

Podwyższenie efektywności turbin parowych znajdujących się w wieloletniej eksploatacji

Increasing the efficiency of steam turbines which have been in operation for many years

VLADIMIR G. GRIBIN, OLGA M. MITROHOVA, KRZYSZTOF J. JESIONEK

DOI 10.36119/15.2020.1.3

W artykule przedstawiono różne warianty modernizacji części przepływowej turbin parowych znajdujących się w wieloletniej eksploatacji. Maksymalny przyrost mocy może być uzyskany drogą modernizacji układu łopatkowego. Przejście do łopatek ze zmiennym kątem wypływu α_1 , zastosowanie tzw. meridionalnego profilowania krótkich łopatek pierwszych stopni części wysokoprężnej pozwala zwiększyć sprawność o około 2÷3% w porównaniu ze stanem wyjściowym konstrukcji. Pewne rezerwy podwyższenia ekonomiczności związane są także z modernizacją uszczelnień. Współczesne rozwiązania konstrukcyjne uszczelnień umożliwiają zmniejszenie przecieków pary o około 10÷30%, co prowadzi do wzrostu sprawności turbiny. Maksymalna efektywność aerodynamiczna elementów części przepływowej z dodatnimi wartościami wzdłużnego gradientu ciśnienia jest osiągnięta w warunkach stabilnego przepływu bez oderwania warstwy przyściennej od ścianek. Dotyczy to zarówno dyfuzorowych wylotów korpusów wysokiego, średniego i niskiego ciśnienia jak i dyfuzorów zaworów regulacyjnych. Przeprowadzone badania i doświadczenia modernizacji wskazują na możliwość podwyższenia mocy turbozespołu do 10÷12% w odniesieniu do stanu początkowego. Taki rezultat osiągnięty jest kosztem modernizacji tylko samego układu łopatkowego bez zmiany detali korpusu a rozważane w pracy techniczne rozwiązania mogą być zastosowane podczas kapitalnego remontu turbiny parowej nawet, w warunkach elektrowni.

Słowa kluczowe: turbina parowa, modernizacja

Different designs of modification of flow range in long-lived turbine plants have been considered in the presented paper. The maximum turbine power increment can be achieved by modernization of a turbine blading system. The use of blades with various nozzle-exit angles and meridional profiling for short blades of the first stages in high-pressure section provides an opportunity to increase efficiency by 2÷3% in comparison with a reference power. A significant gain in performance is associated with the design improvement of seals. Modern designs of seals make it possible to decrease steam leakage by 10÷30 % that results in an increase in turbine efficiency. Maximum aerodynamic efficiency of flow channels with adverse pressure gradient has been achieved under a stable unseparated flow. The same holds for diffuser steam-turbine exhausts of the HP (high-pressure) part, the LP (low-pressure) part and the IP (intermediate-pressure) part, and also diffusers of control valves. The research and the first effort of research in modification suggest possible increment of a turbine power up to 10÷12 % in comparison with a reference power. This result can be obtained only due to modification of the blade system without changing the component of a turbine casing. The discussed engineering proposals can be implemented major overhaul of the steam turbine even in power plant conditions.

Wstęp

Użytkownik turbiny parowej, eksploatowanej od wielu lat, często ma możliwość przedłużenia jej okresu eksploatacji i poprawienia osiągniętych przez wykonanie szeregu zabiegów modernizacyjnych, np. podczas jej remontu. Jedną z pierwszych analiz tego problemu została wykonana w Katedrze Turbin Parowych i Gazowych (PGT) MEI, [5] i [6]. Ulepszenia mogą

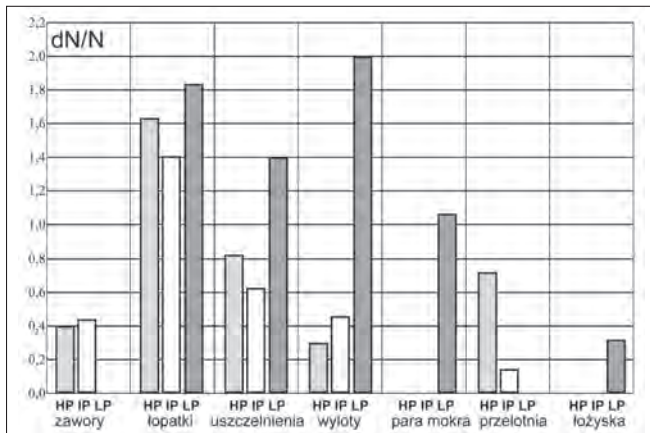
dotyczyć różnych podzespołów maszyny, na co wskazywano także np. w pracach [1]÷[4], [7]. Wyniki analizy prac wykonanych przez różne firmy modernizujące części przepływowe turbin znajdujących się w wieloletniej eksploatacji przedstawiono na rys. 1. Łatwo stwierdzić, że największy przyrost sprawności, a tym samym przyrost mocy uzyskano w wyniku ulepszeń układów łopatkowych we wszystkich cylindrach turbiny – zauważalny szczegól-

