POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

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 SZEWALSKI (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 Fiszera 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.

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH
1983 Zeszyt 83 - 84

JERZY LITOROWICZ, ZDZISŁAW REYMANN, KAZIMIERZ STELLER

Gdańsk*

Mała energetyka wodna i jej znaczenie ekologiczne

Wskazano na tendencje światowe zmierzające do odbudowy i modernizacji zakładów hydroenergetycznych małej mocy. Zwrócono uwagę nie tylko na znaczenie energetyczne tych obiektów, lecz również na ich duże znaczenie ekologiczne. Omówiono sprawę typizacji turbin wodnych małej mocy i przedstawiono przykłady ilustrujące to zagadnienie w odniesieniu do warunków polskich.

W zakończeniu (w Dodatku) wskazano na prace Zakładu Dynamiki Cieczy IMP PAN wykonywane na rzecz małej energetyki wodnej, uwypuklając ostatnie inicjatywy dotyczące budowy turbin przepływowych (Banki-Michella-Ossbergera).

1. Wstęp

W ostatnim dziesięcioleciu przedmiotem szczególnego zainteresowania na świecie są elektrownie wodne małej mocy. Powodem tego stał się kryzys energetyczny jaki ogarnął świat w roku 1973 oraz znaczny wzrost cen na paliwa kopalne i surowce. Kryzys przyspieszył poszukiwanie nowych źródeł energii oraz restytucję tych źródeł, które ze względów ekonomicznych uważano za nieopłacalne. Do tych ostatnich zaliczają się małe zakłady hydroenergetyczne, które do niedawna były niedoceniane i których liczba z roku na rok malała.

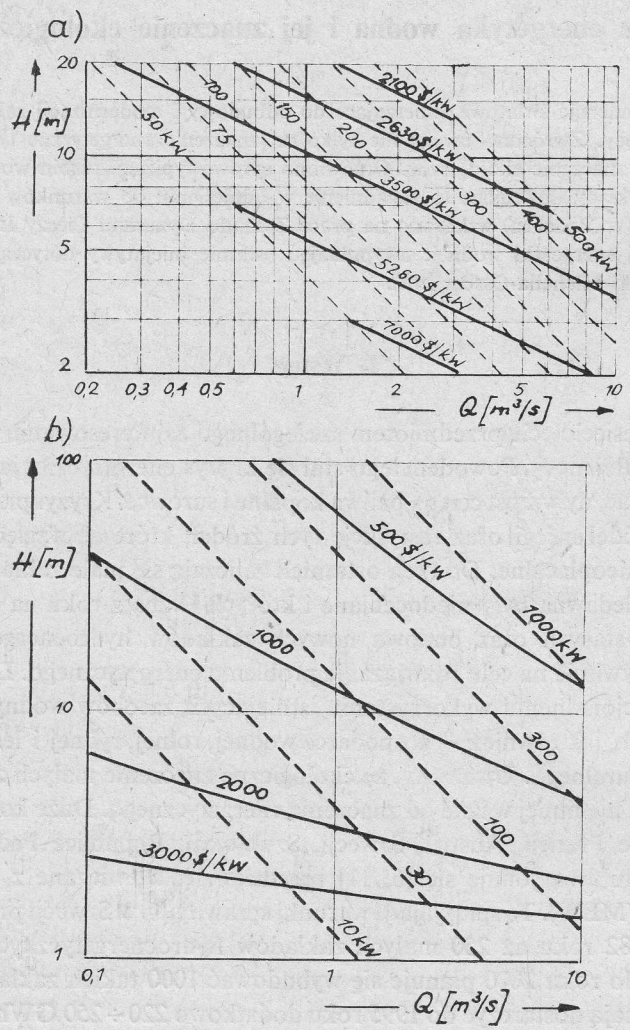
Rewaloryzacja starych oraz budowa nowych zakładów hydroenergetycznych małej mocy nie mają oczywiście na celu rozwiązanie problemu energetycznego. Działania te mają służyć zarówno racjonalnemu wykorzystaniu istniejących zasobów wodnych i łagodzeniu sytuacji krytycznych, jak również — gospodarce wodnej, rolnej, rybnej i leśnej oraz ochronie środowiska naturalnego. Uważamy, że ekologiczne znaczenie małych zakładów hydroenergetycznych jest nie mniej ważne od znaczenia energetycznego. Duże korzyści ekologiczne sprawiają, iż we Francji, Austrii, Szwecji, Szwajcarii, Republice Federalnej Niemiec i innych krajach, subwencjonuje się [6, 11] przedsięwzięcia związane z rozwojem małej energetyki wodnej (MEW). Te sprzyjające warunki sprawiły, iż w Szwecji przewiduje się [11] zbudowanie do 1982 roku aż 250 małych zakładów hydroenergetycznych o mocach od 100 do 1500 kW (do roku 2000 planuje się wybudować 1000 takich zakładów), w Austrii małe elektrownie mają dostarczyć do 1995 roku dodatkowo 220÷250 GWh [11], a przyrost energii w Szwajcarii ma wynieść do 1985 roku 260 GWh [11]. Electricité de France planuje powiększyć liczbę małych elektrowni z 147 do 277 (o mocach od 50 do 2000 kW), a w ogóle zamierza się we Francji uruchomić 913 zakładów hydroenergetycznych o łącznej mocy 303 MW [6].

* Instytut Maszyn Przepływowych PAN.

2. Podstawy rozwoju małej energetyki wodnej ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień ekologicznych

Jak już nadmieniano, rozwój MEW należy rozpatrywać z dwóch punktów widzenia: energetycznego i ekologicznego.

