

BIULETYN INFORMACYJNY

INSTYTUTU TECHNIKI CIEPLNEJ

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

WARSZAWA

TEL. 215021 w. 32 i 48

NOWOWIEJSKA 25

Nr 3/K.K.T. 1 P.1

11stopad 1965

Mgr inż. Andrzej Miller
Katedra Kotłów, Turbin i Pomp

BADANIE STOPNI TURBINOWYCH

Wstęp

Wielki rozwój energetyki opartej o turbozespoły parowe zmusił konstruktorów turbin do odstąpienia od używanych dawniej i wypróbowanych w praktyce zasad kształtowania układu przepływowego turbin. W konsekwencji ściśle związane z tymi zasadami sumaryczne, doświadczalne współczynniki, używane w kanałowej metodzie obliczania charakterystyk stopni, nie mogły być użyte przy racjonalnym projektowaniu nowych maszyn. Podkreślić należy, że przy obecnych stale wzrastających mocach jednostek nawet niewielka poprawa sprawności wewnętrznej turbiny daje istotne korzyści ekonomiczne. W związku z tym badania stopni turbinowych są stale prowadzone przez wiele placówek i instytucji tak za granicą jak i w kraju. Celem ich jest ujawnienie najróżnorodniejszych wpływów i zależności, wciąż niedostatecznie rozpoznanych, a potrzebnych do utrzymania wysokiego poziomu sprawności wewnętrznej turbin, osiągniętego przy niskich parametrach, w warunkach stale wzrastających parametrów pary dolotowej i mocy jednostek.

Pomimo zaangażowania dużych środków oraz szerokiego zakresu badań, często dublowanych i powtarzanych, na ogół nie dochodzi jeszcze do takiej syntezy wyników, która pozwalałaby na pewne i racjonalne projektowanie części przepływowej turbin.

Sformułowanie "badanie stopni turbinowych" jest bardzo ogólne i zawiera w sobie wiele zagadnień, poczynając od przeglądu dotychczasowych badań, interpretacji wyników i możliwości zastosowania ich w budowie turbin, poprzez różne rodzaje badań (teoretycznych i doświadczalnych) i sposoby pomiaru strat, kończąc na sprecyzowaniu wszystkich strat i czynników na nie wpływających. Ilość najrozmaitszych, wzajemnie powiązanych zagadnień wymaga, przy podejmowaniu nowych zadań w tym zakresie, rozważnej analizy z uwzględnieniem możliwości praktycznego wykorzystania wyników.

Badania palisad

Możliwości teoretycznej analizy zjawisk zachodzących w stopniu turbinowym są w chwili obecnej ograniczone. Racjonalne określenie strat w przepływie i czynników na nie wpływających natrafia ciągle jeszcze na trudności z powodu niemożliwości rozwiązania podstawowych równań mechaniki przepływów z uwzględnieniem skomplikowanych warunków panujących w stopniu turbinowym. Jedyną, jak dotąd, drogą jest rozbitcie skomplikowanego przepływu rzeczywistego na elementy prostsze, rozwiązywalne teoretycznie. Tradycyjnym sposobem postępowania jest tu sprowadzenie przepływu do zagadnienia płaskiego opływu rozwiniętej, prostej palisady profili. Można wtedy rozwiązać zagadnienie opływu palisady strumieniem płynu nielepkiego. Rozwiązanie tego zadania jest podstawą do obliczeń warstwy przyściennej i w końcu określenia na drodze teoretycznej współczynnika strat w palisadzie. Przy rozwiązywaniu pierwszej części zadania pomocne mogą być metody analogii np. elektrohydrodynamicznej, magnetohydrodynamicznej, błonowej czy innych. Słabością teorii przepływu lepkiego przez palisady łopatkowe jest niemożność dostatecznie dokładnej oceny kąta wylotowego z palisady. Weryfikacja otrzymanych w ten sposób współczynników strat i kątów wylotowych następuje w badaniach palisado-

wych. Badania te pozwalają dodatkowo na określenie strat, wynikających z obecności ścianek ograniczających kanał od góry i od dołu, niemożliwych w chwili obecnej do określenia na drodze czysto teoretycznej.

