

Szewalski, Robert

Rozwój i aktualny stan nauki o turbinach parowych i gazowych w Polsce Ludowej

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 18/4, 707-713

1973

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



ROZWÓJ I AKTUALNY STAN NAUKI O TURBINACH PAROWYCH I GAZOWYCH W POLSCE LUDOWEJ

Turbiny parowe, a od pewnego czasu również turbiny gazowe, zaliczają się do podstawowego sprzętu energetycznego.

Stan techniki turbinowej w Polsce w przededniu II wojny światowej charakteryzują najlepiej wskaźniki rozwoju energetyki i produkcji elektrycznej w kraju. Ogólna moc zainstalowana w siłowniach wynosiła ok. 1650 MW, przeciętna moc siłowni 0,55 MW, ogólna liczba siłowni powyżej 3000 (z czego więcej aniżeli połowa o charakterze przemysłowym), wreszcie bardzo charakterystyczny wskaźnik produkcji energii elektrycznej 113 kWh na rok i głowę ludności.

Sprzęt turbinowy pochodzenia zagranicznego był bardzo różnorodny. Założona na kilka lat przed wojną krajowa fabryka turbin w Stalowej Woli, mająca rozpocząć produkcję turbin systemu Ljungström według licencji szwedzkiej (STAL), nie zdołała podjąć tej produkcji.

Wybuch wojny wstrzymał przygotowywany rozwój, a olbrzymie zniszczenia wojenne stworzyły groźną dla kraju sytuację na odcinku zaopatrzenia w energię elektryczną. Wyrazem tego była m.in. niższa w 1945 r. w porównaniu z 1938 r. produkcja energii elektrycznej (pomimo przesunięcia granic Państwa w kierunku wyżej uprzemysłowionych ziem zachodnich). Od tego roku wszakże zaznacza się stały wzrost wskaźników ilustrujących rozwój energetyki polskiej, w tym jednoznacznie również techniki turbinowej. Jego promotorem stało się państwowe kierownictwo energetyki polskiej.

Podstawową rolę odegrało tu także Biuro Turbinowe przy Katedrze Turbin Parowych i Spalinowych Politechniki Gdańskiej, powołane w maju 1947 r. przez Zjednoczenie Przemysłu Maszynowego. Zadaniem jego stała się odbudowa sprzętu turbinowego siłowni polskich, zwłaszcza wobec trudności uzyskania jakiegokolwiek pomocy z zagranicy. Podjęta przez Biuro akcja remontowa, przy czym pod tym kryptonimem kryła się dalekosiężna inicjatywa odbudowy siłowni ze zniszczonych wojennych, pozwoliła przekazać do użytku w ciągu kilku lat kilkadziesiąt turbozespołów, przeważnie małej mocy, i stała się podstawą dla dalszego kroku w kierunku uruchomienia rodzimego przemysłu turbinowego. Zgromadzony przez Biuro zespół młodych inżynierów turbinowców stał się nie tylko szkołą konstrukcji turbin, zasilając następnie powołane do życia w fabryce turbin w Elblągu Zakładowe Biuro Konstrukcyjne, lecz również załączkiem wyrosłej z niego później samodzielnej placówki badawczej — Instytutu Maszyn Przepływowych PAN.

Bardzo ściśle powiązanie Biura Turbinowego z powstającym przemysłem budowy turbin w kraju, którego było zresztą pierwszą komórką organizacyjną, wskazuje na istotne korzyści płynące ze ściślejszej współpracy tzw. sektora nauki z sektorem przemysłowym. Owocem jej była nie tylko odbudowa własnymi siłami różnorodnego parku turbi-

nowego siłowni polskich, ogółem kilkudziesięciu turbin o mocy sięgającej ok. 200 MW, lecz również przekazanie energetyce kolejno pierwszej polskiej turbiny parowej, zespołu przemysłowego o mocy 2,3 MW (cecha TP2), a następnie po przejściu Biura przez IMP PAN serii turbin przeciwprężnych TP2,5 — 6,0 o mocy 2,5 do 6 MW, oraz turbiny okrętowej TP 9. Wysoka jakość tych turbin, ich absolutna niezawodność w pracy, a także prostota i sprawność, ugruntowały nie tylko imię elbląskiego „Zamechu” jako polskiej fabryki turbin parowych, lecz pozwoliła także na eksport wielkiej liczby tych turbin zagranicę, równoległe zaś na zdobycie pierwszego wszechstronnego doświadczenia badawczego, konstrukcyjnego, produkcyjnego i eksploatacyjnego, w nowej trudnej dziedzinie techniki [1, 2].