Zarówno w Polsce, jak i w innych krajach europejskich panował do niedawna pogląd, iż małe zakłady hydroenergetyczne są dla Energetyki „bez znaczenia" i są „nieopłacalne" zarówno ze względu na koszty inwestycyjne, jak i eksploatacyjne*. Wzrost ceny energii

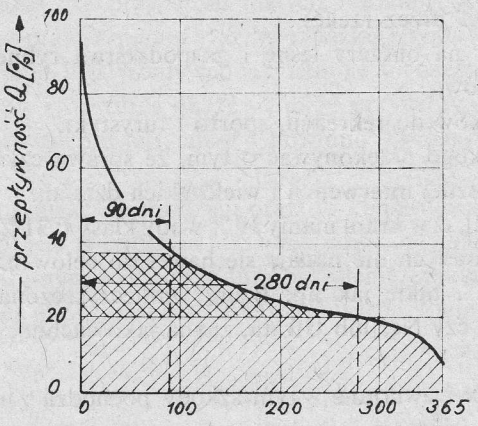


Rys. 1. Cena jednostkowa zespołów hydroenergetycznych małej mocy w zależności od przepływu i spadu; a) według [1], b) według [8]

* W zmodernizowanym zakładzie hydroenergetycznym małej mocy koszty wytwarzania 1 kWh są niższe od porównywalnych kosztów w elektrowniach jądrowych [11].

elektrycznej i jej zapotrzebowania w gospodarstwie domowym (wg [11] w roku hydrologicznym 1973/74 średnie zapotrzebowanie na energię w gospodarstwie domowym wynosiło 1113 kWh/osobę, a w roku 1975/76 już 1220 kWh/osobę) sprawiły, iż nastąpiło przewartościowanie dotychczasowych ocen.

Koszty inwestycyjne małych zakładów hydroenergetycznych są oczywiście większe aniżeli koszty dużych elektrowni. Na koszty zainstalowania 1 kW w małych elektrowniach wskazują wykresy naniesione na rysunku 1 [1, 8]. Można z nich odczytać znany fakt, iż koszty jednostkowe wzrastają wraz ze zmniejszaniem mocy turbozespołu oraz to, że zagraniczne oceny [8] kosztów wyposażenia elektrowni, są mniej obiecujące od ocen polskich*. Niezależnie od różnicy w ocenie kosztów przedsięwzięcia za granicą przystąpiono



Rys. 2. Hydrogram cieku

do intensywnego rozwoju MEW [7]. Tak np. w Jugosławii połączono od 1976 r. siły instytutów badawczych, biur projektowych i fabryk, które zajmują się typizacją maszyn hydraulicznych i elektrycznych, regulacją i automatyzacją oraz budową turbozespołów i zakładów hydroenergetycznych. Również w innych krajach podchodzi się do sprawy MEW w sposób planowy. Przykładem może być Szwajcaria, gdzie w roku 1974 powołano specjalne przedsiębiorstwo Electroplan [11], które opracowuje programy działań i koordynuje rozwojem MEW.

Poza celami energetycznymi, zmierzającymi do wykorzystania naturalnych źródeł energii i zasilania w energię elektryczną obszarów nie podłączonych do sieci państwowej oraz do stworzenia odbiorcom wrażliwym na przerwy w „dostawie prądu", specjalnego zabezpieczenia awaryjnego (rezerwy), występują aspekty ekologiczne oraz związane z nimi koszty społeczne ponoszone z tytułu niszczenia środowiska naturalnego. W związku z tym decyzje w sprawie reaktywacji, modernizacji i budowy zakładów hydroenergetycznych

* Według [5] koszty jednostkowe związane z uruchomieniem nowych elektrowni wodnych w Polsce będą się wahać w granicach od 15 do 40 tys. złotych za 1 KW zainstalowany.

małej mocy powinny opierać się nie tylko na przesłankach ekonomicznych, lecz także (a może przede wszystkim) na przesłankach ekologicznych. Znaczenie ekologiczne MEW jest wielorakie. Z wielozadaniowych celów należy wymienić:

– przeciwdziałanie dalszemu obniżaniu się wód gruntowych, podwyższenie i regulację wód gruntowych (retencjonowanie wód gruntowych, stabilizacja stosunków wodnych na obszarze zakładów hydroenergetycznych),

– wyzyskanie stopni piętrzących jako zbiorników zatrzymujących wysoką wodę i regulujących jej odpływ (bezpieczeństwo przeciwpowodziowe),

– wzbogacanie wody w tlen (szczególnie ważne dla wody „konsumpcyjnej", dla życia flory i fauny oraz dla procesów „odnowy"),

– zapobieganie erozji i zamulaniu rzek (oszczędność na regulacji koryta),

– oczyszczanie cieków za pomocą krat ochronnych (ochrona środowiska, usuwanie części stałych niesionych przez rzekę),

– korzystny wpływ na obszary leśne i gospodarstwa rybne znajdujące się wzdłuż wykorzystywanych cieków,

– tworzenie warunków do rekreacji, sportu i turystyki.

Nie trzeba chyba nikogo przekonywać o tym, że sprawa czystości i retencjonowania wód wymaga u nas spiesznej interwencji i wielorakich działań.

Statystyka podaje [12], iż w kraju mamy 19 % wody klasy I, 31 % klasy II i 27 % klasy III. Około 23 % zasobów wodnych nie nadaje się nawet do celów przemysłowych. Są to de facto „kanały ściekowe", takie jak np. Bzura, zanieczyszczona w ogromnym stopniu związkami toksycznymi, czy Ner lub Utrata, znana jako cuchnący kanał nawet poza granicami kraju.

Zanieczyszczenie rzek i związane z tym szkody pochodzą z różnych źródeł. Między innymi odprowadzanie wód kopalnianych do rzek sprawia, iż przedostaje się do nich około 1 mln ton soli rocznie, powodując niekorzystne zmiany w faunie i florze wód powierzchniowych. Innym źródłem zanieczyszczeń są spływające z przyległych pól wody zawierające duże dawki nawozów sztucznych. Są one, obok ścieków przemysłowych i komunalnych, przyczyną wymierania ryb w rzekach, stawach i jeziorach oraz powodem kosztownych i skomplikowanych procesów uzdatniania* wód powierzchniowych do spożycia.

