloys and investigated has been a role of selected alloy elements in formation of the level of cavitation resistance of materials processed by means of laser radiation beam.*
- *Selected have been most resistant types of phasic structures.*
- *It has been determined, that apart from modification of the surface layer or putting coating there is an important influence of the kind of material on the erosion resistance (so called foundation to the surface layer). It has been determined that achieving of adequately high increase of material cavitation resistance through leading to changes in the region of its surface layer will only be then when in the design stage of the*

riału ma jego rodzaj (tzw. podłoże w stosunku do warstwy powierzchniowej). Ustalono, że osiągnięcie odpowiednio wysokiej poprawy odporności kawitacyjnej materiału poprzez doprowadzenie do zmian w obrębie jego warstwy powierzchniowej nastąpi jedynie wtedy, gdy przy projektowaniu metody obróbki uwzględni się specyfikę materiału podłoża.

- Przebadano wpływ właściwości fizycznych stopów metali na ich odporność kawitacyjną oraz wyróżniono najważniejsze parametry decydujące o odporności materiałów w danych warunkach doświadczalnych.

W drugim kierunku badania dotyczyły stopu aluminium PA2, miedzi M1E, brązu aluminiowego BA1032 oraz stali nierdzewnej 1H18N9T. Materiały te poddawano obciążeniu kawitacyjnemu o różnej intensywności na stanowisku z komorą kawitacyjną Erdmanna-Jesnitzera. Zakres badań obejmował wyznaczenie krzywych erozyjnych badanych materiałów; pomiary zmian mikrotwardości w okresie inkubacyjnym erozji kawitacyjnej; analizę uszkodzeń warstwy wierzchniej w zależności od intensywności kawitacji na mikroskopie optycznym i skaningowym.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono: zależności ubytku masy po określonym czasie erozji od intensywności kawitacji; zależności szybkości erozji wybranych materiałów od czasu ekspozycji dla różnych intensywności

material processing considered will be the material foundation specifics.

- *Investigated has been the influence of physical properties of metal alloys on their cavitation resistance and distinguished have been the most important parameters deciding about the material resistance in given experimental conditions.*

In the second direction investigations regarded the aluminum alloy PA2, copper M1E, aluminum bronze BA1032 and the stainless steel 1H18N9T. These materials were exposed to cavitation load with different intensity on the rig with a cavitation chamber of Erdmann-Jesnitzer. The scope of investigations encompassed determination of the erosion curves of investigated materials, measurements of microhardness changes in the incubation period of cavitation erosion, analysis of damages to the surface layer with respect to cavitation intensity on the optical and scanning microscope.

On the basis of conducted investigations determined have been the relations of the mass decrements after specified period of erosion on the cavitation intensity, relations between the rate of erosion of selected material on the exposure time for different cavitation intensity, relation of the rate of erosion under steady state conditions on the cavitation intensity, relations of the material microhardness changes at different depths under the exposed surface for different cavitation intensities.

sywności kawitacji, zależności szybkości erozji w okresie ustalonym od intensywności kawitacji, zależności zmian mikro-twardości materiałów na różnych głębokościach pod powierzchnią eksponowaną dla różnych intensywności kawitacji.

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

Prace prowadzone w Zakładzie 3 Hydromechaniki Okrętowej od wielu lat nakierowane są na rozwijanie procedur obliczania przepływów dla zastosowań w okrętownictwie. Od kilku lat coraz silniej akcentowany jest aspekt wykorzystania tych procedur także do wyznaczania innych przepływów – w energetycznych maszynach hydraulicznych i wiatrakach. Potwierdza to o duży potencjał tkwiący w narzędziach numerycznych, których odpowiednie umiejętne wykorzystanie może wydatnie pomóc w rozwiązywaniu problemów przepływowych na wielu innych polach poza okrętownictwem.

W 2003 r. wyodrębniono 4 zadania: a) określanie pola prędkości w części rufowej statku i opracowanie nowej metodyki prognozowania mocy napędowej statku, b) badania zjawisk związanych z opływem ciał dowolnego kształtu, c) modernizacja i budowa nowych programów komputerowych przeznaczonych do analizy pracy śrub okrętowych i programu PANSHIP, d) metodyka i techni-

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

Activities carried out in the Division 3 of Marine Hydromechanics for several years now are focused on the development of calculation of flow procedures for applications in marine industry. For several years now the aspect of utilization of such procedures is more and more strongly stressed in calculation of other flows- in hydraulic machinery and wind mills. This confirms a significant potential present in numerical tools, of which adequate utilization can extensively help in solving numerical hydraulic problems in many other fields outside marine industry.

