

P O L S K A   A K A D E M I A   N A U K  
INSTYTUT MASZYN PRZEPLYWOWYCH

PRACE  
INSTYTUTU MASZYN  
PRZEPLYWOWYCH

TRANSACTIONS  
OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

83-84

WARSZAWA - POZNAŃ 1983

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

---

# PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

\*

## THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

---

### RADA REDAKCYJNA—EDITORIAL BOARD

TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI  
STEFAN PERYCZ · WŁODZIMIERZ PROSNAK · KAZIMIERZ STELLER  
ROBERT SZEWAŁSKI (PRZEWODNICZĄCY - CHAIRMAN) · JÓZEF ŚMIGIELSKI

### KOMITET REDAKCYJNY—EXECUTIVE EDITORS

KAZIMIERZ STELLER — REDAKTOR — EDITOR  
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI  
ANDRZEJ ŻABICKI

### REDAKCJA—EDITORIAL OFFICE

Instytut Maszyn Przepływowych PAN  
ul. Gen. Józefa Fiszer 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright  
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe  
Warszawa 1983

Printed in Poland

ISBN 83-01-04553-1  
ISBN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 340+90 egz.	Oddano do składania 17 VI 1982 r.
Ark. wyd. 21,5. Ark. druk. 16,75+1 wkl.	Podpisano do druku 22 IV 1983 r.
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g	Druk ukończono w maju 1983 r.
Nr zam. 489/184.	E-9/215. Cena zł 200,—

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

# HYDROFORUM

KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

na temat

PROBLEMY ROZWOJU HYDRAULICZNYCH MASZYN  
WIROWYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POTRZEB  
ENERGETYKI

Porąbka-Kozubnik, 20 - 23, września 1980 r.

\*

# HYDROFORUM

SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE

on

DEVELOPMENT PROBLEMS OF HYDRAULIC TURBOMACHINES  
WITH SPECIAL ACCOUNT OF THE NEEDS OF POWER ENGINEERING

Porąbka-Kozubnik, September 20 - 23, 1980

\*

# ГИДРОФОРУМ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

на тему

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ МАШИН  
С ОСОБЫМ УЧЕТОМ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ

Поромбка-Козубник, 20 - 23 сентября 1980 г.

KAZIMIERZ STELLER, EUGENIUSZ PARTYKA

Gdańsk\*

## O przewidywaniu odporności materiałów konstrukcyjnych na erozję kawitacyjną

Zwrócono uwagę na różne sposoby oceny odporności materiałów na kawitację oraz na ich niejednakową reakcję na zmianę warunków kawitacyjnych. Stąd wysnuto wniosek, iż do trafnego prognozowania odporności materiału na działanie kawitacji nie wystarczy znajomość wyników testowania próbek, lecz potrzebna jest także znajomość obciążenia materiału wywołanego implozją pęcherzyków kawitacyjnych. W związku z tym omówiono mierniki natężenia kawitacji oraz wskazano na ich związek z erozją kawitacyjną. W zakończeniu przedstawiono sposób postępowania przy ocenie zagrożenia materiału erozją oraz podczas przewidywania trwałości materiału w warunkach naturalnych.

### 1. Ocena odporności materiałów na działanie kawitacji

Odporność materiałów na działanie kawitacji ocenia się przeważnie na podstawie testowania próbek w warunkach laboratoryjnych. Na ogół jest to ocena względna. Opiera się na porównywaniu zmian w jednym materiale, np. wzorcowym, w stosunku do zmian w drugim. Za miarę odporności przyjmuje się najczęściej:

- ubytek objętościowy ( $V$ ) lub masowy ( $m$ ) materiału, względnie głębokość ( $g$ ) wżerów kawitacyjnych,
- wartości wskaźników charakteryzujących intensywność niszczenia lub zdolność materiału do przeciwstawiania się niszczącemu działaniu kawitacji, np. maksymalną szybkość erozji ( $v_{\max}$ ,  $MDPR_{\max}$ ), odporność ( $1/MDPR$ ), czas inkubacji ( $\tau_{inc}$ ) lub czas inicjacji ( $\tau_i$ ).

Niektóre z wymienionych wielkości przyjęto uważać za szczególnie przydatne do oceny materiałów. Wyrazem tego są ustalenia zawarte w normach amerykańskich [10] i czeskosłowackich [9], które stanowią, że podstawą oceny powinny być ubytki materiału w funkcji czasu.