nie w przypadku turbin wielkiej mocy – usprawnienia uszczelnień oraz wyprowadzenia pary, zwłaszcza z korpusu LP.

Układ łopatkowy

Jeśli chodzi o układ przepływowy turbiny, to wyraźny efekt umożliwia zastosowanie metod 3D w projektowaniu łopatek. Przyrost mocy może wynieść wtedy nawet powyżej 2,5÷3,0% i zależy zarówno od

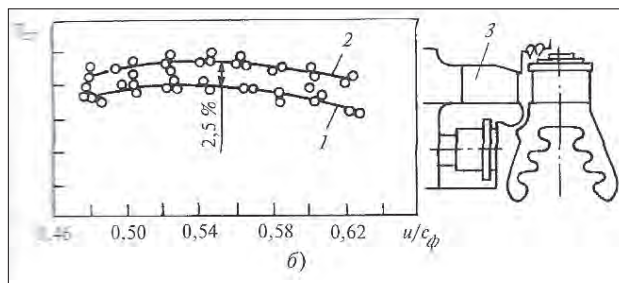
Dtn. Prof. Vladimir G. Gribin ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7658-2674> – Moskiewski Instytut Energetyczny MEI, ktn Olga M. Mitrohova ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5892-8280> – MEI, prof. dr hab. inż. Krzysztof Jesionek ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3532-6727> – Politechnika Wroclawska. Adres do korespondencji: Krzysztof.Jesionek@pwr.edu.pl



Rys. 1. Możliwości podwyższenia efektywności pracy turbin parowych
Fig. 1. Possibility of increasing efficiency for steam turbines

po początkowym stanie układu łopatkowego, jak i od tego kiedy dany układ został zaprojektowany. Wyniki badań wykazu-

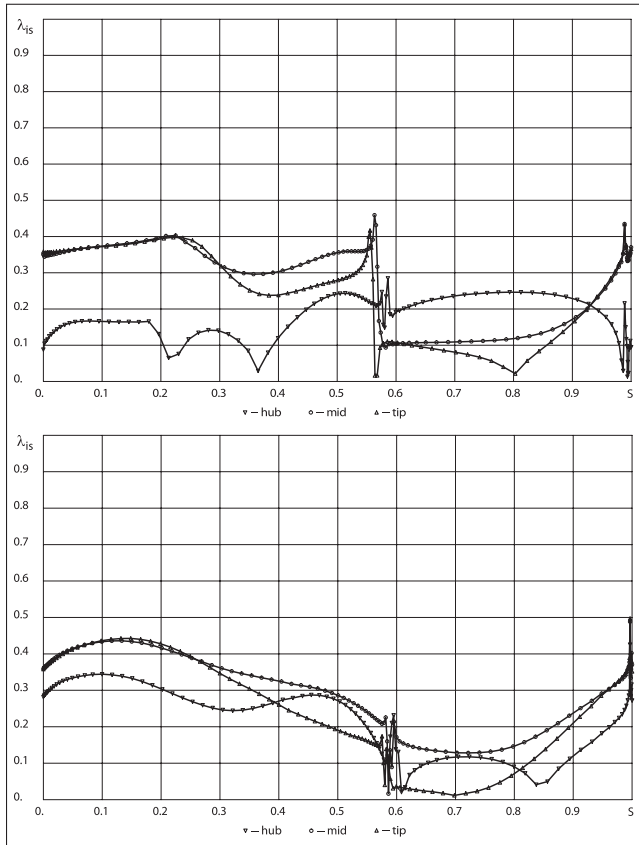
ją, że jest to najbardziej efektywny sposób dotyczący obniżenia tzw. strat końcowych.