In 2003 four problems have been selected: a) determination of velocity field in the stern part of the ship and development of a new technology of forecasting of the ship driving power, b) investigations of phenomena related to the flow around bodies of arbitrary geometry, c) modification and development of new computer software for the analysis of operation of marine propellers and the suite of codes PANSHIP, d) methodology and techniques of experimental investigations. Apart from the problems d) works have been continuation of the topics from previous years.

Developed have been adequate calculation procedures enabling analysis of field in arbitrary cross-sections beyond

ka badań eksperymentalnych. Poza zadaniem d) prace stanowiły kontynuację tematyki podjętej w latach ubiegłych.

Opracowano odpowiednie procedury obliczeniowe umożliwiające analizę pola prędkości w dowolnych przekrojach przed śrubą, w tym również mierzalnego całkowitego pola prędkości (łącznie pole indukowane przez kadłub i śrubę). Umożliwi to weryfikację obliczeń w konfrontacji z wynikami pomiarów tego pola na modelach statków na basenie modelowym. Dość kosztowne badania modelowe będą przedmiotem Projektu Badawczego pt. *Badania numeryczne i eksperymentalne wpływu pracy śruby napędowej w części rufowej statku.*

Zaproponowano zmiany w metodyce prognozowania mocy napędowej statku w fazie jego wstępnego projektowania. Zmiany dotyczą tych wielkości, które dotąd określane są niejednoznacznie oraz ograniczenia ilości parametrów, które wymagają korekty na efekt skali. Nowa metodyka oparta została na nowej definicji śruby swobodnej w pełni ekwiwalentnej do śruby zakadłubowej. Pełna ekwiwalentność polega na spełnieniu żądania, by wszystkie globalne wielkości hydrodynamiczne obu śrub były sobie równe: współczynniki naporu i momentu oraz współczynniki obciążenia naporem i momentem, sprawność. Wykazano, że dla zadanych parametrów KTB i KQB śruby zakadłubowej można z jednoparametrowej rodziny śrub swobodnych (ze współczynnikiem skoku jako parametrem rodziny) wybrać jedną jedyną, która spełnia zde-

the propeller, including also the measurable total velocity field (a total induced field by the hull and the propeller). This will enable verification of calculations in confrontation with the results of measurements of that field on the models of ships in the modeling pool. Rather expensive modeling investigations will be the object of investigations in the frame of a research project titled Numerical and experimental investigations of the influence of propeller operation in the stern part of the ship.

Postulated have been changes in methodology of prognosing the ship's driving power in the preliminary stage of design. These changes pertain to these quantities, which up till now were determined not unanimously as well as limitation of these parameters, which require correction to include the effect of scale. New methodology has been based on a new definition of a 'free propeller', which is equivalent to the traditional propeller. A full equivalency is based on obeying the requirement that all global hydrodynamical quantities of both propellers were equal to each other, i.e. thrust and torque coefficients as well as coefficients of thrust and moment load, and efficiency. It has been shown that for specified values of parameters KTB and KQB of the propeller there can be deduced one and only one propeller from a single-parameter of free propellers (with the pitch coefficient as a parameter), which obeys predefined equation of equality of the size of both propellers. Four equations obeying these

finiowane żądanie równości tych wielkości obu śrub. Cztery równania spełniające te żądania pozwalają określić niezależnie dla modelu i statku efektywne prędkości średnie, współczynniki posuwu, efektywne współczynniki średniego skoku oraz ekwiwalentne śruby swobodne w skali modelu i statku.

Opracowano nową procedurę do programu UNCAVN umożliwiającą analizę pracy układów tandem współbieżnych (STW) w niejednorodnym polu prędkości. Przemysł okrętowy przejawia coraz większe zainteresowanie układami śrub tandem współbieżnych i praca wychodzi naprzeciw tym zainteresowaniom. Zmodernizowano program CHADSK do określania charakterystyk hydrodynamicznych śruby w polu osiowo-symetrycznym. Opracowano odpowiednie procedury do graficznej kontroli danych wejściowych i analizy wyników obliczeń oraz program graficzny do prezentowania pola ciśnień na kadłubie statku współpracujący z systemem komputerowym PANSHIP.

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

W ramach tego tematu wyodrębniono 4 kierunki prac badawczych: 1. konwekcja w warstwie cieczy ogrzewanej radiacyjnie, 2. sprzężona kondukcyjno-radiacyjna wymiana ciepła w upakowanych złożach - kontynuacja badań teoretycznych i doświadczalnych, 3. wymiana ciepła w upakowanych złożach w

requirements enable to determine, independently for the model and a ship, effective mean velocities, translation coefficients, effective coefficients of the mean pitch and equivalent free propellers in the scale of a model and a ship.