Zlikwidowanie licznych jazów, przepustów i zastawek oraz stawów i sadzawek, które były nie tak dawno integralną częścią naszego krajobrazu, wpłynęło z pewnością na poziom wód gruntowych, który według [10] obniżył się w całej Polsce średnio o 1 m.

Odbudowanie MEW, tzn. turbin wodnych wraz z urządzeniami spiętrzającymi wodę, jest ogniwem w łańcuchu działań na rzecz ochrony środowiska naturalnego. W związku z tym za ekonomicznie uzasadnioną uważa się [11] dziś budowę zakładu hydroenergetycznego wykorzystującego rozporządzalny przepływ przez okres 90 do 120 dni w roku (rys. 2), zamiast 210 do 240 jak to bywało w przeszłości.

---

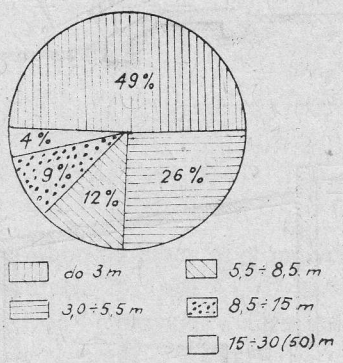
* Woda do picia poddawana jest m.in. dezynfekcji, polegającej najczęściej na jej chlorowaniu. O ujemnych skutkach tego zabiegu mówi się coraz częściej. Chloropodobne związki organiczne zawarte w wodzie są potencjalnymi substancjami rakotwórczymi i mutagennymi [12]. Ograniczenie ilości chloru wprowadzonego do wody wymaga usunięcia z niej pewnej ilości zanieczyszczeń organicznych, np. przez napowietrzanie wody.

3. Typizacja turbin małej mocy

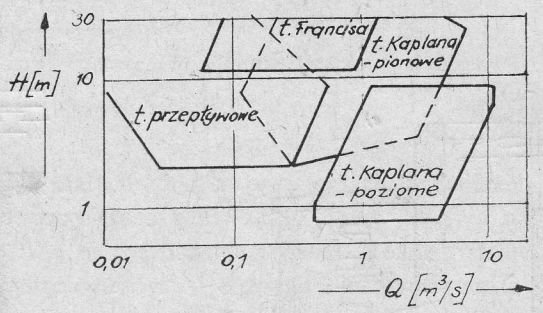
Warunki naturalne oraz istniejące budowle wodne wyznaczają szeroki zakres możliwości hydroenergetycznych (różne parametry hydrauliczne i warunki instalacyjne). Racjonalne wykorzystanie konkretnych warunków hydrologicznych wymaga oczywiście turbiny o określonej konstrukcji. Jednak ze względu na dążność do obniżenia kosztów inwestycji, a także ze względu na łatwość remontów (dostępność części zamiennych), stosuje się typizację maszyn i unifikację niektórych węzłów konstrukcyjnych. Obniżenie kosztów eksploatacji uzyskuje się dzięki automatyzacji turbozespołów i wyposażenia ich w układy zdalnego sterowania.

Podejmowanie właściwych decyzji dotyczących standaryzacji wymaga znajomości struktury zapotrzebowania. W przypadku małych zakładów hydroenergetycznych spełnienie tego warunku jest prawie niemożliwe. W związku z tym wytwórcy maszyn są zdani na statystykę i szacowanie [4]. Wtedy jednak istnieje niebezpieczeństwo, że rozwinięty dużym nakładem kosztów typoszereg okaże się mało przydatny. Oznacza to, że podejmowanie prawidłowych decyzji nie jest łatwe i powinno uwzględniać rentowność zakładu wytwórczego.

Chociaż dążenie do typizacji i unifikacji oraz do konstruowania nieskomplikowanych węzłów konstrukcyjnych jest w budowie maszyn sprawą oczywistą, to jednak zakres tych działań zależy od konkretnych sytuacji. Samo określenie „mała turbina" nie jest jednoznaczne. Na przykład [6] w Związku Radzieckim do turbin małej mocy zalicza się turbiny



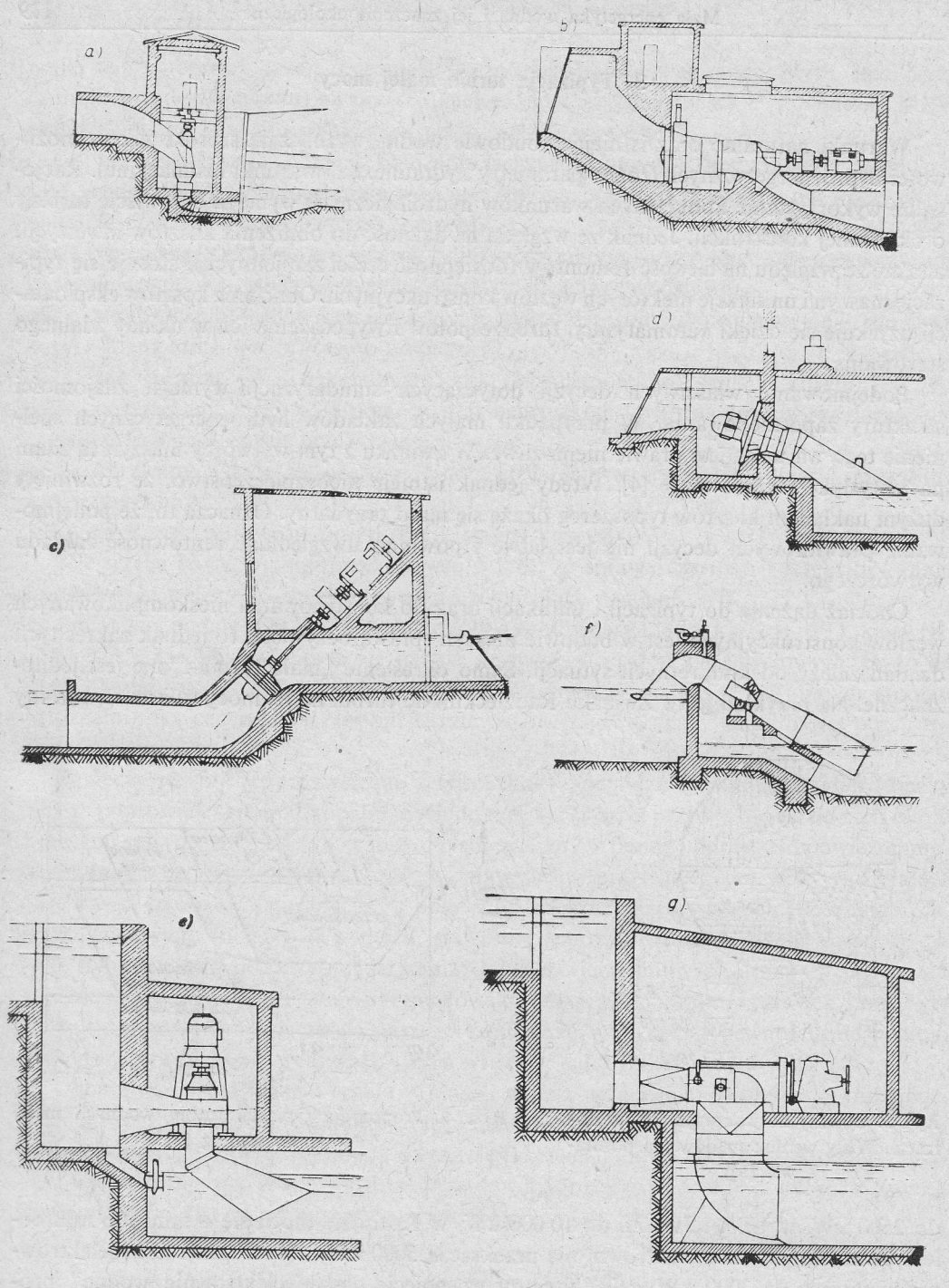
Rys. 3. Obiekty do wykorzystania w dorzeczu Wisły według spadów (na podstawie [9])