Po turbinie TP2 (1953), która była w owym czasie największym silnikiem cieplnym zbudowanym kiedykolwiek w Polsce na podstawie własnej dokumentacji, a następnie turbin TP2,5-6 i TP9, przysłała niebawem kolej na turbinę kondensacyjno-ciepłowniczą TC25 o mocy 25 MW (1956), jej pochodną TC30 (1961), wreszcie TK50 o mocy 50 MW (1960), budowane przez „Zamech” na podstawie dokumentacji radzieckiej (IMZ). Osiągnięte wyniki pozwoliły na podjęcie dalszego istotnego kroku w rozwoju produkcji turbinowej, którym stała się pierwsza polska turbina z przegrzewem wtórnym TK 120, o mocy 125 MW (1961), budowana na podstawie licencji brytyjskiej (AEI) dla wysokich parametrów pary 127 bar. i 535/535°C. Produkcja „Zamechu” zaczęła w rosnącym tempie ograniczać import kosztownego sprzętu energetycznego z zagranicy i stała się podstawą szybkiego rozwoju naszego systemu energetycznego. W 1967 r. kolejna jednostka z przegrzewem wtórnym o mocy 200 MW -TK200- zbudowana na podstawie dokumentacji radzieckiej (LMZ), zasiłała nasz system. W ten sposób elbląski „Zamech” wysunął się do nielicznego grona najpoważniejszych wytwórni turbin w Europie, przejmując praktycznie całą dostawę turbin dla szybko rozwijającej się energetyki krajowej, a także poważne zadania eksportowe. Równoległe do wielkich turbin kondensacyjnych dla energetyki zawodowej rozwinął „Zamech” również produkcję nowych serii szybkobieżnych, przekładniowych turbin przemysłowych mniejszej mocy oraz turbin ciepłowniczych o mocy 30 do 100 MW, opartych w dużej mierze o własny dorobek koncepcyjny i techniczny.

Moc globalna produkcji turbin osiągnęła poziom ok. 1100 MW rocznie, zaś wartość globalna dostaw zespołów prądowców szacunkowo ok. 1,5 miliarda zł. W r. 1973 przewiduje się dalszy wzrost produkcji rocznej do 1600 MW.

Ten imponujący rozwój produkcji turbinowej w kraju, którego gradient — 2 MW w 1953 r., 200 MW w 1967 r. — nie ma sobie równych w świecie, możliwy był dzięki harmonijnemu rozwojowi zaplecza produkcyjnego, z zakładowym biurem konstrukcyjnym i zakładowym laboratorium badawczym na czele. Rosła również i zacieśniała się współpraca „Zamechu” z placówkami naukowo-badawczymi Polskiej Akademii Nauk, Szkolnictwa Wyższego oraz Przemysłu.

Tematyką turbinową zajmowały się ośrodki uczelniane w Gdańsku, Gliwicach, Łodzi i Warszawie; częściowo także we Wrocławiu, Częstochowie, Krakowie i Poznaniu.

Placówki resortów przemysłowych reprezentowały w tej tematyce Instytut Techniki Ciepłej w Łodzi, a częściowo także Instytut Lotnictwa oraz Instytut Energetyki w Warszawie. Podkreślić należy rów-

niez, zwłaszcza w pierwszym dziesięcioleciu, niektóre prace Instytutu Górniczego, podczas gdy w ostatnich latach rozwijało się coraz bardziej wszechstronnie przyzakładowe laboratorium Zamechu.

Pion naukowy PAN reprezentuje od 1953 r. jako zakład, zaś od 1956 r. jako samodzielna placówka badawcza Instytut Maszyn Przepływowych (IMP PAN) w Gdańsku. Instytut ten jest jednostką posiadającą szczególnie wielki dorobek i zasługi w zakresie prac naukowo-badawczych [3].