Developed has been a new procedure to compliment the code UNCAVN enabling analysis of operation of the systems of co-current tandem type (STW) in non-homogeneous velocity field. The marine industry expresses increasing interest in the systems of co-current tandem propellers and that work meets such interest. Modified has been the code CHADSK for determination of hydrodynamical characteristics of propellers in axially symmetrical field. Developed have been adequate procedures for graphical control of input data as well as analysis of the results of calculations and the graphical code for presentation of pressure fields on the ship's hull, which is compatible with the suite of codes PANSHIP.

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

In the frame of that topic selected have been 4 directions of investigations: 1. convection in the liquid layer heated in the radiative manner, 2. coupled conduction-radiation heat transfer in packed beds – continuation of theoretical and experimental investigations, 3. heat transfer in packed beds under conditions of forced convection

warunkach konwekcji wymuszonej przy małych wartościach liczby Reynoldsa, 4. wykorzystanie naturalnej konwekcji do transportu ciepła w gruncie.

1. Konwekcja w warstwie cieczy ogrzewanej radiacyjnie

W ramach tego kierunku głównym celem prac było jakościowe i w miarę możliwości ilościowe określenie wpływu energii promieniowania pochłanianego przez opromienioną warstwę cieczy na warunki startu konwekcji naturalnej, dla której źródłem ciepła jest promieniowanie pochłaniane przez płytę ograniczającą warstwę cieczy od dołu. Przeprowadzono uzupełniające pomiary wizualizacyjne. Przygotowana została rozprawa doktorska R. Fijała *Konwekcja w warstwie cieczy ogrzewanej radiacyjnie*, obroniona 30. czerwca 2003 r.

2. Sprzężona kondukcyjno-radiacyjna wymiana ciepła w upakowanych złożach – kontynuacja badań teoretycznych i doświadczalnych

Kontynuowano prace teoretyczne i doświadczalne nakierowane na opisanie zjawisk, w szczególności na wyjaśnienie obserwowanego w badaniach doświadczalnych dużego udziału transportu energii promieniowania w całości transportu energii w początkowej fazie nagrzewania złoża promieniowaniem. W stanie ustalonym sprzężonej kondukcyjno-radiacyjnej wymiany ciepła udział transportu radiacyjnego okazuje się być kilkakrotnie mniejszy niż w fazie początkowej.

3. Wymiana ciepła w upakowanych złożach w warunkach kon-

heat transfer in packed beds under conditions of forced convection at small values of the Reynolds number, 4. implementation of natural convection for recovering heat transport from the soil.

1. Convection in the liquid layer heated in the radiative manner

In the frame of that direction the principal objective was a qualitative and possibly a quantitative determination of the influence of radiation energy absorbed by the irradiated liquid layer in the conditions of the beginning of natural convection, of which the heat source is radiation absorbed by a plate constraining the liquid layer from the bottom. Carried out have been supplementary visualization measurements. Completed has been the doctoral dissertation by R. Fijała titled Convection in the radiatively heated liquid layer which had been defended on 30th June 2003.

2. Coupled conduction-radiation heat transfer in packed beds – continuation of theoretical and experimental investigations

Continued have been theoretical and experimental works focused on description of phenomena, in particular explanation of experimentally observed large share of radiation energy transport in the whole energy transport during the initial phase of the bed heated by radiation mechanism. Under the steady-state conditions of conduction-radiation heat transfer the share of radiation transport seems to be several times smaller than in the initial phase.

wekcji wymuszonej przy małych wartościach liczby Reynoldsa

W ramach tego kierunku prac znacznie zaawansowana została budowa stanowiska doświadczalnego. W 2004 r. przewiduje się przeprowadzenie pomiarów, które są częścią przygotowywanej pracy doktorskiej.

4. Wykorzystanie naturalnej konwekcji do transportu ciepła w gruncie

Celem prac w tym kierunku jest określenie ilości ciepła do dyspozycji w przypowierzchniowej warstwie gruntu, jaka może być pozyskana z warstw głębiej położonych przy wykorzystaniu tylko konwekcji naturalnej, w zależności od występującego pionowego rozkładu temperatury w gruncie oraz jego własności cieplnych.

Przeprowadzono oszacowanie parametrów stanowisk modelowego laboratoryjnego oraz przewidywanego w skali technicznej. Uzupełniono studia literaturowe. Prace w tym kierunku mają zakończyć się w okresie około dwóch lat przygotowaniem rozprawy doktorskiej.

Problematyka badawcza zawarta w omówionych powyżej tematach, realizowanych w 2003 r., ma niewątpliwie wysokie wartości poznawcze i aplikacyjne. Świadczy o tym zainteresowanie odbiorców wyników, akceptacja prac zgłaszanych do publikacji przez bardzo dobre czasopisma czy konferencje, a także fakt uzyskiwania w tej tematyce projektów badawczych.