Rys. 4. Propozycja typizacji turbin wodnych małej mocy według [7]

do 2500 kW, w USA i Japonii do 10 000 kW, w Kanadzie mówi się o mini lub mikroelektrowniach, gdy moc elektrowni nie przekracza 5000 kW, a we Francji mikroelektrownie mają moc do 2000 kW. W Polsce przez pojęcie „małe elektrownie wodne" proponuje się rozumieć elektrownie o mocach do 5000 kW, a przez pojęcie „małe turbozespoły wodne" – turbozespoły o mocy nie większej niż 2500 kW [5].

Wynika stąd, że podziały turbin i elektrowni na małe, średnie i duże są dość dowolne. Są to często podziały administracyjne, a nie funkcjonalno-strukturalne, które powinny

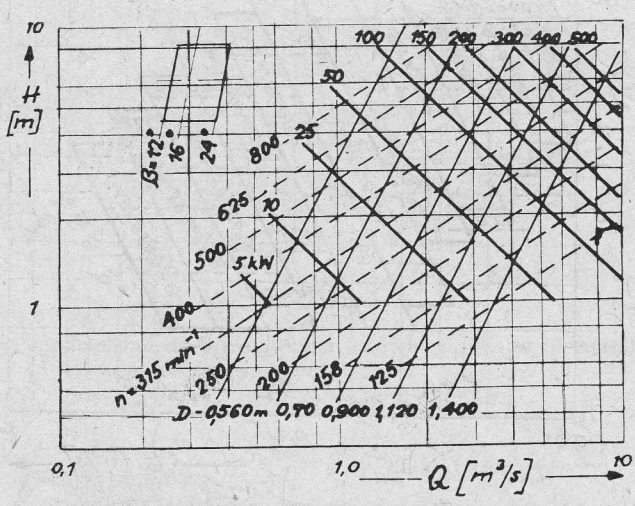


Rys. 5. Przykłady zabudowań turbin wodnych małej mocy; a) turbina śmigłowa w układzie pionowym b) turbina śmigłowa w układzie poziomym (rurowym), c) turbina śmigłowa w układzie ukośnym (rurowym), d) turbina śmigłowa lub diagonalna w układzie rurowym z prądnicą bezpośrednio połączoną z wirnikiem, e) turbina śmigłowa w spirali, f) turbina śmigłowa w układzie lewarowym, g) turbina przepływowa (Banki, Ossbergera)

być podstawą klasyfikacji. Nie jest bowiem jasne, czy do tej samej grupy należy zaliczać maszyny o mocach różniących się o trzy rzędy (5 kW...$5 \cdot 10^3$ kW) lub więcej, a więc o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i wymaganiach eksploatacyjnych.

Krajowe zasoby wodne charakteryzują się małymi spadami (rys. 3) i małym natężeniem przepływu [9]. Dlatego też omawiane niżej przykłady dotyczą maszyn niskospadowych, o niedużych przepływnościach.

Typizacje turbin wodnych małej mocy opierają się na konstrukcjach powszechnie znanych. W przypadku małych spadów są to przeważnie turbiny Kaplana w układzie pionowym, poziomym i ukośnym, umieszczone w otwartej komorze, w osłonie spiralnej lub w przewodzie rurowym (turbiny rurowe). Na wyróżnienie zasługują tu turbiny lewarowe i przepływowe (nazywane też turbinami Banki lub Michella względnie Ossbergera),



Rys. 6. Typizacja turbin rurowych według [7]