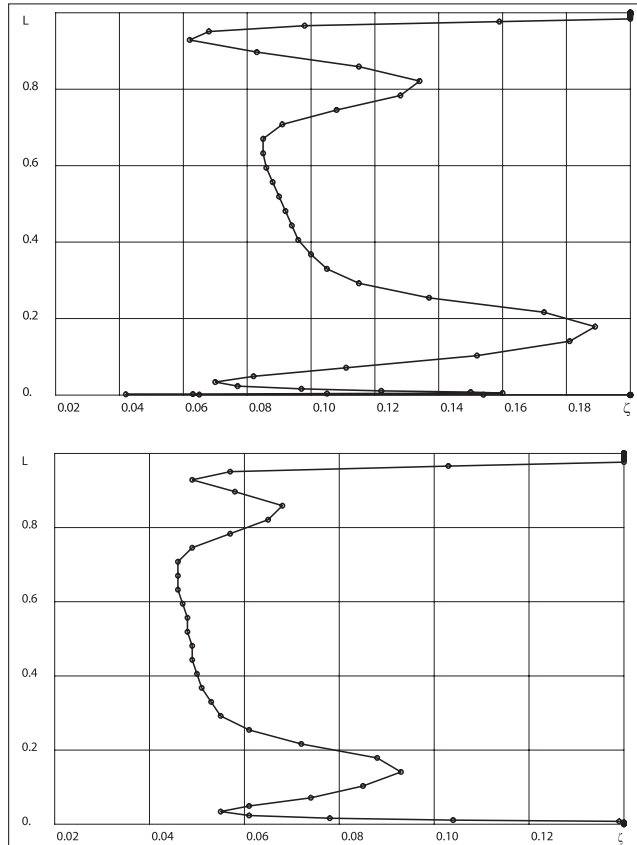
Rys. 2. Zastosowanie profilowania meridjonalnego
Fig. 2. Application of meridional profiling

Dla krótkich łopatek można rekomendować zastosowanie profilowania w strefie obwodu meridjonalnego wieńca ze zmniejszeniem powierzchni przepływowej w strefie skośnego ścięcia kanału dyszowego. Obniżenie wartości dodatniego wzdłużnego gradientu ciśnienia statycznego na powierzchni profilu, zwłaszcza w pobliżu krawędzi splywu, prowadzi do zmniejszenia intensywności przepływów wtórnych i strat energii. Ten sposób został opracowany w katedrze PGT. Jego zastosowanie w turbinach GE wykazało skuteczność w przypadku krótkich łopatek, co zilustrowano na rys. 2. Ten sposób można rekomendować do stosowania w pierwszych stopniach turbin parowych na podwyższone parametry pary a także dla jednocylindrowych turbin układów parowo-gazowych dużej mocy typu utylizacyjnego.

Zmiana kąta α_1 wypływu strumienia z kierownicy daje możliwość przebudowania struktury przepływu pary wzdłuż wysokości łopatki, rys. 3. Prowadzi to do zmniejszenia strat w pobliżu końców łopatki, w strefach peryferyjnych, gdzie zwykle są znaczne straty końcowe, rys. 4. Porównanie wyników obliczeń dwóch palisad konfuzorowych ze stałym kątem wypływu $\alpha_1=15^\circ$ oraz ze zmiennym wzdłuż wysokości kątem wypływu: w rdzeniu i na



Rys. 3. Bezwymiarowe profile prędkości przed i po modernizacji
Fig. 3. Nondimensional velocity profiles before and after modernization



Rys. 4. Rozkład strat wzdłuż łopatki
Fig. 4. Loss distribution along of blade

peryferii $\alpha_1=9^\circ$ a w jądrze strumienia $\alpha_1=22^\circ$ wykazało możliwość obniżenia sumarycznych strat energii o około 2%. Obliczenia przeprowadzono dla tych samych wartości przepływu, rozporządzalnych spadków entalpii, grubości krawędzi łopatek, kątów wlotowych strumienia $\alpha_0=90^\circ$. Wyniki eksperymentu dla palisad C9009A, C9015A, C9022A pobrano z atlasu profili MEI. Zastosowanie tej metody potwierdziło się w częściach przepływowych korpusów HP, IP oraz w pierwszych stopniach LP.