Klasyfikacja materiałów na podstawie przebiegu odpowiednich krzywych erozji  $V = f(t)$  nie zawsze jest klasyfikacją jednoznaczną. Z kolei ocena materiałów oparta na powszechnie znanych wskaźnikach kryterialnych, takich jak np. czas inkubacji lub inicjacji, ubytki masowe czy maksymalna szybkość erozji, nie jest oceną pełną [5, 7]. Spowo-

\* Instytut Maszyn Przepływowych PAN.

dowane jest to głównie tym, że wspomiane wskaźniki określają zachowanie się materiału tylko w niektórych okresach niszczenia. W celu uwzględnienia wszystkich etapów zaproponowano [6] nowy wskaźnik — trwałość średnią  $\bar{\delta}_{cav}$  — którego wartość jest ustalana na podstawie znajomości przebiegu całej krzywej erozji. Przybliżoną wartość tego wskaźnika oblicza się ze wzoru

$$\bar{\delta}_{cav} = (e^{k\tau} - 1) / \kappa V_{\tau},$$

w którym  $V_{\tau}$  jest ubytkiem objętościowym materiału testowanego w czasie  $\tau$ , natomiast współczynnik  $\kappa$  określony jest zależnością

$$\kappa \approx \frac{3}{\tau} \frac{V_{\tau} \tau - 2 \int_0^{\tau} V dt}{V_{\tau} \tau}.$$

Oprócz doboru wyróżników klasyfikacyjnych otwarta pozostaje sprawa trafności i jednoznaczności oceny [7]. Chodzi tu o niejednoznaczność spowodowaną brakiem odpowiedniości między różnymi kryteriami oceny oraz między różnymi warunkami testowania próbek. Ta ostatnia okoliczność wiąże się z niejednakową wrażliwością materiałów na zmianę obciążeń dynamicznych i z niewyjaśnionym dotąd [2, 3, 7] wpływem efektu skali na przebieg zniszczeń kawitacyjnych.

## 2. Reakcja materiału na zmianę warunków kawitacyjnych

Wpływ warunków testowania próbek na ocenę materiału ilustrują wyniki badań własnych przedstawione na rysunku 1 oraz w tabelach I i II. Krzywe względnej szybkości erozji zamieszczone na rysunku 1 ukazują różnice między zachowaniem się tego samego materiału (technicznie czystego żelaza) na stanowisku magnetostrykcyjnym (*WM*), z wirującą tarczą (*PT*) i uderzającą strugą (*US*). Ilościowym wskaźnikiem różnej reakcji ma-

Tabela I

Względna odporność materiałów na erozję kawitacyjną określona na podstawie testowania próbek na różnych stanowiskach (ocena wg maksymalnej szybkości niszczenia odniesiona do żelaza E04)

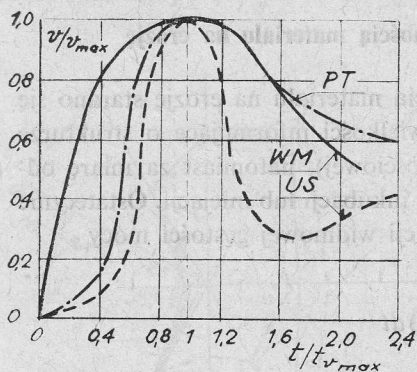
Stanowisko badawcze	Materiał				
	E04	St3	L1H13N	45	BM 12733
magnetostrykcyjna ( <i>WM</i> )	1	1,1	1,3	3,4	8,5
wirująca tarcza ( <i>PT</i> )	1	1,4	1,2	2,3	4,1
uderzająca struga ( <i>US</i> )	1	1,0	1,4	1,1	1,6

teriałów na zmianę warunków badań są liczby zamieszczone w tabelach I i II. Liczby w tabeli I świadczą o niejednakowej klasyfikacji materiałów i niejednakowym zróżnicowaniu ocen między tymi samymi materiałami testowanymi w różnych warunkach; największe zróżnicowanie uzyskano z badań metodą wibracyjną (*WM*), najmniejsze — z badań metodą uderzeniową (*US*). Z kolei liczby w tabeli II ujawniają fakt, iż zmiany trwałości