W zakresie turbin gazowych szeroki wachlarz prac badawczych wykonano w Ośrodku Łódzkim (ITC, P.Ł.) oraz Gdańskim (P.G.)

Z ważniejszych badań o tematyce podstawowej, którymi zajmowały się ośrodki naukowe, można wymienić:

W DZIEDZINIE BADAŃ PRZEPLYWOWYCH

1. opracowanie wysokosprawnych profili łopatkowych (IMP PAN, P.G. i P.Ł.),
2. optymalizację konstrukcji stopni turbinowych (P.G. ITC i IMP PAN) [4],
3. zagadnienia teorii przepływu pary mokrej (IMP PAN),
4. uogólnione prawo przelotności przez turbiny (P.G.), [5],
5. dynamiczną teorię zjawiska pompowania w sprężarkach wirnikowym (P.G. i P.Śl.) [6],
6. badanie zjawiska erozji łopatek długich i metody zwalczania erozji (P.G. i IMP PAN), [7].

W DZIEDZINIE TERMODYNAMIKI I WYMIANY CIEPŁA

1. modyfikację procesu ekspansji pary w obszarze pary mokrej drogą podgrzewu wewnętrznego (P.G. i IMP PAN), [8],
2. analizę obiegu turbiny gazowej z uwzględnieniem oporów przepływu (P.G.), [9],
3. badanie własności nowych czynników roboczych (IMP PAN), [10],
4. nowe wysokosprawne obiegi termodynamiczne turbin parowych i gazowych (P.G. i IMP PAN), [11, 12, 13, 14],
5. koncepcję i teorię nowego typu wymiennika ciepła z „płynnymi żebrami” (IMP PAN), [15, 16].

Nadto w dziedzinie dynamiki i wytrzymałości turbin (P.G., P.Śl., IMP PAN, ITC); w dziedzinie regulacji i automatyki (P.G., IMP PAN, ITC) zaś w dziedzinie mechaniki tarcia i smarowania (IMP PAN, P.Ł.).

Do ważniejszych prototypowych prac o charakterze konstrukcyjnym, zrealizowanych w praktyce, należą m.in.:

1. elementy konstrukcyjne w ramach tzw. akcji remontowej (1947—1950, B.T., P.G., Zamech),
2. turbina parowa przeciwprężna TP2 o mocy 2,3 MW (B.T., P.G.) — eksport zagr.,
3. seria turbin przeciwprężnych 2,5—6 MW (IMP PAN, P.G.), — eksport zagr.,
4. turbina parowa okrętowa TP 9,5 (IMP PAN, P.G.) — eksport zagr.,
5. turbiny parowe ciepłownicze dużej mocy — Zamech, eksport zagr.
6. koło kierownicze do ostatnich stopni turbin parowych wielkiej mocy z łopatkami typu powłokowego (P.G., Zamech),

7. turbina gazowa doświadczalna 1 MW (I.T.C.),
8. turbina gazowa małej mocy do agregatu pożarniczego (P.Ł.).

Z wymienionych prac znaczenie światowe posiadają prace inicjujące nowe technologie energetyczne:

1. Koło kierownicze o łopatkach powłokowych, wewnątrz pustych, pozwalające na skuteczne osuszanie pary w trakcie ekspansji, a tym samym na przechodzenie na największe prędkości obwodowe i wymiary gabarytowe „ostatnich stopni”, tj. na realizację możliwie największych mocy na 1 wylot do skraplacza [17, 18].

Koła tego typu są dziś powszechnie stosowane w Europie, w turbinach o mocy przekraczającej 100 MW na 1 wylot do skraplacza, a w szczególności we wszystkich turbinach siłowni jądrowych z reaktorami na wodę lekką.

2. Obieg dwuczynnikiowy turbiny parowej z parą wodną jako czynnikiem wysokotemperaturowym a parą czynnika niskowrzącego (freonem, amoniakiem) jako czynnikiem niskotemperaturowym, który pozwala: a) na znaczne podwyższenie mocy granicznej turbin w układzie normalnoobrotowym, b) na potaniecie zespołów i siłowni turbinowych dużej mocy bez uszczerbku dla sprawności, c) na uproszczenie zespołów turbinowych siłowni jądrowych z reaktorami na wodę lekką [19, 20, 21].