Zastosowanie krzywych Béziera pozwoliło odpowiednio wygładzić (wyrównać) powierzchnie obwodów profilu i zmniejszyć wpływ lokalnych odcinków z dodatnim gradientem ciśnienia. Na rys. 4 przedstawiono rozkład strat wzdłuż wysokości łopatki. Dobrze widać, że zmniejszyły się zarówno straty końcowe (straty na końcach łopatek) jak i straty profilowe (w środkowej części łopatki).

Wspomniane metody zostały zastosowane do przeprofilowania odcinka przepływowego turbiny liczącego 3 stopnie. Sama zmiana tylko kształtu łopatek, bez zmian detali korpusu turbiny, spowodowała obniżenie strat w tej części o około 2,4%. Sprawność przepływu przeprofilowanego odcinka trzech stopni o stosunkowo małej wysokości łopatek roboczych osiągnęła 93%. Większa część tego korzystnego efektu osiągnięta została wskutek obniżenia intensywności przepływów wtórnych (indukowanych) i zmniejszenia wymiarów strefy ich występowania.

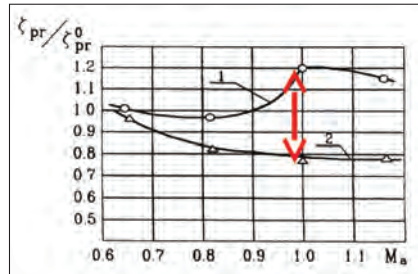
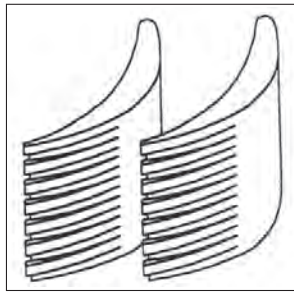
Rozpatrywane przypadki wykazały znaczne rezerwy podwyższenia efektywności aerodynamicznej części przepływowej z ułotkowaniem typu akcyjnego, które mogą być wykorzystane podczas modernizacji aparatu łopatkowego. Można wtedy pozostawić stopnie akcyjne, co nie wymaga zmian podstawowych detali korpusu. Aerodynamiczna efektywność takich, udoskonalonych metodami modelowania 3D, stopni jest konkurencyjna w porównaniu ze stopniami reakcyjnymi.

Przepływ transoniczny

Straty w przypadku przepływów transonicznych można zmniejszyć przez wykonanie rowkowania w strefie skośnego ścięcia palisady profili, rys. 5 i 6.

Korzystny efekt takiego zabiegu osiągnięty został w wyniku aktywizacji przepływu w strefie przyściennej profilu łopatki kierownicy. Zachodzi wtedy współdziałanie strumienia w rowkach i nad gładką opływającą powierzchnią z wytwarzaniem lokalnych struktur wirowych zwiększają-

Rys. 5. Łopatki turbinowe z rowkami
Fig. 5. Turbine blades with longitudinal grooves



Rys. 6. Zmiana współczynnika strat w przepływie transonicznym
Fig. 6. Change of loss coefficient in transonic flow

cych energią kinetyczną strumienia w strefie przyściennej. Obniżenie strat jest niewielkie, rzędu 0,5 %. Strefa wzrostu strat zaczyna się przy prędkościach $M>1,2$.

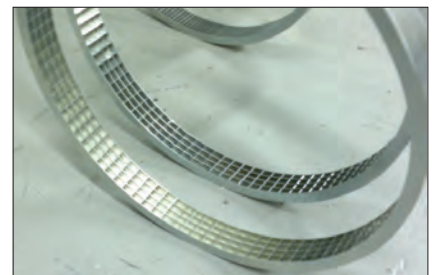
Przecieki pary

Zastosowanie ułotkowania reakcyjnego ma zarówno pozytywne jak i negatywne strony. Podstawowy problem związany jest ze wzrostem strat przecieków pary przez uszczelnienia stopnia. Zwiększenie szczelin, np. w wyniku długotrwałej eksploatacji, prowadzi do wzrostu strat przecieków i obniżenia względnej sprawności wewnętrznej. Dla utrzymania pełnej przewagi ułotkowania reakcyjnego oraz zminimalizowania wymienionych niedostatków (utrzymanie niezmiennych wartości szczelin pomiędzy wirnikiem a korpusem, a tym samym i niezmiennych strat przecieków) firma Siemens w swoich turbinach wielkiej mocy stosuje korpus HP cylindrycznego kształtu, bez poziomej płaszczyzny podziału. Taka konstrukcja zapewnia utrzymanie minimalnych wartości szczeliny dla całego zakresu obciążeń eksploatacyjnych a także podwyższa manewrowość turbozespołu.