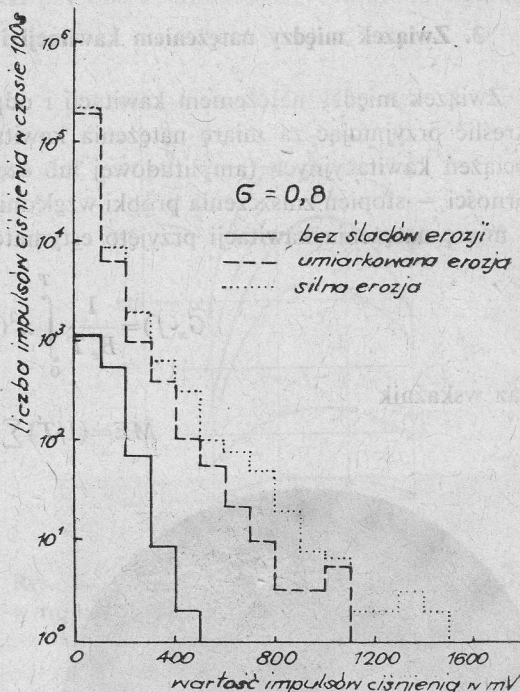
materiału, spowodowane zmianami prędkości ( $v$ ), zależą od rodzaju materiału. Można przypuszczać, że uwarunkowania te są odpowiedzialne za niejednomyślne\* opinie co do wartości wykładnika  $n$  ( $n_*$ ) występującego we wzorze:

$$I \propto v^n \quad \text{lub} \quad I_* \propto (v - v_0)^{n_*},$$

gdzie  $I_*$  oznacza intensywność erozji, a  $v_0$  prędkość progową, przy której nie występują jeszcze zniszczenia.



Rys. 1. Zmiana względnej szybkości niszczenia żelaza technicznie czystego na stanowisku magnetostrykcyjnym (WM), z wirującą tarczą (PT) i uderzającą strugą (US)



Rys. 2. Rozkłady impulsów ciśnienia w zależności od skutków ich oddziaływania na próbki z ołowiu

Tabela II

Wpływ prędkości obwodowej próbek testowanych na stanowisku z wirującą tarczą na trwałość materiału  $\delta_{obv}$

Prędkość obwodowa [m/s]	Względna prędkość obwodowa	Wskaźnik odporności $\delta_{obv}$			Względna wartość $\delta_{obv}^*$		
		Cu	Al	Zn	Cu *	Al	Zn
42,1	1,0	5,8	3,1	1,4	1	1	1
32,8	0,78	628	225	19	108	72	13,5
23,4	0,56	po 40h ubytków nie stwierdzono		42	nie określono		30

Z przedstawionych danych wynika, że do trafnego prognozowania reakcji materiału na kawitację występującą w naturze nie wystarczy testowanie próbek w warunkach laboratoryjnych. Oznacza to również, że przewidywanie zachowania się materiału w innych

\* Wykładniki potęgowe  $n(n_*)$ , według różnych źródeł [8], przyjmują wartości od 3 do 10. Nie brak jednak informacji [1] o jeszcze mniejszych (od 3), względnie jeszcze większych (od 10) wartościach  $n(n_*)$ .

warunkach od warunków testowania próbek wymaga uwzględnienia formy, poziomu i częstotliwości obciążeń wywołanych implozją pęcherzyków kawitacyjnych. Związek między obciążeniem materiału i erozją ilustrują amplitudowe rozkłady impulsów ciśnienia\* przedstawione na rysunku 2. Rozkłady impulsów wskazują, że ich widmo jest szerokie i że stosunek implozji „nieniszczących” do „niszczących” jest bardzo duży (dużo impulsów nie ma dostatecznej mocy do spowodowania odkształceń plastycznych w materiale). Dla danego materiału (ołowiu) próg odporności oceniono na 600 mV.

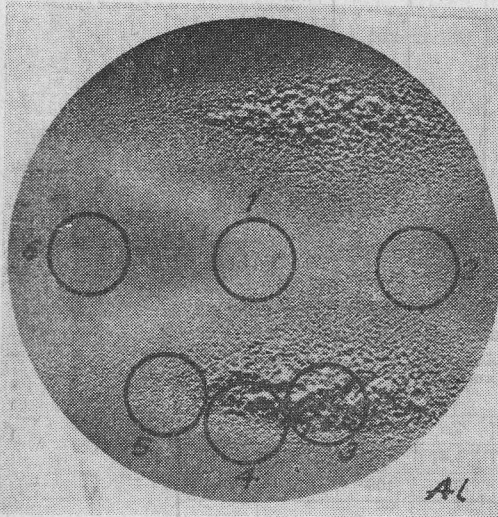
### 3. Związek między natężeniem kawitacji i odpornością materiału na erozję