Straty w izolowanej palisadzie

Straty występujące w izolowanej, płaskiej palisadzie podzielić można na profilowe, końcowe i falowe.

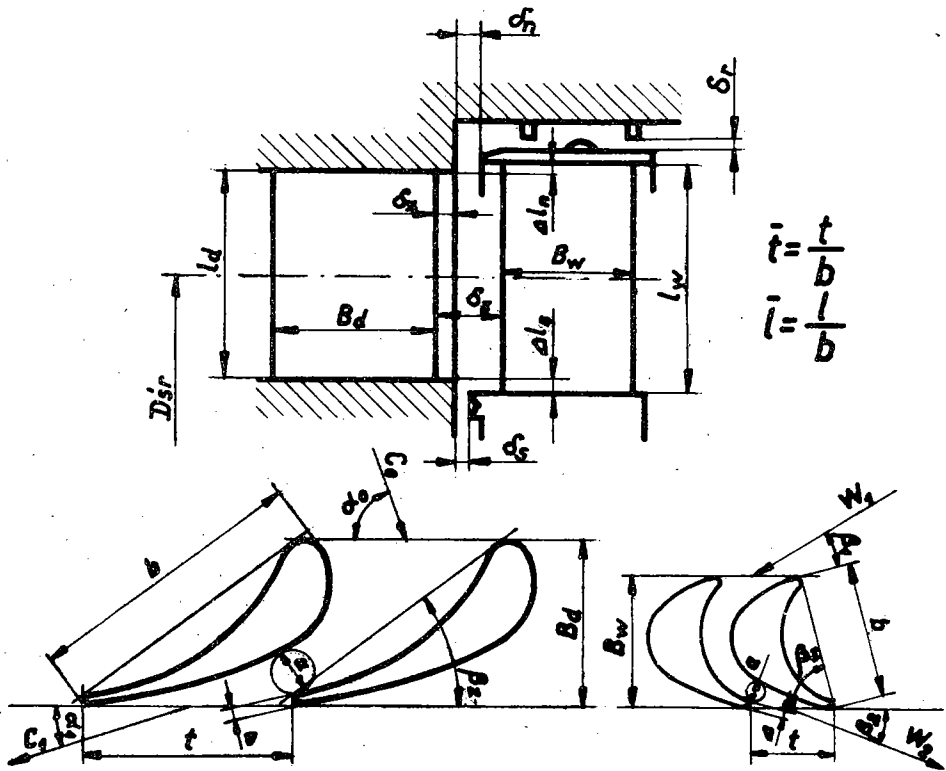
Straty profilowe ζ_{∞} , odpowiadające stratom w palisadzie o nieskończonej ilości nieskończone długich łopatek, składają się ze strat tarcia w warstwie przyściennej i tarcia wewnętrznego o siebie strug płynących z różnymi prędkościami, jak też zawirowań w śladzie aerodynamicznym krawędzi spływu w strumieniu za profilem.

W przypadku niekorzystnego opływu profilu może nastąpić oderwanie warstwy przyściennej oraz związane z takim opływem dodatkowe straty od zawirowań na profilu.

Straty profilowe zależą głównie od kształtu kanału, grubości krawędzi spływu, gładkości powierzchni, parametrów napływającego strumienia oraz liczb Ma i Re . Kształt kanału określony jest kształtem profilu, kątem ustawienia profilu i podziałką.

Przykładowy kształt kanałów kierowniczych i wirnikowych obok przekroju merydionalnego stopnia turbinowego pokazano na rysunku geometrii stopnia.

Straty końcowe ζ_k są wynikiem przepływów wtórnych powstających pod wpływem lepkości czynnika, skończonej długości łopatek oraz istnienia poprzecznego gradientu ciśnień w kanale międzyłopatkowym. Wzdłuż ścianek ograniczających kanał od góry i od dołu warstwa przyścienna przepływa od wklęsłej strony profilu (gdzie ciśnienie jest większe) do wypukłej i nakłada się na warstwę przyścienną, płynącą w kierunku głównego strumienia. W wyniku tych prądów wtórnych powstają obszary wirów i straty. Straty końcowe zależą od tych samych czynników co i straty profilowe z tym, że dodatkowy i zasadniczy wpływ wywiera wysokość kanału i ukształtowanie ścianek ograniczających kanał od góry i od dołu. Absolutna wielkość strat



Geometria stopnia

spowodowanych prądami wtórnymi mało zależy od wysokości kanału. Tym też objaśnia się wzrost sprawności palisady przy wzroście wysokości kanału. Podkreślić należy, że przy małej wysokości łopatek, kiedy przepływy wtórne zetkną się, absolutna wielkość strat końcowych poważnie wzrasta.