Straty przecieku mają istotny wpływ na efektywność aerodynamiczną i sprawność pracy korpusów HP oraz IP, szczególnie przy zastosowaniu stopni reakcyjnych. Ze wzrostem ciśnienia początkowego przed częścią HP konstrukcja uszczelnień ma znaczny wpływ na wzbudzone siły aerodynamiczne, które mogą być główną przyczyną niedopuszczalnych drgań turbozespołu. Jak wiadomo, ulepszanie konstrukcji

uszczelnień, związane jest z zastosowaniem takich rozwiązań technicznych, które pozwalają zminimalizować szczelinę uszczelnienia. Jednak dotychczas przy rozwiązywaniu tego problemu zbyt mało uwagi zwracano na wzrost sił wzbudzających wibracje wirnika. W katedrze PGT MEI zbudowano stanowisko doświadczalne, na którym badany jest wpływ konstrukcji uszczelnień, zarówno na wielkość przecieków, jak i na siły aerodynamiczne wzbudzające drgania. Pozytywny efekt obniżenia przecieku i wzbudzających sił osiągnięto dla uszczelnień ze zmienną podziałką pomiędzy grzebieniami.

Zastosowanie uszczelnień plastowych jest dopuszczalne tylko przy braku obcych stałych twardych domieszek w parze. Źródłem takich domieszek są, jak wiadomo, rurociągi doprowadzające parę i powierzchnie grzewcze kotła. Na rys. 7 przedstawiono konstrukcję uszczelnienia z dużymi komórkami wykonanymi według technologii MEI, które były badane w laboratorium katedry PGT. Uszczelnienia tego rodzaju mają stosunkowo niską cenę i korzystne charakterystyki.



Rys. 7. Pierścień uszczelnienia z dużymi komórkami
Fig. 7. Seal ring with large cells

Przepływ pary wilgotnej

Zastosowanie separacji wilgoci pozwala zmniejszyć liczbę dużych kropli wilgoci w strumieniu i obniżyć erozyjne zużycie łopatek oraz strat od wilgoci w palisadzie profili. W celu osiągnięcia maksymalnego efektu konieczny jest prawidłowy dobór spadku ciśnienia w szczelinie służącej do separacji wilgoci z powierzchni profilu łopatki kierownicy. Zwiększenie spadku ciśnienia w szczelinie prowadzi też do zwiększenia niechciane go przepływu pary przez szczelinę, zmniejszenia głównego przepływu płynu i wzrostu strat energii. Wraz ze zmniejszeniem przepływu uwalnianej warstewki cieczy na powierzchni profilu maleje efektywność separacji.

Dobór spadku ciśnienia i miejsca ulokowania szczeliny do wyprowadzenia wilgoci zależy od geometrii zarówno

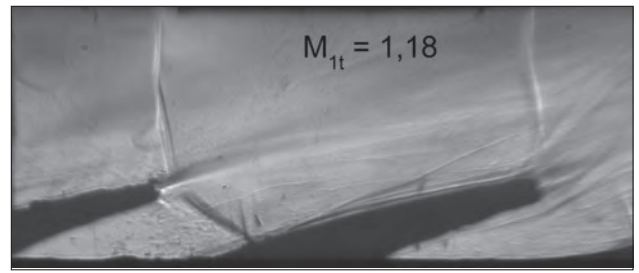
kanatu palisady jak i szczeliny, grubości warstewki cieczy przed szczeliną oraz od aktualnych parametrów termodynamicznych głównego strumienia. W celu prawidłowego wyboru tych parametrów w stopniu części przepływowej turbiny konieczne są zarówno badania eksperymentalne jak i numeryczne modelowanie przepływu płynu dwufazowego w kanale palisady dyszowej.

W laboratorium katedry PGT para doprowadzana jest do instalacji z upustów turbiny elektrowni TEC MEI. Ciśnienie, temperatura i stopień wilgotności przed i za badanym obiektem mogą być regulowane w zależności od celu i programu prowadzonego eksperymentu.