Przeprowadzone w tym względzie studia i prace oraz towarzyszące im pionierskie badania w zakresie czynników niskowrzących — ich własności chemicznych, fizycznych i termodynamicznych, otwierają drogę do budowy turbin parowych szczególnie wielkiej mocy (2000 MW i więcej) oraz do efektywnego wykorzystania ciepła gazów wylotowych w turbinach gazowych przez kojarzenie ich z turbinami freonowymi.

3. Nowy wysokosprawny obieg turbiny parowej na parametry nadkrytyczne (lub turbiny gazowej), polegający na nakładaniu się dwóch obiegów — jednego w zasadzie konwencjonalnego na wysokie ciśnienie początkowe, przekraczające znacznie wartość ciśnienia krytycznego, i drugi na te same parametry początkowe, lecz przebiegający całkowicie w obszarze ciśnień nadkrytycznych i realizujący blisko 100%-ową sprawność obiegową dzięki odprowadzaniu ciepła w obrębie skojarzonych obiegów, do obiegu pierwszego [22, 23, 24].

Osiągalny wzrost sprawności w siłowniach na parę wodną wynosi 6 do 7% w układzie czysto kondensacyjnym oraz 12 do 13,5% w układzie z upustem ciepła (gospodarki skojarzonej).

4. Koncepcja i teoria wysokotemperaturowego rekuperatora różnociśnieniowego z „płynnymi żebrami” jako urządzenia pozwalającego na daleko idącą intensyfikację wymiany ciepła, np. w procesach energetycznych i chemicznych. Prąd konwekcyjny powstający w „płynnych żebrach” rekuperatora powoduje, że efektywna przewodność cieplna „płynnego żebra” osiąga niezwykle wysokie wartości.

Analiza teoretyczna nowego urządzenia uzupełniona została badaniami eksperymentalnymi w celu określenia efektywnej przewodności cieplnej „płynnych żeber” [15].

Wszystkie wymienione prace służą pokonaniu istotnych progów rozwojowych w technice turbinowej — pierwsze dwie pokonaniu mocy jednostkowej, trzecia pokonaniu progu sprawności turbin, czwarta intensyfikacji wymiany ciepła poza osiągalne dotychczas granice.

Oprócz prac badawczych i konstrukcyjnych placówki naukowe prze-

prowadziły wielką liczbę ekspertyz i badań ruchowych oraz prac związanych z usuwaniem trudności ruchowych (P.G., P.K., P.Ł., P.Śl., P.W., P.Wr., IMP PAN, ITC).

Ta wszechstronna działalność placówek naukowych na rzecz rozwoju techniki turbinowej była możliwa dzięki stałemu wzrostowi liczby placówek i ich wyposażenia w stoiska doświadczalne i aparaturę pomiarową, dzięki rosnącej liczbie pracowników naukowych w dziedzinie specjalności i dzięki systematycznemu kształceniu inżynierów coraz lepiej przygotowanych do pracy w projektowaniu, budowie i eksploatacji turbin parowych i gazowych, a także w badaniach naukowych. Liczba osób z wyższym wykształceniem specjalizujących się w budowie turbin parowych i gazowych kształtuje się na poziomie ok. 1000 inżynierów, co stanowi trwałą podstawę do wszechstronnego rozwoju techniki turbinowej i podejmowania, w oparciu o wielkie doświadczenie tego zespołu, coraz poważniejszych i coraz bardziej odpowiedzialnych zadań w przyszłości.