Przy znacznych prędkościach przepływu na charakterystykę palisady silnie wpływa ściślność czynnika. Przy liczbach Ma większych od Ma_{kr} zmienia się znacznie rozkład ciśnień na profilu. Na odcinkach kanału, gdzie strumień przyspiesza lub zwalnia, straty tarcia maleją lub rosną. Zwiększenie liczby Ma powoduje wzrost strat krawędziowych, powstanie fal uderzeniowych, a więc oporu falowego i w konsekwencji wzrost strat profilowych. W wynikach badań palisadowych straty falowe uwzględnia się przez współczynniki poprawkowe zależne od liczby Ma .

Atlasy profili

Zasadniczą część obszernych już w tej chwili wyników badań palisadowych stanowią materiały zestawione w atlasach racjonalnych profili.

Z szeregu istniejących metod badania płaskich palisad wyróżnić należy trzy najczęściej spotykane: metodę opierającą się na pomiarach przy pomocy przesuwnych sond aerodynamicznych, metodę opierającą się na pomiarze sił reakcji palisady, wywołanych siłami aerodynamicznymi (tzw. metoda integralna) oraz metody optyczne. Przy opracowywaniu danych do zestawienia atlasów racjonalnych profili najbardziej przydatna była pierwsza metoda. Daje ona możliwość określenia lokalnych współczynników strat, a przez odpowiednie opracowanie wyników pozwala na uśrednienie strat w całym kanale. Badania przeprowadzane były zasadniczo przy użyciu powietrza jako czynnika roboczego w celu uproszczenia metodyki pomiarów.

Dla stworzenia możliwości dogodnego porównywania wyników strumień powietrza na wlocie do palisady posiadał starannie wyrównane pole prędkości i ciśnień. Warstwa przysścienna powstała w tunelu była przed palisadą usuwana. Wysokości palisady były dobierane w ten sposób, aby w przekrojach średnich można było wyeliminować wpływ przepływów wtórnych i stworzyć warunki opływu palisady nieskończonej (pomiar strat profilowych).

W trakcie szeroko zakrojonych prac przebadano znaczne ilości opracowanych na drodze teoretycznej profili w różnych wariantach ustawienia w palisadzie i przy różnych parametrach strumienia powietrza. Jako wynik tych badań opracowano atlasy nowych profili, zapewniających małe straty w warunkach statycznych. Np. w optymalnych warunkach straty profilowe dla palisad profili reakcyjnych wynoszą $2 \div 4\%$, dla akcyjnych $2,5 \div 5\%$. Obecne profile dla prędkości podkrytycznych charakteryzują się zaokrąglonymi krawędziami wlotowymi i wylotowymi oraz krzywoliniowym obrysem.

Typowe dane przepływowe o profilach składają się z następujących charakterystyk (dla określonych liczb Re i Ma):

$$\xi = f_1 [\alpha_0(\beta_1), \bar{v}, \Delta, \beta_z],$$

$$\xi_k = f_2[\alpha_0(\beta_1), \bar{t}, \Delta, \beta_2, \tau]$$

oraz z poprawek uwzględniających wpływ zmiany liczb Re i Ma. Kąt wypływu z palisady α_1 lub β_2 określany jest najczęściej z zależności

$$\alpha_{1ef}(\beta_2) = \arcsin \frac{a}{t}.$$

Charakterystyki te pozwalają obliczyć współczynniki strat w palisadzie kierowniczej $\xi_{dl} = (\xi_{\infty} + \xi_k)_{dl}$ i wirnikowej $\xi_{wl} = (\xi_{\infty} + \xi_k)_{wl}$ oraz współczynniki prędkości $\varphi_1 = \sqrt{1 - \xi_{dl}}$ i $\psi_1 = \sqrt{1 - \xi_{wl}}$ dla warunków statycznych. Indeks 1 wskazuje tu na badania statyczne.