W laboratorium stosowane są współczesne metody pomiaru stacjonarnych i niestacjonarnych parametrów przepływu, wizualizacja metodą Szlierena dla badania struktury i parametrów przepływów transonicznych i nadźwiękowych na parze przegrzanej i wilgotnej, filmowanie szybką kamerą, metody diagnostyki laserowej. Diagnostyka laserowa umożliwia określenie parametrów fazy ciekłej zarówno w kanale międzyłopatkowym jak i za badaną palisadą. Jako trasyery-markerki wykorzystywane są kropki, powstające w procesie rozprężania pary w palisadzie dyszowej. Opracowane algorytmy dają możliwość, po opracowaniu rezultatów eksperymentu, określenia rozmiarów, prędkości, kierunku ruchu kropli, wydzielenia charakterystycznych strumieni wilgoci i uzyskanie wyczerpującej informacji o efektywności zastosowanych w palisadzie profili metod rozbicia i usunięcia grubo-dyspersyjnej wilgoci.

Kombinacja różnych metod eksperymentalnego badania przepływów dwufazowych umożliwiła uzyskanie nowych rezultatów o wzajemnym oddziaływaniu skoków kondensacji i fali zagęszczonej w strumieniu pary wilgotnej przy prędkościach transonicznych i nadźwiękowych. Na rys. 8 przedstawiono jedno ze zdjęć (wykonanych szybką foto-kamerą) niestacjonarnej struktury falowej przepływu w skośnym ścięciu palisady dyszowej przy nadźwiękowej prędkości strumienia. Zaznaczone zmiany wzajemnego położenia skoków twardości i kondensacji zachodzą przy niezmiennych parametrach przed palisadą, tylko w wyniku wzajemnego oddziaływania struktur falowych. W ten sposób potwierdzono, że strefa przejścia fazowego w kanale jest także źródłem sił aerodynamicznych wzbudzających drgania, które prowadzą do obniżenia niezawodności i mogą doprowadzić do zniszczenia elementów konstrukcji.

Rys. 8.
Struktury falowe w strumieniu konfuzorowym
Fig. 8. Wave structure in nozzle channel



Przepływy dyfuzorowe

Obniżenie intensywności przepływów oderwanych, powiększenie strefy przepływu bez-oderwanego, podwyższenie stateczności głównego strumienia przy zmianie warunków początkowych istotnie podnosi efektywność aerodynamiczną elementów dyfuzorowych części przepływowej turbiny parowej. Pełne wyjaśnienie tych zjawisk wymaga przeprowadzenia badań zarówno eksperymentalnych jak i numerycznych. Zastosowanie samych

wzbudzanych sił aerodynamicznych oraz zmniejszenia strat energii, co znacznie podwyższa efektywność turbozespołu.

Straty aerodynamiczne w zaworze regulacyjnym zależą od ukształtowania kanału pomiędzy czaszą/grzybem i odcinkiem wlotu konfuzorowego przed dalszym wyprowadzeniem dyfuzorowym. Oderwanie strumienia i wytworzenie wielkoskalowych przepływów wirowych jest główną przyczyną pojawienia się sił aerodynamicznych wzbudzających drgania działające na wrzeciono zaworu, prowa-



Rys. 9.
Stanowisko do badań zaworów regulacyjnych
Fig. 9. The stand for research of control valves

tylko metod modelowania numerycznego może prowadzić do niedopuszczalnych, z punktu widzenia projektowania, błędów. Dla przepływów z oderwaniem eksperyment okazuje się głównym źródłem informacji i daje najbardziej wiarygodne rezultaty dla skomplikowanych przepływów gazodynamicznych, które formują się w strefach oderwania przepływu. Porównanie dotychczas uzyskanych wyników eksperymentu i obliczeń wykazuje, że błędy obliczeń przepływu z dodatnimi wartościami wzdłużnego gradientu ciśnienia statycznego są często niedopuszczalnie duże. Wyniki profilowania i idących w ślad za tym badań dyfuzorowych wylotów korpusów HP, IP i LP oraz zaworów regulacyjnych z siedłem dyfuzorowym wykazały, że precyzyjna lokalizacja, a tym bardziej likwidacja przepływu oderwanego prowadzi do zmniejszenia

dających czasami do jego zerwania. W zaworach często formuje się nierównomierne pole prędkości na wlocie dyfuzora powodujące przejście do przepływu oderwanego. Dlatego na stanowiskach eksperymentalnych katedry PGT zawory regulacyjne badane są razem z korpusem i rurociągiem doprowadzającym, które to elementy oddziałują na formowane pole prędkości przed przepływową częścią zaworu. Taki tryb postępowania powinien być obowiązkowy dla uzyskania wiarygodnych wyników, rys. 9.