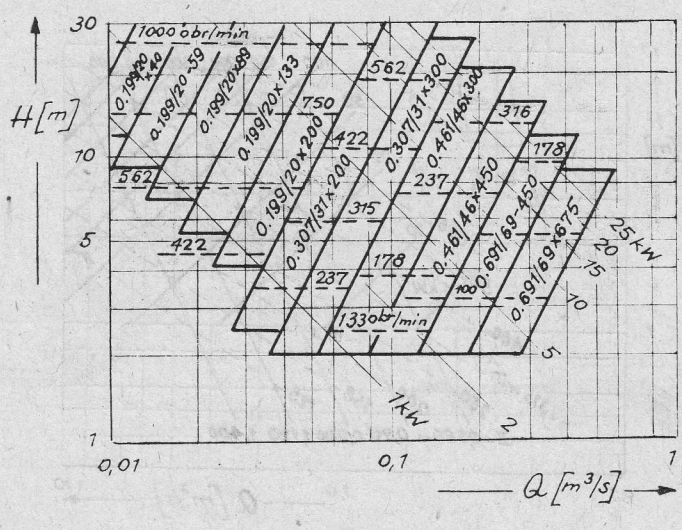
przystosowane do pracy przy małych i bardzo małych spadach oraz małych natężeniach przepływu. Na rysunku 4 przedstawiono obszary stosowania turbin małej mocy, a na rysunkach 5a ÷ g przykłady ich zabudowania. Są to rozwiązania typowe. Różne rodzaje zabudowy wynikają z różnych warunków hydrologicznych i różnych możliwości instalacyjnych.

Jeśli chodzi o turbiny rurowe, to typowy zakres spadów dla tych maszyn wynosi od 3 do 20 m, a natężeń przepływu od 5 do 60 m^3/s (przy natężeniach większych od 80 do 90 m^3/s stosowane są z reguły wysokosprawne turbiny rurowe typu „bulb"). Małe turbiny rurowe ($H = 2 \div 15$ m, $Q = 1 \div 20$ m^3/s) mają na ogół zagięte rury ssące (rys. 5a, b i c), co umożliwia zainstalowanie prądnicy na zewnątrz, poza „trasą" przepływu. Mimo wspomnianego zagięcia trasa przepływu jest stosunkowo prosta, co umożliwia zmniejszenie wymiarów maszynowni i upraszcza konstrukcje budowlane.

Zakres spadów dla turbin przepływowych jest szerszy i wynosi [2, 13] od 1 do 200 m, natomiast górna granica natężeń przepływu jest znacznie niższa i wynosi 7 (9) m^3/s. Parametry te wskazują, iż turbiny te mogą z powodzeniem znaleźć zastosowanie w krajowych

warunkach hydrologicznych. Z tego m.in. powodu są one przedmiotem szczególnego zainteresowania Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku.

Oprócz typizacji (rys. 6 i 7) i prostoty konstrukcji dąży się do osiągnięcia dużego stopnia standaryzacji części stosowanych w różnych rozwiązaniach, a także do prostych sposobów regulacji. Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono przykłady uproszczonych rozwiązań konstrukcyjnych. Pierwszy (rys. 8) dotyczy nastawiania łopatek turbiny śmigłowej, drugi (rys. 9) zespołu składającego się z helikoidalnego wirnika turbiny, połączonego z prądnicą i przystosowanego do wmontowania w rurę. Na uwagę zasługuje również i to, że w uproszczonych konstrukcjach turbin reakcyjnych małej mocy zamiast kierownic z łopatkami Finka stosowane są jednołopatkowe kierownice typu Reifensteina.



Rys. 7. Typizacja turbin przepływowych według [7]

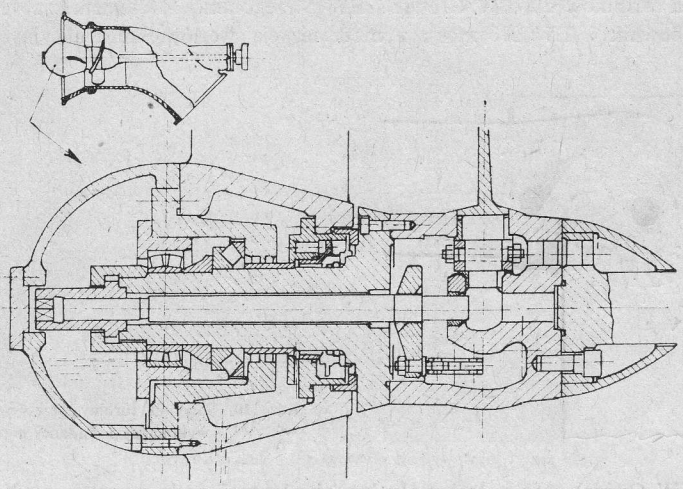
Wskaźnikiem świadczącym o „dobroci" turbin wodnych jest m.in. ich sprawność. Oceniając z tego punktu widzenia turbiny rurowe i przepływowe, to należy stwierdzić, iż turbiny rurowe o nastawialnych łopatkach wirnika i kierownicy oraz turbiny przepływowe o dzielonej łopatce kierownicy, zachowują dobrą sprawność w zakresie obciążeń częściowych i przeciążeń. Na ogół też sprawność turbin rurowych jest wyższa od sprawności turbin przepływowych o tej samej mocy.

Prędkości obrotowe niskospadowych turbin są zazwyczaj małe i w związku z tym często stosuje się przekładnie zwiększające prędkość obrotową prądnicy. Ze względów ekonomicznych górna granica mocy dla stosowania przekładni wynosi około 2000 (3000) kW. W przypadku małych mocy wskazane jest stosowanie przekładni pasowych.

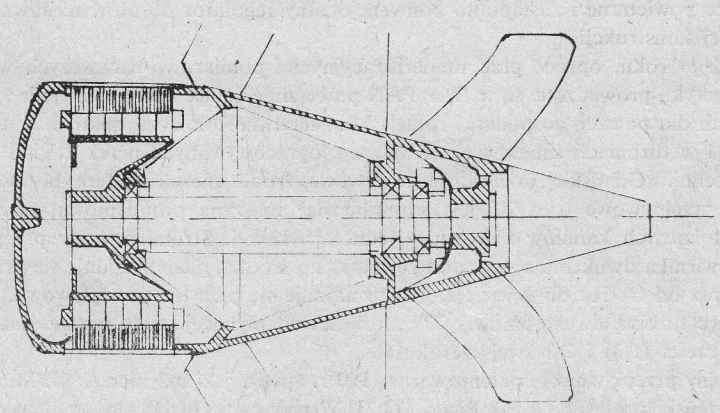
Gdy turbozespół jest przewidziany do współpracy z krajowym systemem elektroenergetycznym, to regulator obrotów nie jest potrzebny. Wymagane jest tylko urządzenie do zmiany mocy turbozespołu. Do sterowania i regulacji mocy można wykorzystać zmianę poziomu wody górnej i siłowniki elektromechaniczne.