Przelotność palisad

Dla szeroko stosowanych dawniej profili reakcyjnych o niewielkiej krzywiznie odcinka wylotowego, rzeczywisty kąt wypływu z palisady dobrze zgadzał się z kątem wyliczonym z zależności

$$\alpha_{1ef} = \arcsin \frac{a}{t}.$$

Dla profili innego typu szereg badaczy zalecało wprowadzenie do powyższego wzoru współczynnika poprawkowego większego od jedności. W trakcie badań palisadowych, stosując metody sondowania, określa się najczęściej kąt wypływu α_{1sond} odpowiadający palisadzie o nieskończonej ilości nieskończenie długich łopatek. W palisadzie o skończonej wysokości kąt wypływu jest większy od α_{1sond} . Różnica ta wynosi przeciętnie $1 \div 1,5^\circ$, a w szczególnych przypadkach nawet $4 \div 5^\circ$. Porównanie kątów α_{1sond} i α_{1ef} dla szeregu palisad przy różnych parametrach strumienia wykazuje, że relacje między nimi zależą od kształtu profilu i sposobu ustawienia go w palisadzie oraz liczb Ma i Re. W szczególnych przypadkach, dla profili o dużej krzywiznie części spływowej, zgrubionej krawędzi spływu przy dużych podziałkach, różnica między kątami α_{1sond}

i α_{1ef} może wynosić $4 \div 5^\circ$. Przy małych kątach wypływu $\alpha_1 = 15 \div 17^\circ$ daje to różnicę wydatków $25 \div 30\%$. Odchylenia te mogą powiększać stosunkowo duże błędy pomiaru kąta wypływu metodami sondowania, wynoszące często $\pm 30'$.

Widać stąd, że do danych odnośnie przelotności palisad kierowniczych, czerpanych z atlasów profili, należy podchodzić z dużą ostrożnością. Kąt wypływu z palisad wirnikowych β_2 może być określany z wystarczającą dokładnością z zależności

$$\beta_{2ef} = \arcsin \frac{a}{t}.$$

Analiza strat w stopniu turbinowym

Sprawność wewnętrzną stopnia turbinowego o pełnym zasila-
niu przedstawić można w następującej postaci

$$\eta_1 = \eta_u \left(1 - \sum a \frac{\Delta G}{G} \right) - \Delta \eta,$$

gdzie η_u - sprawność obwodowa stopnia bez wykorzystania prędkości wylotowej przy braku przecieków^{x)} (stopień z idealnymi uszczelnieniami),

ΔG - przecieki przez szczeliny przy wierzchołku i stopie łopatkki,

G - ilość czynnika przepływającego przez kierownice,

a - współczynnik poprawkowy uwzględniający wpływ przecieku na straty w głównym strumieniu,

$\Delta \eta$ - zmniejszenie sprawności, wywołane tarciem wirnika o czynnik roboczy i przeciekiem przez dławnicę międzystopniową.

Sprawność obwodowa (łopatkowa) stopnia z idealnymi uszczelnieniami wyraża się jak niżej

$$\eta_u = 1 - \zeta_a (1 - \varphi) - \zeta_w \left[\varphi + \left(\frac{w_1}{c_0} \right)^2 \right] - \zeta_c,$$

^{x)} Sztuczne pojęcie stopnia bez przecieków tzn. z idealnymi uszczelnieniami wprowadzono dla ułatwienia analizy i oceny wzajemnie powiązanych strat i wpływów różnych czynników.

gdzie ξ_d i ξ_w współczynniki strat w palisadzie kierowniczej i wirnikowej (wzięte dla warunków stopnia z idealnymi uszczelnieniami) równe $\xi_d = 1 - \varphi^2$ i $\xi_w = 1 - \psi^2$,
 φ - stopień reakcji,
 w_1 - prędkość względna na wlocie do palisady wirnikowej,

$c_o = \sqrt{\frac{2g}{A} h_o}$ - prędkość odpowiadająca spadkowi izentropowemu stopnia,

$\xi_c = \left(\frac{c_o}{c_o}\right)^2$ - względna strata wylotowa stopnia.