Dobry efekt obniżenia strat daje profilowanie wylotowego odcinka części WC. Przeprowadzone obliczenia oraz zrealizowane eksperymenty umożliwiły uzyskanie efektu dyfuzorowego w układzie wylotowym i obniżenie straty ciśnienia o około 10%. Głównym problemem profilowania układów wylotowych jest

wybór prawidłowych zależności pomiędzy parametrami geometrycznymi dyfuzora i korpusu wylotu.

Największy efekt może być osiągnięty kosztem profilowania odcinka wylotowego złożonego ze stopni ostatniego i przedostatniego z rozwiniętym systemem usuwania grubo-dyspersyjnej wilgoci i odcinka wylotowego. Dla tego odcinka części przepływowej charakterystyczna jest duża nierównomierność ciśnienia na promieniu stopnia i dlatego wszystkie jego elementy należy projektować jako jeden kompleks.

Podsumowanie

Problem przedłużenia pracy turbin parowych znajdujących się w wieloletniej eksploatacji jest od szeregu lat jednym z priorytetowych zadań elektrowni, firm remontowych oraz producentów maszyn

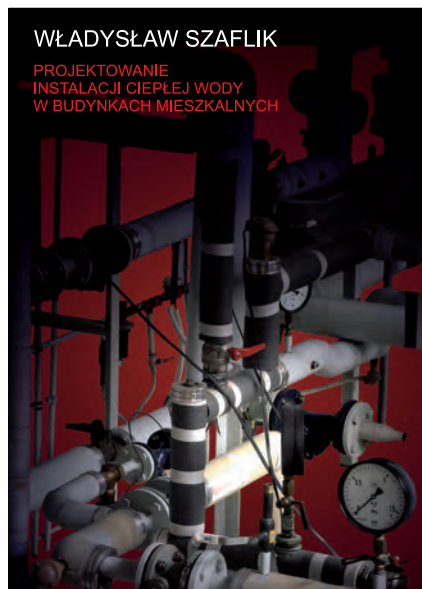
energetycznych. Dotyczy to zwłaszcza maszyn, które przepracowały ponad 200 tys. godzin. Szeroki rozwój i wykorzystanie numerycznych metod modelowania przepływów umożliwił znaczne obniżenie kosztów uzyskania wiarygodnych wyników potwierdzanych przez eksperyment. Poprawnie przeprowadzona diagnostyka stanu technicznego takich maszyn pozwala prognozować ich dalszą żywotność i wskazać właściwe kierunki prac modernizacyjnych.

LITERATURA

- [1] Gribin V.G., Razrabotka metodov povyšeniya effektivnosti diffuzornych elementov protočnoj časti turbomasin, Avtoreferat dissertacii MEI, Moskva 1984.
- [2] Jesionek K.J., Prognozowanie oderwania strumienia i możliwości jego ograniczania w przepływowych maszynach energetycz-

nych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998, s. 231.

- [3] Kostjuk A.G., Frolov V.V., Bulkin A.E., Truchnij A.D., Pariwyje i gazovyje turbiny dlja elektro-stancij, Izdatelskij dom MEI, Moskva 2008, s. 556.
- [4] Lazarev L.J.A., Stepanova T.N., Rjahovskaja N.V. Fadeev V.A., Geometričeskije i energetičeskie charakteristiki profilaj turbinnych lopatok postojannovo tečenija, Mašgiz., Moskva 2004, s. 52.
- [5] Trojanowski B.M., Puti povyšeniya ekonomičnosti parowych turbin – čast 1, Teploenergetika, No. 5, 1993, s. 39-46.
- [6] Trojanowski B.M., Puti povyšeniya ekonomičnosti parowych turbin – čast 2, Teploenergetika, No. 7, 1993, s. 34-41.
- [7] Zarjankin A.E., Gribin V.G., Paramonov A.N., Jesionek K.J., The Gas and Steam Turbines Instalations Diffuser Exhaust Systems and Their Efficiency Increasing Methods, Proceedinga of the Tenth Conference on Steam and Gas Turbines for Power and Cogeneration Plants, ed. By M. Stastny, Karlovy Vary 1994, s. 359-364.