Związek między natężeniem kawitacji i odpornością materiału na erozję starano się określić przyjmując za miarę natężenia kawitacji\*\* wielkości informujące o strukturze obciążeń kawitacyjnych (amplitudowej lub częstotliwościowej), natomiast za miarę odporności – stopień zniszczenia próbki względnie okres inkubacji lub inicjacji. Ostatecznie za miarę natężenia kawitacji przyjęto estymator funkcji widmowej gęstości mocy

$$\hat{G}_x(f) = \frac{1}{B_e T} \int_0^T x^2(t, f, B_e) dt$$

oraz wskaźnik

$$ME = (1/T) \sum n_i p_i^2,$$



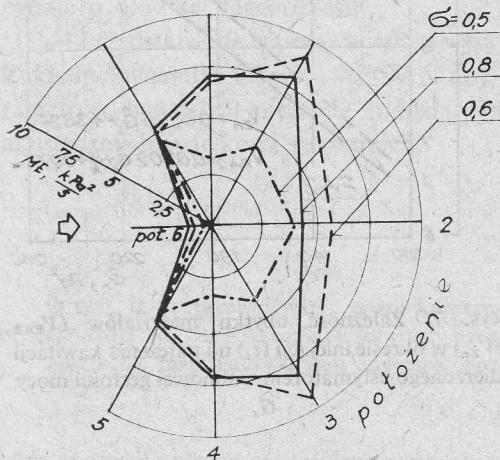
Rys. 3. Próbką materiału po badaniach na stanowisku przepływowym; kółka wskazują na miejsca pomiaru impulsów ciśnienia pochodzących od implozji pęcherzyków kawitacyjnych

\* Impulsy ciśnienia mierzono za pomocą piezoelektrycznego przetwornika ciśnienia PCB o średnicy membrany 5,5 mm, czułości 0,145 mV/kPa i częstotliwości rezonansowej 500 kHz.

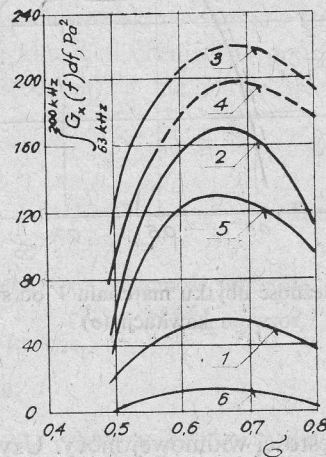
\*\* Należy przypuszczać, że najlepszym wskaźnikiem natężenia kawitacji byłyby rzeczywiste wartości obciążeń działających na powierzchnię ograniczającą przepływ. Jednak ze względu na małe rozmiary stref implozji (rzędu  $10^{-10} \text{ m}^2$ ) oraz szybkie narastanie ciśnień (czas narastania  $10^{-7} - 10^{-6} \text{ s}$ ) możliwości pomiaru są ograniczone. W związku z tym natężenie kawitacji oceniano na podstawie średniej energii dostarczonej do przetwornika ciśnienia o odpowiednio szerokim pasmie przenoszenia częstotliwości.

gdzie  $T$  oznacza czas uśredniania,  $x(t, f, B_e)$  – część sygnału wejściowego  $x(t)$  na wyjściu wąskopasmowego filtra o szerokości pasma przepustowego  $B_e$  i częstotliwości środkowej  $f$ , a  $n_i$  – liczbę impulsów o ciśnieniu  $p_i$ .

O tym, że stopień uszkodzenia materiału wskutek kawitacji jest ściśle związany z wartością wskaźników  $ME$  i  $\hat{G}_x$  świadczą wyniki badań przedstawione na rysunkach 3, 4 i 5. Rysunek 3 ukazuje fotografię zerodowanej próbki z zaznaczonymi miejscami osadzenia przetworników PCB, które zamiennie z próbką przejmowały impulsy ciśnienia pochodzące od implozji pęcherzyków kawitacyjnych. Z kolei na rysunku 4 przedstawiono wykres



Rys. 4. Rozkład natężenia kawitacji (wskaźnika  $ME$ ) dla  $\sigma=0,5, 0,6$  i  $0,8$