W przypadku gdy turbozespół zasila wydzielony system lub stanowi źródło mocy rezerwowej, turbina powinna posiadać regulator obrotów, np. mechaniczno-hydrauliczny.

Do małych jednostek (do 2500 kVA) stosuje się na ogół bezszczotkowe prądnice synchroniczne niskonapięciowe (380/220 V) o prędkości obrotowej 600÷1800 obr/min. W przypadku podłączenia turbozespołu do sieci państwowej można użyć prądnicy asynchronicznej.



Rys. 8. Konstrukcja mechanizmu do przestawiania łopatek wirnika w turbinie rurowej (według [7])



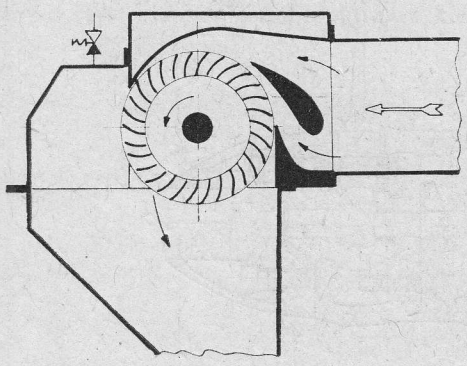
Rys. 9. Zespół wirnika diagonalnego z prądnicą dla turbin rurowych (według Électricité de France; Microcentrales, Étude d'un groupe experimental)

Racjonalne wykorzystanie małych turbozespołów wymaga zautomatyzowania procesów eksploatacyjnych. Chodzi tu o automatyczny rozruch, synchronizację, regulację mocy, wykrywanie uszkodzeń, samoczynne zatrzymywanie. Pełna automatyzacja zakładów hydroenergetycznych małej mocy oraz rezygnacja, tam gdzie to jest możliwe i celowe, z budynku maszynowni są czynnikami sprzyjającymi rozwojowi MEW.

Dodatek

Prace Zakładu Dynamiki Cieczy IMP PAN na rzecz małej energetyki wodnej

Dotychczasowa działalność Zakładu Dynamiki Cieczy IMP PAN na rzecz MEW ograniczała się do prac konstrukcyjnych i pomiarowo-badawczych związanych z odbudową zniszczonych elektrowni (rekonstrukcja dwóch turbozespołów w EW Braniewo), z wymianą zużytych zespołów i części maszyn (projekty nowych wirników dla EW Gródek i EW Strzegomino, dokumentacja techniczna przekładni dla EW Ołownik i EW Koszyce), z modernizacją węzłów konstrukcyjnych (projekt nowej



Rys. 10. Schemat turbiny przepływowej skonstruowanej wykonanej i badanej w IMP PAN

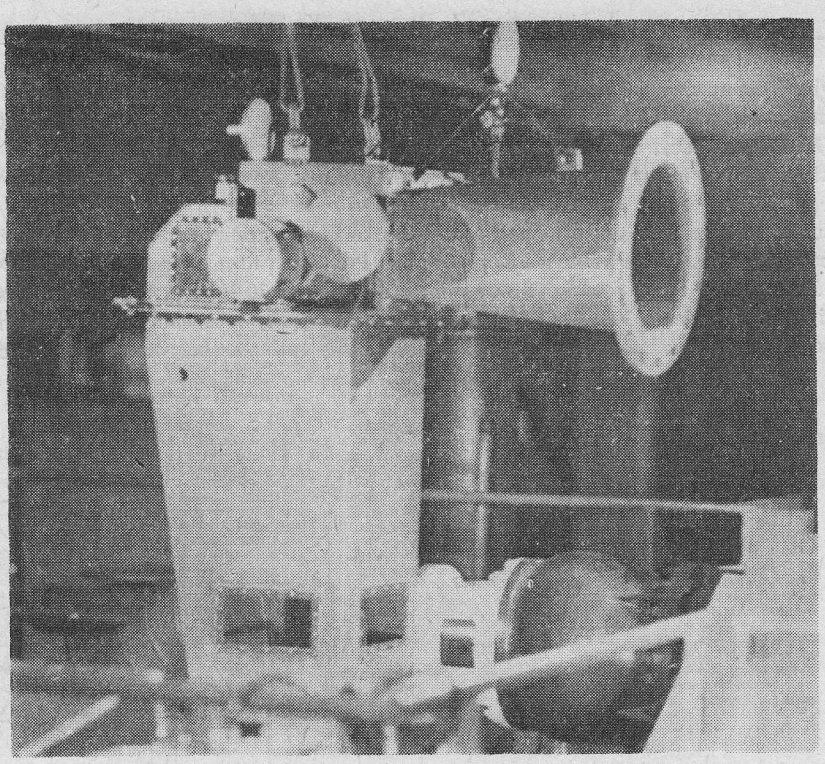
przekładni dla EW Owidz) oraz z doskonaleniem eksploatacji turbozespołów wodnych (wytyczne do prowadzenia ruchu maszyn w 15 elektrowniach Okręgu Północnego i Zachodniego). Jako ciekawostkę warto podać, iż w ramach tych prac po raz pierwszy w Polsce zastosowano w turbozespołach małej mocy hamulce powietrzne i zastąpiono konwencjonalny regulator obrotów nastawnicą elektromechaniczną własnej konstrukcji.

Od ubiegłego roku, oprócz prac modernizacyjnych i pomiarowo-badawczych wykonywanych na zlecenie energetyki, prowadzone są w IMP PAN prace zmierzające do opracowania typoszeregu turbin przepływowych dla potrzeb gospodarki rolnej. Ministerstwo Rolnictwa upatruje w turbinach przepływowych, jak i w turbinach śmigłowych (Kaplana), opracowywanych przez Zakład Turbin Wodnych i Pomp Politechniki Gdańskiej, dodatkowe (rezerwowe) źródło energii dla ferm hodowlanych i szklarni.