WŁADYSŁAW SZAFLIK

PROJEKTOWANIE
INSTALACJI CIEPŁEJ WODY
W BUDYNKACH MIESZKALNYCH

Projektowanie instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych

Autor: prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik

a także współczesne tendencje i kierunki rozwoju tej dziedziny techniki. Przy jej pisaniu starano się wykorzystać najnowszą wiedzę z tej dziedziny. W książce tej przedstawiono całokształt zagadnień związanych z ciepłą wodą, jej właściwościami, rozprawdzeniem oraz przygotowaniem.

Treść książki została podzielona na 13 rozdziałów, można wyróżnić w niej cztery podstawowe części.

Książka była recenzowana, jeden z recenzentów książki, profesor dr hab. inż. Janusz Jeżowiecki z Politechniki Wrocławskiej napisał o niej:

„Aktualność tematu monografii i potrzeba jej opublikowania nie budzą najmniejszych wątpliwości, bo m.in. w pełni prawdziwa jest zawarta w przedmowie informacja Autora, że dotyczące tej samej tematyki poprzednie krajowe dzieło zwarte zostało wydane w 1981 r., czyli przed 26 laty (Mańkowski S.: Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej, Arkady, Warszawa 1981). Jeśli wraz z tym okresem uzmysłowi się odpowiadający mu ogromny postęp nauki, technologii i praktyki we wszystkich obszarach techniki, także w budownictwie do którego w szerokim rozumieniu należą instalacje ciepłej wody, to pojawienie się na polskim rynku wydawniczym opinowanej pracy nabiera szczególnie dużego pozytywnego znaczenia”.

Drugi z recenzentów książki, profesor dr hab. inż. Halina Koczyk z Politechniki Poznańskiej w swojej opinii napisała na jej temat:

„Praca dotyczy ważnej problematyki związanej z zaopatrzeniem budynków w szczególności mieszkalnych, w ciepłą wodę. Jest to ważny składnik zużycia ciepła, którego względny udział w całkowitym zużyciu stale rośnie w stosunku do zapotrzebowania na cele ogrzewania w wyniku polepszania izolacyjności cieplnej przegród budynku. Racjonalne projektowanie, wykonanie i właściwa eksploatacja układów do przygotowania i rozprawdzenia ciepłej wody jest problemem bardzo ważnym z punktu widzenia technicznego, ekonomicznego i ekologicznego. Pozwala ograniczyć nadmierne zużycie energii pierwotnej (np. poprzez wykorzystanie energii słonecznej, indywidualne rozliczanie zużycia ciepła przez użytkowników itp.) przyczynia się do mniejszego zanieczyszczenia środowiska produktami spalania oraz zmniejsza koszty eksploatacyjne.”

W oparciu o analizę pracy pt. "Projektowanie instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych" stwierdzam, że przedstawia ona całokształt zagadnień związanych z ciepłą wodą, jej przygotowaniem, rozprawdzeniem i właściwościami, posiada znaczącą wartość merytoryczną, prezentuje nowoczesne rozwiązania układów instalacyjnych zgodnie z aktualnym stanem wiedzy techniki. Przedstawia zasady doboru elementów instalacji zgodnie z regulami sztuki inżynierskiej oraz w nawiązaniu do nowoczesnych rozwiązań.”

Książka jest poświęcona instalacjom ciepłej wody i układom jej przygotowywania. Liczy 294 stron tekstu, bogato ilustrowanego rysunkami, schematami oraz tabelami i stanowi pewne podsumowanie wieloletnich prac prowadzonych w Katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ciepłownictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (do 2008 roku Politechniki Szczecińskiej).

Prezentowana książka jest pozycją, w której przedstawiono w sposób kompleksowy i uporządkowany najnowsze wyniki badań i stosowane rozwiązania instalacji ciepłej wody i układów służących do jej przygotowywania oraz podano metody obliczeń

Cena 1 egz.: 60 zł + 5% VAT.

Zamówienia przyjmuje: Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie"

02- 674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax 22-843 77 71; e-mail: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl



Już można zamawiać prenumeratę miesięcznika Instal na 2020 rok.

Druk zamówienia na stronie www.informacjainstal.com.pl