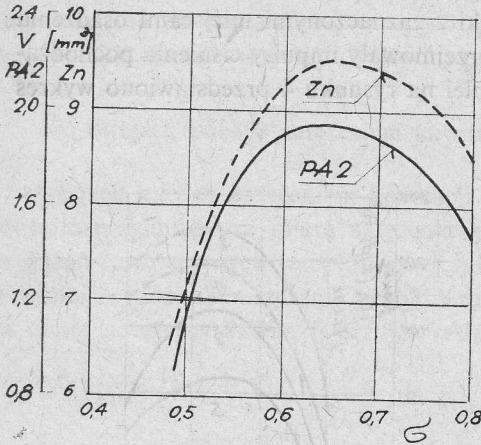
Rys. 5. Zmiana widmowej gęstości mocy  $\hat{G}_x$  w różnych miejscach obłoku kawitacyjnego w zależności od stopnia rozwoju kawitacji ( $\sigma$ )

kołowy ilustrujący rozkład wskaźnika  $ME$  dla  $\sigma = \text{const}$ , a na rysunku 5 krzywe  $\hat{G}_x = f(\sigma)$  odnoszące się do uprzednio wskazanych miejsc na próbce. Porównując otrzymane wyniki między sobą stwierdzimy, że między wskaźnikami natężenia kawitacji i erozją występuje ścisła współzależność. Uzyskane wyniki wskazują również na celowość selekcji impulsów i posługiwania się odpowiednimi progami dyskryminacji; zarówno rysunek 3 jak i rysunki 4 i 5 świadczą o tym, że poziom obciążeń w różnych miejscach obłoku kawitacyjnego jest różny i że poza uderzeniami o działanie erozyjnym występują słabsze uderzenia, które nie powodują niszczenia materiału. Przy okazji potwierdzono znany fakt [8], iż natężenie kawitacji (a przez to i erozji) osiąga maksymalną wartość przy pewnej, określonej liczbie kawitacji (rys. 5 i 6).

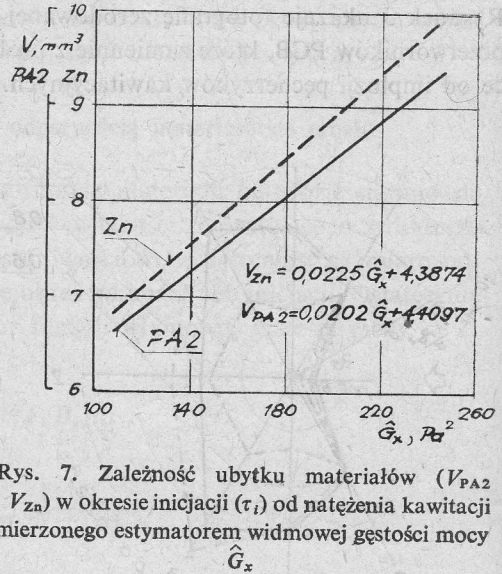
Poszukując związku między natężeniem kawitacji i stopniem uszkodzenia materiału przyjęto na wstępie, że związek ów powinien odnosić się do początkowego okresu niszczenia. Uzasadnia się to m.in. tym, że w okresie inkubacji (inicjacji) warunki doprowadzania energii do materiału są prawie stałe (nie występuje rozproszenie energii z powodu wżerów kawitacyjnych) i że energia uderzenia jest zużywana przede wszystkim na podwyższenie energii wewnętrznej materiału.



Na rysunku 7 przedstawiono wyniki testowania dwóch próbek: ze stopu aluminium (PA2) i cynku (Zn), przy różnym natężeniu kawitacji. Ubytki materiału  $V$  odnoszą się do początkowego okresu niszczenia (który „mieści” się w okresie inicjacji), natomiast miarą natężenia kawitacji był estymator  $\hat{G}_x(f)$  wyznaczony za pomocą analogowego ana-



Rys. 6. Zależność ubytku materiału  $V$  od stopnia rozwoju kawitacji ( $\sigma$ )



Rys. 7. Zależność ubytku materiałów ( $V_{PA2}$  i  $V_{Zn}$ ) w okresie inicjacji ( $\tau_i$ ) od natężenia kawitacji mierzonego estymatorem widmowej gęstości mocy  $\hat{G}_x$

lizatora gęstości widmowej mocy. Uzyskane zależności są zależnościami liniowymi. Stwarzają one podstawę do prognozowania trwałości materiałów na erozję w różnych warunkach. Można zatem przypuszczać, iż w celu oceny zagrożenia erozją lub przewidywania trwałości materiału w naturze, należy znać wyniki testowania próbek w warunkach laboratoryjnych (o znanym natężeniu) oraz natężenie kawitacji w warunkach naturalnych. Pogląd ten uzasadniają również wywody zamieszczone w Dodatku.