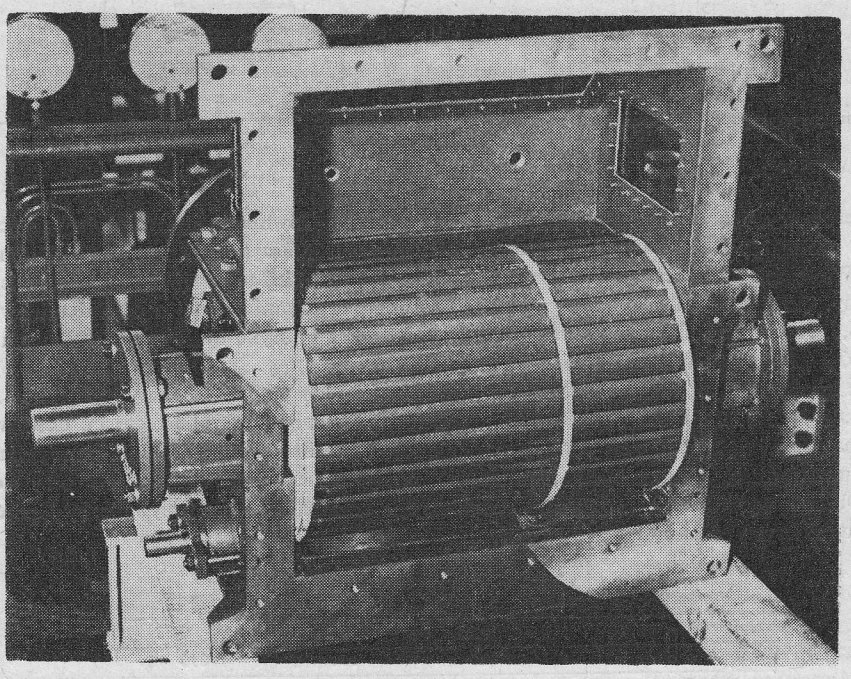
Turbina przełpywowa (rys. 10) jest wolnobieżną* maszyną promieniową, zasilaną strumieniem wody z prostokątnych kanałów kierownicy jednołopatkowej. Strumień wody przepływa przez palisadę łopatek wirnika dwukrotnie – raz od zewnątrz do środka, gdzie znajduje się przestrzeń bezłopatkowa, drugi raz od środka do zewnątrz, gdzie znajduje się przestrzeń odpływowa. Turbina przepływowa jest więc turbiną dwustopniową. W zależności od płynącej wody wirnik jest natryskiwany na całej lub na części (1/3) i 2/3 swej szerokości.

Ideę turbiny przepływowej opatentował w 1903 r. australijski inżynier A. G. Michell, a nieco później budapeszteński profesor Donat Banki [2, 3]. Współcześnie turbina ta zyskuje coraz więcej zwolenników. Przyczyniła się do tego firma Ossberger z Weissenburga (Bawaria), która wyprodukowała już ponad 7000 sztuk tych turbin [13]. Budowane przez tę firmę maszyny pracują przy spadach od 1 do 200 m i natężeniach przepływu od 0,02 do 7 m^3/s. Ich moce wynoszą od 1 do 1000 kW [2]. Na rozpowszechnienie turbin przepływowych wpłynęła również ich stosunkowo wysoka sprawność, wynosząca od 80 do 88%, oraz ich przydatność do pracy przy małych spadach i przepływnościach. Dodatkowym czynnikiem świadczącym na korzyść turbin przepływowych, jest łatwość ich adaptacji do zmieniających się warunków przepływu i prosta konstrukcja. Według firmy Ossberger [13] są one „bez-

* Określenie to nie jest ścisłe, gdyż wyróżnik szybkobieżności turbin przepływowych obejmuje szeroki zakres (od 40 do 200), w którym „mieszczą się" turbiny Peltona i Francisa.



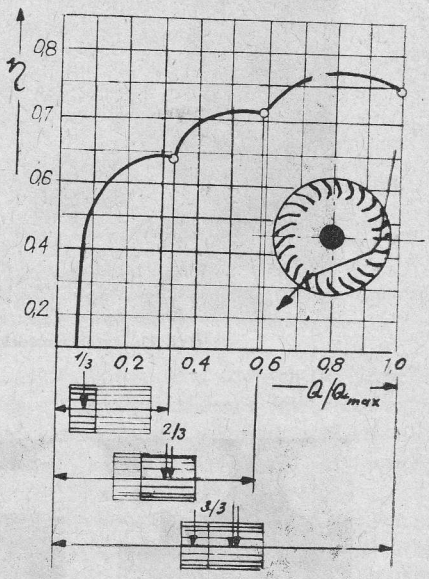
Rys. 11. Turbina modelowa z króćcem dopływowym i rurą ssącą



Rys. 12. Wirnik osadzony w obudowie turbiny

konkurencyjne" dla tzw. małej energetyki wodnej. Koszt 1 kW „Ossberger Cross-Flow Instalation" (koszt „zainstalowania" 1 kW zautomatyzowanego turbozespołu) waha się w granicach od 520 do 2100 DM [2]. Wyższy koszt odnosi się do turbozespołów małej mocy (25 kW), pracujących przy niskich spadach, zaś koszt niższy do turbozespołów średniej mocy (250 kW), pracujących przy wysokich spadach.