Straty w stopniu turbinowym mogą być podzielone na straty w palisadach stopnia, pozałopatkowe i straty wynikające ze współpracy stopni.

Straty w palisadach stopnia

Przejście od współczynników strat ξ_{d1} i ξ_{w1} i współczynników prędkości φ_1 i ψ_1 z badań palisadowych do współczynników prędkości w palisadach stopnia bez przecieków wymaga uwzględnienia wpływu co najmniej następujących czynników:

- 1) rozmieszczenie palisady na walcu (palisada pierścieniowa),
- 2) nierównomierne rozkłady prędkości, ciśnień i kątów na wlocie i wylocie z palisad,
- 3) turbulencja i nieustalenie strumienia napływającego na palisady,
- 4) rodzaj czynnika roboczego,
- 5) wzajemne oddziaływanie wieńców,
- 6) przysłonięcia przy wierzchołku i stopie łopatek wirnikowych,
- 7) siły odśrodkowe w palisadzie wirnikowej.

Czynniki te oddziałują najczęściej w kierunku wzrostu strat, czyli zmniejszenia współczynników prędkości.

Umieszczenie palisady płaskiej na walcu, czyli utworzenie palisady pierścieniowej, powoduje istotną zmianę charakteru przepływu i, co się z tym oczywiście wiąże, zmianę występujących w przepływie strat. Przeciętnie współczynniki strat w

pierścieniowych palisadach kierowniczych (przy jednorodnym strumieniu na wlocie) są większe od strat w płaskim pakiecie łopatek o $0,015 \div 0,02$.

Przenoszenie wyników badań z użyciem powietrza jako czynnika roboczego na warunki pracy stopnia turbinowego w parze przegrzanej jest utrudnione, wymagające dodatkowych badań z racji niedotrzymania równości wszystkich kryteriów podobieństwa przepływów np. równości wykładników adiabat czy liczb Prandtla. Ponadto wyniki badań powietrznych na ogół nie dają się transponować na parę wilgotną.

Przysłonięcie przy wierzchołku i przy stopie powoduje wzrost strat końcowych w palisadzie wirnikowej przez zwiększenie nierównomierności profilu prędkości na wlocie do palisady. Dodatkowe straty związane z nagłym rozszerzeniem się kanału powstają w szczelinie międzywieńcowej. Wpływ przysłonięcia przy stopie jest słabszy, niż przysłonięcia przy wierzchołku. Różnicowanie wpływów czynników 3, 5, 7 nie wykracza w chwili obecnej poza stadium wstępnych ocen jakościowych.

Straty pozałopatkowe

W stopniu turbinowym budowy akcyjnej przy wierzchołku i stopie łopatki wirnikowej tworzy się złożony układ przepływów dodatkowych, zależnych od wielkości średniego stopnia reakcji i jego rozkładu wzdłuż wysokości łopatki, od przecieku przez dźwignicę międzystopniową i przepływu przez otwory odciążające tarczy wirnikowej oraz od parametrów konstrukcyjnych stopnia, takich jak np. układ szczelin, czy wielkości przysłonieć. Straty wywoływane przez te przepływy dodatkowe mogą osiągać znaczne wartości, szczególnie w stopniach pracujących w strefie wysokich ciśnień i poważnie obniżać sprawność stopnia.

Zmiana stopnia reakcji wzdłuż wysokości łopatki powoduje, że nawet w stopniach czysto "akcyjnych" ($\rho_{gr} = 0$), w szczelinie międzywieńcowej przy wierzchołku łopatki, panuje ciśnienie większe niż za stopniem. W wyniku powstaje przeciek czynnika roboczego przez szczelinę osiową u wierzchołka. Strumień ΔG , wpadając w szczelinę osiową, traci w rozpatrywanym stopniu zarówno prędkość nabytą w kierownicach jak i energię roz-