Cele poznawcze prac badawczych w

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

In the frame of that direction of activities significantly advanced has been the construction of the research rig. In 2004 envisaged are measurements, which will form a part of doctoral dissertation under preparation.

4. Implementation of natural convection for recovering heat from the soil

The objective of the works in that direction is determination of the amount of heat at disposal in the near-surface layer of soil, which can be acquired from the deeper layers using only the natural convection with respect to existent vertical temperature gradient in the soil and its thermal properties.

The scope of research topics contained in the discussed above problems, which have been under scrutiny in 2003, is definitely of significant fundamental and application value. This is confirmed by the interest of the recipients of the results, acceptance of works submitted for publication in respected journals and conferences, as well as the fact of obtaining research grants in that area.

The fundamental issues of research works at the Division of Research and Diagnostics of Hydraulic Machinery, and the Division of Cavitation and Design of Hydraulic Machinery are confined around the refinement of modeling

Zakładach Badań i Diagnostyki Maszyn Hydraulicznych i Kawitacji i Projektowania Maszyn Hydraulicznych to doskonalenie metod modelowania, prognozowania eksploatacji i projektowania maszyn hydraulicznych i instalacjami przepływowych poprzez pogłębianie rozpoznania zjawisk.

W Zakładzie Hydromechaniki Okrętowej kontynuowane są prace nad rozwojem metod numerycznego modelowania w zastosowaniu do badań modelowych statków i okrętów, przy tym szczególną uwagę poświęca się napędowi. Trwa odbudowa kadry naukowej, kontynuowane jest szkolenie w zakresie wykorzystywania metod 3D do obliczeń przepływów w maszynach hydraulicznych i instalacjach.

Podsumowując można stwierdzić, że realizacja prac statutowych w Ośrodku Mechaniki Cieczy przebiegała w 2003 r. prawidłowo, choć dorobek publikacyjny należy ocenić jako niesatysfakcjonujący i przewiduje się podjęcie wysiłków w celu jego zwiększenia w 2004 r.

Konsekwentnie, mimo trudności z pozyskaniem nowej kadry, uzupełnia się obsadę zakładów i podnosi kwalifikacje zwłaszcza młodych pracowników. W 2003 r. obronione zostały 2 prace doktorskie i złożona została w redakcji 1 rozprawa habilitacyjna.

Utrzymywane i pielęgnowane są kontakty z partnerami z przemysłu i gospodarki, co przynosi bardzo dobre rozeznanie ich potrzeb – i uzupełnienie środków finansowych na prace badawcze.

Perspektywy na najbliższą przy-

methods, exploitation prognosis and design of hydraulic machinery and installations through deepening of the understanding of related phenomena.

In the Division of Marine Hydromechanics continued are works on the development of methods of numerical modeling in application to modeling investigations of ships and vessels, with a particular focus on the propelling systems. There is a continuous rebuilt of the scientific staff, continued are activities in the area of utilization of 3D methods for flow calculations in hydraulic machinery and installations.

Summarising it can be concluded that realization of statutory works at the Centre for Liquid Mechanics was taking place in 2003 properly, however the publishing achievements were not satisfactory and an effort is envisaged to change it in 2004.

Consequently, despite problems in acquiring new staff, the number of employees in divisions is steadily increasing and their qualifications raised, particularly of young staff. In 2003 defended have been 2 doctoral dissertations and one habilitation has been completed.

The contacts with industry are sustained and carefully maintained, which returns a very good recognition of their needs as well as funds to supplement research.

The forecasts for a near future of the Centre for Liquid Mechanics are good, particularly in the light of the fact of acquired European Union grant CLEANERPAS. Its realization will involve

szłość dla Ośrodka Mechaniki Cieczy są dobre, zwłaszcza z uwagi na pozyskany z Unii Europejskiej projekt CLEANER-PAS. Jego realizacja będzie wymagała zaangażowania praktycznie wszystkich pracowników Ośrodka. Z jednej strony realizacja tego projektu może okazać się czynnikiem aktywizującym współpracę zagraniczną i pozyskiwanie nowych partnerów w kraju. Z drugiej strony jest to czynnik nie sprzyjający zwiększaniu aktywności publikacyjnej, ponieważ na pierwszym miejscu stawiane są zadania nakierowane na wykorzystanie wyników prac w praktyce.

practically all staff from the Centre. On one hand realization of that project can strike international cooperation and finding new partners in Poland. On the other hand, this is a factor, which impedes the publishing activity, as at a first instance the problems focused on application of the results in practice are placed.

Brunon Grochal

Translated by Dariusz Mikielwicz