Na rysunku 10 przedstawiono schemat, a na rysunku 11 fotografię turbiny skonstruowanej, zbudowanej i badanej w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Jest to maszyna modelowa z wirnikiem (rys. 12) o średnicy 300 mm i szerokości 400 mm, posiadającym 30 łopatek o pojedynczej (kołowej) krzywiźnie i kącie nachylenia 30°. Jest ona przystosowana do pracy w zmiennych warunkach hydraulicznych. Do zmiany natężenia przepływu, a przez to i mocy turbiny, służy nastawna, dwuczęściowa



Rys. 13. Charakterystyka sprawnościowa turbiny przepływowej

łopatka kierownicy, której nastawianie odbywa się za pomocą siłowników elektromechanicznych typu SER 10-2 produkcji Dolnośląskich Zakładów Wytwórczych Maszyn Elektrycznych „Dolmel" — Wrocław. Wielkością sterującą siłownikiem i oddziaływającą na układ regulacji turbiny jest zwierciadło górnej wody. Turbina napędza prądnicę za pośrednictwem przekładni zębatej o przełożeniu zwiększającym 1 : 4,7. Jest to przekładnia typowa, produkowana przez Fabrykę Maszyn Elektrycznych i Motoreduktorów „Indukta" w Bielsku Białej.

Krzywa sprawności omawianej turbiny jest obwiednią trzech podobnych krzywych (rys. 13), odnoszących się do 1/3, 2/3 i 3/3Q. Sprawność całkowita jest w całym zakresie regulacji dość wysoka. Maksymalna sprawność badanej turbiny modelowej wynosiła 77%. W poniższym zestawieniu zamieszczono wartości nominalnych parametrów pracy tej turbiny wyznaczone przy różnych spadach. Obecnie wykonywane są pomiary uzupełniające oraz badany jest wpływ liczby łopatek wirnika na charakterystykę omawianej maszyny.

Spad H w m	5	7	10
Przepływ Q w m³/s	0,23	0,27	0,33
Obroty n w obr/min	280	330	390
Moc N w kW	8,7	14,3	24,6
Sprawność	0,77	0,77	0,76

Zakład Dynamiki Cieczy IMP PAN interesuje się również zastosowaniem pomp helikoidalnych, diagonalnych i śmigłowych do pracy turbinowej. Wyniki wstępnych prób z pompą diagonalną (produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp) są zachęcające i wskazują na możliwość wyzyskania tej maszyny do przetwarzania energii hydraulicznej w energię mechaniczną. Tę możliwość, a także wymagane zmiany konstrukcyjne chcemy bliżej rozpoznać. Uważamy bowiem, iż niektóre wyroby przemysłu pompowego mogłyby również służyć odbudowie małej energetyki wodnej.

Literatura

[1] J. L. Gordon, A. C. Penman, *Quick estimating techniques for small hydro potential.* Water Power and Dam Construction, September, 1979.

[2] Dermot McGuigan, *Small Scale Water Power.* Publ. in Great Britain, 1978.

[3] L. A. Haimerl, *Die Durchströmturbine.* Energie, Nr 8, 1959.

[4] K. Hamerak, *Kleine Wasserkraftanlagen.* Technische Rundschau, Nr 14, 1979.

[5] M. Hoffmann, *Informacja o możliwości wykorzystania mniejszych rzek dla produkcji energii elektrycznej.* Opracowanie ME i EA, grudzień, 1979.

[6] V. Kercan, *Male turbine kao značojan izvor energije.* [W:] *Zbornik radova II jugoslovenskog savjetovanja o autonomnim električnim izvorima i njihovom korišćenju u redovnim i vandrednim uslovima.* Opatija, 1979.

[7] V. Kercan, L. Šolc, L. Bizjak, *Tipizacja malih turbina.* [W:] jak [6].

[8] V. Kercan, L. Bizjak, *Karakteristike malih hidroagregata.* Turboinštitut, Ljubljana – Šentvid 1979 (opracowanie powielane).

[9] W. Krzyżanowski, *Problematyka prac naukowo-badawczych z dziedziny turbin wodnych dobrana do wyłaniających się potrzeb przy zagospodarowaniu dorzecza i samej Wisły pod względem energetycznym.* Opracowanie Zakładu Turbin Wodnych i Pomp Politechniki Gdańskiej, 1979.

[10] A. Mozołowski, „Polityka", nr 14 (1205), kwiecień, 1980.

[11] E. Pucher, *Nützliche Kleinwasserkraftwerke.* Technische Rundschau, Nr 12, 1979.

[12] J. Żukowski, „Przegląd techniczny – Innowacje", Nr 22, czerwiec, 1980.

[13] „Wasserkraft aus Weissenburg", wyd. Ossberger – Turbinenfabrik (Alleiniges Herstellerwerk der Patent-Michell-Ossberger-Turbine).

Ecological Importance of Small Water Power Plants

Summary

The paper begins with discussion of trends, observed throughout the world, towards reconstruction and modernization of small water power plants. The ecological importance of these objects is emphasized. Attention is brought to the fact that ecological considerations become more and more appreciated in the majority of European countries and that the number of countries where small water power plants are built is rising. An opinion is expressed that in this country the main effort should be made towards restitution and modernization of existing water power plants making possible their fully automatic operation.

The work done at the IF-FM Department of Fluid Dynamics is presented on this background. Its importance for the agriculture is emphasized. The concept of using Ossberger turbines in small water power plants is put forward. An example of design of such a turbine is presented.

Малая энергетика и ее экологическое значение

Резюме

Во введении указывается на всемирные стремления к восстановлению и модернизации малых гидроэнергетических предприятий. Подчеркиваются не только энергетическое значение этих объектов, но также и их большое экологическое значение. Обращается внимание на факт, что экологические взгляды в большинстве европейских стран все более правильно оцениваются и что все возрастающее количество стран приступает к строению малых гидропредприятий. Констатируется, что главным направлением действия в нашей стране должно быть восстановление и модернизация существующих гидроэнергетических объектов и приспособление их к вполне автоматизированной работе.

На этом фоне указывается на работы проводимые Отделом гидродинамики Института проточных машин ПАН, подчеркивая их значение для сельского хозяйства. Обсуждаются предложения Отдела гидродинамики относительного использования в малых гидроэлектростанциах проточных турбин, сейчас известных под названием турбин Оссбергера. Предложения поддерживаются примером собственной конструкции.