Przewidywanie przebiegu erozji w naturze wymaga oczywiście dodatkowych informacji, a mianowicie znajomości związku między natężeniem kawitacji i zachowaniem się materiału w różnych okresach niszczenia. Pewną wskazówką dla tego rodzaju przewidywań może być związek między czasem inicjacji ( $\tau_i$ ) i maksymalną szybkością erozji ( $MDPR$ ) wyrażony wzorem:

$$\tau_i^n = C / MDPR_{max}$$

W pracy [5] przyjęto, że  $n \approx 1$ , natomiast według [3]  $0,6 \leq n \leq 1$ .

#### 4. Wnioski

Godne podkreślenia są następujące wnioski:

– Ocena odporności materiałów na działanie kawitacji nie jest oceną jednoznaczną. Powodem tego jest brak jednomyślności co do kryteriów oceny oraz co do wpływu efektów skali na przebieg erozji kawitacyjnej.

– Przyczyną niejednakowej klasyfikacji tych samych materiałów jest m.in. niejednakowa ich reakcja na zmianę warunków kawitacyjnych (różna wrażliwość na działanie kawitacji). W związku z tym przewidywanie zachowania się określonego materiału w naturze wymaga, prócz testowania próbek w warunkach laboratoryjnych, znajomości natężenia kawitacji i związanych z tym natężeniem efektów skali.

– Natężenie kawitacji może być określone albo funkcją statystyczną uwzględniającą główne właściwości sygnałów pochodzących od pulsacji ciśnień spowodowanych implozją pęcherzyków kawitacyjnych, albo rozkładem impulsów ciśnienia w przepływie. Tak określone natężenie jest ściśle związane z uszkodzeniem materiału w okresie inicjacji i decyduje o długości tego okresu.

– Przedstawione w pracy wyniki i wypływające z nich wnioski uzasadniają stanowisko Zakładu Dynamiki Cieczy IMP PAN aby natężenie kawitacji oceniać na podstawie parametrów hydrodynamicznych (oddziaływań bezpośrednich), a nie parametrów wibroakustycznych (wielkości pośrednich).

#### Dodatek

O tym, iż do przewidywania erozji kawitacyjnej potrzebna jest znajomość wyników testowania próbek materiału oraz warunków kawitacyjnych, świadczy następujący wywód.

Niszczenie materiału wskutek kawitacji można opisać funkcją

$$F(V, t, R_{cav}, P_e) = 0, \quad (1)$$

gdzie  $V$  oznacza ubytek objętościowy materiału w czasie  $t$ ,  $R_{cav}$  – chwilową odporność materiału (zależną m.in. od stopnia uszkodzenia materiału, jego własności mechanicznych i warunków kawitacyjnych),  $P_e$  – „skuteczną” część pracy sił zewnętrznych działających na materiał w jednostce czasu. Moc  $P_e$  jest proporcjonalna do mocy  $P_d$  dostarczanej do materiału, czyli

$$P_e = \eta P_d, \quad (2)$$

przy czym

$$P_d = \sum p_v F \approx \frac{\sum F p^2}{\rho c} \propto ME, \quad (3)$$

gdzie  $\eta < 1$  jest sprawnością absorbowania energii przez materiał,  $p$  – ciśnieniem uderzenia strumienia cieczy z szybkością  $v \approx p/\rho c$  o powierzchnię  $F$  ( $\rho$  – gęstość cieczy,  $c$  – prędkość dźwięku).

Ponieważ wielkości  $V$ ,  $t$ ,  $R_{cav}$  i  $P_e$  są związane (dla  $V > 0$ ) zależnością

$$P_e t = R_{cav} V, \quad (4)$$

stąd dla stałego czasu ekspozycji ( $t = \text{const}$ ) i stałej powierzchni atakowanej przez kawitację, możemy napisać wzór następujący:

$$V_n = V_m \frac{R_{cav, m}}{R_{cav, n}} \frac{(\eta ME)_n}{(\eta ME)_m}, \quad (5)$$

w którym wielkości z indeksem  $n$  odnoszą się do warunków naturalnych, a z indeksem  $m$  do warunków modelowych (laboratoryjnych).