prężania się od ciśnienia w szczelinie do ciśnienia za stopniem. Oprócz tego zniekształcone zostaje pole prędkości przed palisadą wirnikową, co wywołuje w niej dodatkowe straty. Duże przecieki w stopniu poprzedzającym powodują pogorszenie struktury strumienia przed następnym stopniem, wywołując w nim dodatkowe straty. Na zmniejszenie straty przecieku przy wierzchołku wpływa: zmniejszenie szczeliny osiowej, zastosowanie uszczelnień promieniowych nad bandażem, zmniejszenie stopnia reakcji i zwiększenie przysłonięcia przy wierzchołku. Jednakże zmniejszenie stopnia reakcji spowoduje pogorszenie się warunków opływu dolnej części łopatki i powstanie lub zwiększenie podsysania z przestrzeni między tarczą kierowniczą a wirnikiem. Zwiększenie przysłonięcia powoduje wzrost strat końcowych w palisadzie wirującej. Ponieważ wpływy są różnokierunkowe, spodziewać się można istnienia rozwiązań optymalnych.

W stopniu turbinowym budowy komorowej przy stopie łopatki możliwe są dwa kierunki przepływów dodatkowych: odsysanie czynnika ze szczeliny międzywieńcowej oraz znacznie groźniejsze w skutkach i częściej występujące podsysanie czynnika z komory, między tarczą kierowniczą a wirnikową. Czynniki podsasy, wpływając do kanału międzyłopatkowego, zmienia kierunek i zwiększa prędkość głównie kosztem energii przepływu głównego. Deformuje to strukturę głównego strumienia i powoduje straty. Ze zwiększeniem się podsysania podstawowy strumień deformuje się na znaczną głębokość oraz wzrasta ilość energii potrzebna do przenoszenia czynnika podsysanego. Jeśli stopień reakcji przy stopie łopatki jest bliski zeru, czynnik podsasy zmniejsza tylko energię głównego strumienia, przy dodatnim jednak stopniu reakcji wobec rozprężania się w wirniku wykonuje pewną pracę i tym samym zmniejsza straty. Widać stąd, że wielkość strat zależy od ilości podsysanego czynnika i stopnia reakcji przy stopie łopatki. Wielkość podsysania zależy od wielkości szczeliny przy stopie łopatki, istnienia uszczelnienia, przecieku przez dławnicę międzystopniową oraz od ilości i wielkości otworów wyrównawczych w tarczy wirnikowej. Zaznaczyć należy, że występowaniu podsysania sprzyja "pompujący" efekt tarczy wirującej i działanie ssące głównego strumienia czynnika w szczelinie międzywieńcowej.

Niewielkie odsysanie praktycznie nie wpływa na sprawność stopnia. Tłumaczy się to tym, że odessana zostaje w pierwszym rzędzie warstwa przysięcienna wypływająca z kanałów kierowniczych. Poprawia to warunki opływu palisady wirującej i kompensuje ubytek czynnika roboczego.

Należy zaznaczyć, że na rozkład wzdłuż wysokości łopatki i wielkość stopnia reakcji silnie wpływa zarówno przeciek u wierzchołka jak i podsysanie, czy odsysanie przy stopie łopatki.

Radykalnym sposobem zmniejszenia strat pozałopatkowych jest zainstalowanie skutecznych uszczelnień przy wierzchołku i stopie łopatki wirującej. Pełne korzyści z zastosowania uszczelnień osiągnąć można przez właściwy, wzajemnie powiązany dobór parametrów konstrukcyjnych stopnia, określających kształt kanału przepływowego w przekroju merydionalnym, przyjęcie odpowiedniej reakcyjności stopnia i odpowiednich otworów odciążających.

W stopniach turbinowych o niepełnym łuku zasilania przedstawiony wyżej złożony obraz wzajemnie powiązanych strat i wpływów różnych czynników znacznie się jeszcze komplikuje.

Wzajemny wpływ stopni

Grupy jednorodnych stopni są podstawowymi elementami maszyn przepływowych, w tym oczywiście i turbin parowych. Badania stopni turbinowych przeprowadzane były najczęściej w jednostopniowych turbinach doświadczalnych, gdzie warunki na wlocie i wylocie nie odpowiadały stanom w rzeczywistej turbinie. Znajomość warunków współpracy stopni w grupie jest w chwili obecnej niewystarczająca. Utrudnia to przenoszenie wyników badań pojedynczych stopni na grupy stopni, co jest istotne przy projektowaniu turbin.

Wykorzystanie prędkości wylotowej z poprzedniego stopnia zależne jest od jej rozkładu wzdłuż wysokości łopatki, wielkości szczeliny osiowej pomiędzy stopniami, kształtu kanału, wielkości przecieków w stopniu poprzedzającym, kątów napływu na wlocie do stopnia następnego i innych czynników.

Duże przecieki przez szczeliny stopnia poprzedzającego psują strukturę strumienia przed stopniem następnym, wywołując w nim dodatkowe straty. Pewną rekompensatę stanowi wyższa entalpia przecieku w porównaniu z głównym strumieniem. W sumie przecieki wpływają na sprawność grupy stopni silniej, niż na pojedynczy stopień.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza strat określanych w badaniach palisadowych, wyniki których zestawiono w atlasach profili, wykazuje, że wyniki te nie uwzględniają wpływu całego szeregu czynników, działających w rzeczywistym stopniu turbinowym, istotnie zmieniających wielkość i charakter strat. Stosowane sposoby zbliżenia opływu płaskich palisad do warunków panujących w stopniu turbinowym np. przez wprowadzenie przysłoneń, turbulizowanie strumienia na wlocie do palisady, jednoczesne badanie nieruchomych palisad kierowniczych i wirujących, ze zrozumiałych względów mogą mieć tylko przybliżony, czysto jakościowy charakter, nie dający dostatecznych podstaw do obliczeń maszyny. W złożonym zespole strat w stopniu turbinowym straty profilowe, stosunkowo dobrze określane w badaniach palisadowych, stanowią tylko małą część pośród wszystkich strat energii.

Również dane o przelotności palisad nie dają wystarczających podstaw do określenia przelotności stopni turbinowych. Nieprawidłowe określenie przelotności stopni znacznie silniej odbija się na charakterystykach turbiny, niż zbyt niska ocena strat. Wiarygodnych danych o przelotności kierownic i stopni dostarczyć mogą dopiero badania stopni turbinowych oraz częściowo, stojące na ich pograniczu, badania palisad pierścieniowych metodami integralnymi, wykonywane najczęściej w przystosowanych do tego celu turbinach doświadczalnych.

Widać stąd, że bezpośrednie zastosowanie współczynników prędkości φ_1 i ψ_1 , jak również i kątów α_1 , wpływu czynnika z kierownic, wyznaczonych w badaniach palisadowych, do obliczeń stopni turbinowych powinno powodować błędy. W ten sposób wyjaśnić można nierzadkie przykłady niepowodzeń w tur-

binach, do obliczeń których przeniesiono wprost wyniki badań palisadowych. Z tych powodów badania palisadowe i im podobne wydają się ciężać raczej w kierunku badań podstawowych, nie dla bezpośredniego zastosowania w budowie turbin i służyć do badania zjawisk zachodzących przy opływie palisad oraz do selekcji profili.

W tej sytuacji zrozumiałe staje się znaczenie badania stopni turbinowych i grup stopni jako koniecznego minimum, łączącego różne, abstrakcyjne z punktu widzenia zastosowania w konstrukcji turbin, badania przepływów. Ze względu na możliwość określenia rzeczywistych strat i wzajemnie powiązanych wpływów badania stopni dostarczają danych do weryfikacji różnych jakościowych ocen i pozwalają na wyznaczenie współczynników liczbowych występujących w przedstawianych hipotezach i teoriach. Dopiero prawidłowo przeprowadzone badania stopni i grup stopni dostarczają niezawodnych informacji do projektowania nowoczesnych turbin.

Należy jeszcze raz podkreślić, że znajomość warunków współpracy stopni w grupie stopni, tym podstawowym elemencie turbiny parowej, jest ciągle jeszcze niewystarczająca. Przyczyny takiego stanu upatrywać można zarówno w trudnościach tego typu badań, jak i w kosztach budowy stanowisk badawczych. W stanowiska takie wyposażone są tylko nieliczne placówki zagraniczne. W tym świetle szczególnego znaczenia nabierają możliwości przeprowadzenia badań grup stopni, przy użyciu pary jako czynnika roboczego, w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej, z racji posiadania stanowiska z doświadczalną turbiną parową de Laval.