Dla różnych powierzchni (tzn. wtedy gdy  $d_m \neq d_n$ ) i  $\eta_n = \eta_m$  otrzymamy odpowiednio

$$V_n = V_m \left( \frac{d_n}{d_m} \right)^2 \frac{ME_n}{ME_m} \frac{R_{cav, m}}{R_{cav, n}}, \quad (6)$$

a dla tych samych powierzchni ( $d_m = d_n$ ) oraz  $\eta_n = \eta_m$  i  $R_{cav, m} = R_{cav, n}$  mamy

$$V_n = V_m \frac{ME_n}{ME_m} \quad \text{lub} \quad V_n = V_m \frac{\hat{G}_{x, n}}{\hat{G}_{x, m}}. \quad (7)$$

Jeśli założyć, że miernik natężenia kawitacji  $ME$  jest proporcjonalny do kwadratu wysokości spadcu lub podnoszenia maszyny hydraulicznej, to wzór (6) można napisać w postaci

$$V_n = V_m \left( \frac{d_n}{d_m} \right)^2 \left( \frac{H_n}{H_m} \right)^2 \frac{R_{cav, m}}{R_{cav, n}}. \quad (8)$$

Postać wzoru (8) jest zbieżna z postacią podaną przez A. S. Łaszkwę [4].

#### Literatura

- [1] W. W. Fomin, *Gidroerozija metalow*. Moskwa 1977.
- [2] F. G. Hammitt, *Cavitation Damage Scale Effects — State of Art Summarization*, Journal of Hydraulic Research, JAHR, Vol. 13, 1975, No. 1.
- [3] F. G. Hammitt, *Cavitation Erosion. The State of the Art and Predicting Capability*. Applied Mechanics Reviews, Vol. 32, No. 6, June 1979.
- [4] A. S. Łaszkwę, *Mietod prognozowania kavitacijnogo iznosa gidroturbin*. Energomaszinstrojenie, No. 1, 1974.
- [5] K. Steller, Z. Reymann, T. Krzysztofowicz, *Evaluation of the Resistance of Materials to the Cavitation Erosion*. Proc. of the Fifth Conf. on Fluid Machinery, Vol. 2, Akadémiai Kiadó, Budapest 1975.
- [6] K. Steller, *Nowa koncepcja oceny odporności materiału na erozję kawitacyjną*. Prace IMP, z. 76, 1978.
- [7] K. Steller, *O efektach skali w badaniach erozyjnych i przewidywaniu odporności materiału na erozję kawitacyjną*. [W:] *Diagnostyka i zwalczanie kawitacji*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 59/973/79.
- [8] A. P. Thiruvengadam, *Further Studies of Scaling Laws Governing Cavitation Erosion*. C 188/77, J. Mech. E., 1977.
- [9] Československá Státní Norma, ČSN 015082, Stanovení odolnosti materiálu proti kavitacijnému opotrebení na ultrazvukovém vibračním přístroji (norma ustanowiona w 1976).
- [10] American National Standard, ANSI/ASTM G 32 - 77, Standard Method of Vibratory Cavitation Erosion Test; Publ. September 1977 (poprzednio G 32 - 72).

### Prediction of the Resistance of Structural Materials to the Cavitation Erosion

#### Summary

Different methods of evaluation of the cavitation resistance of materials are reviewed and differences in their reaction to the changes of cavitation conditions are pointed out. It is concluded that results of specimen testing are insufficient for correct prediction of the resistance of materials to cavitation and that loading caused by implosion of cavitation bubbles should also be known. Cavitation intensity measures are discussed and their relation to the cavitation erosion is shown. Finally procedures used for evaluation of the cavitation erosion hazard and prediction of material durability in field conditions are presented.

## О предвидывании сопротивления конструкционных материалов кавитационной эрозии

### Резюме

Обращается внимание на различные способы оценки сопротивления материалов кавитации и на их неодинаковую реакцию на изменение кавитационных условий. Отсюда сделан вывод, что для правильного предвидывания сопротивления материала действию кавитации не хватает знание результатов испытаний образцов, но нужно также знание нагрузки материала вызванной имплозией кавитационных пузырьков. В этой связи обсуждаются датчики интенсивности кавитации, а также указывается на их связь с кавитационной эрозией. В заключении представлен способ поведения при оценке угрозы эрозии материала, а также в предвидывании устойчивости материала в натуральных условиях.