LITERATURA

1. „Przegląd Mechaniczny” 1954 nr 1.
2. „Biuletyn Instytutu Maszyn Przepływowych PAN” 1957 nr 14.
3. „Prace Instytutu Maszyn Przepływowych PAN” zes. 1: 1960 — zes. 58: 1972.
4. R. Szewalski: The Optimization Problem of Basic Steam Turbine Stage Design Parameters. „Prace Instytutu Maszyn Przepływowych PAN” zes. 14/16: 1963 s. 223—238.
5. R. Szewalski: *The Critical Pressure Ratio for a Series of Steam or Gas Discharging Orifices and its Effect on the Maximum Discharge of the System.* „Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences”, Série des sciences techniques, Vol. 7 N° 9: 1959 s. 541—546.
6. R. Szewalski: *Dynamiczna teoria zjawiska pompowania w sprężarkach wirnikowych.* „Archiwum Budowy Maszyn” 1954 zes. 4 s. 375—388.
7. R. Szewalski: *Uwagi o kinematyce przepływu fazy ciekłej i jej konfrontacja z doświadczeniem eksploatacyjnym w zakresie erozji łopatek.* „Prace Instytutu Maszyn Przepływowych” zes. 29/31: 1966 s. 123—140.
8. *Informator Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego. Mechanika.* Warszawa 1966.
9. R. Szewalski: *The Influence of Cycle-Pressure Losses on the Performance of Gas Turbines.* „Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences” Vol. 11: 1961 N° 12 s. 711—721.
10. *Działalność naukowa Zakładu Termodynamiki i Wymiany Ciepła IMP PAN w latach 1966—1969.* Warszawa 1970.
11. „Wiadomości Urzędu Patentowego” 1972, patent nr 65 757.
12. Zgłoszenie patentowe nr P-455 928 z 10 VI 1972.
13. Zgłoszenie patentowe nr P-157 741 z 14 IX 1972.
14. R. Szewalski: *Untersuchung von Gasturbinenprozessen mit nachgeschalteter Freondampfturbine.* „Wissenschaftliche Veröffentlichungen d. Techn. Universität Dresden, Fak. Maschinenwesen und Technologie” 1967 H. 2 s. 411—413.
15. „International Journal of Heat and Mass Transfer” 1969.
16. Patent polski P-125 596.
17. Patent polski 43 185.

18. R. Szewalski, B. Wierzchorek: *Nowa konstrukcja kierownic części niskoprężnej turbin parowych*. „Biuletyn Techniczny Zakł. Mech. im. K. Świerczewskiego w Elblągu”, nr 2, 1961, s. 1—9.
19. R. Szewalski: *The Binary Vapour Turbine Set of Great Output, It's Concept and Some Basic Engineering Problems*. „Prace Instytutu Maszyn Przepływowych PAN” zesz. 42/44, 1969, s. 119—138.
20. R. Szewalski: *Ein binärer Dampfkreisprozess und die Aussichten für seine Verwirklichung in Dampfturbinen grosser Leistung*. „Parni Turbiny Velkych Vykonu, ČSl. Vedecko-Technická Společnost” 1968, s. 44—56.
21. *Działalność naukowa Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w latach 1966—1969*. Poznań 1970.
22. R. Szewalski: *A New High — efficiency Steam Power Cycle with High-temperature Regeneration*. „Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences”, Série des sciences techniques, Vol. 19, 1971, N° 3, s. 13—21.
23. R. Szewalski: *On the possibilities of increasing the efficiency of steam power cycles*. Proceedings of the Fourth Conference on Fluid Machinery. Budapest 1972, s. 1379—1395.
24. *Podstawowe Problemy Współczesnej Techniki*, IPPT, Warszawa, 1972.

P. Шевальски

РАЗВИТИЕ И АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НАУКИ О ПАРОВЫХ И ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ В ПОЛЬСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Первым звеном в организации Польской турбостроительной промышленности было Турбинное бюро, созданное в мае 1947 г. при Кафедре паровых и газовых турбин Гданьского политехнического института. Свою деятельность бюро начало с широко проводимой кампании по ремонту турбинного оборудования польских электростанций, а затем сконструировало первую польскую паровую турбину (TP2), которая была изготовлена на заводе „Замех” в Эльблонге и запущена в эксплуатацию в 1953 г. в Андрыхове. После этой первой турбины началось производство дальнейших проектированных этим бюро, которое перешло в ведение Института проточных машин Польской академии наук, а затем на основании лицензионной документации и собственных разработок турбинного завода в Эльблонге. Внушительный градиент производства турбин характеризуют удельные мощности: 2 Мвт в 1953 г. и 200 Мвт в 1967 г. Научные учреждения Польской академии наук, Министерства высшего образования и Тяжелой промышленности поддерживали это производство всесторонней исследовательской деятельностью и большим количеством экспертиз и ходовых испытаний. Самые большие достижения имеет Гданьский центр во главе с Институтом проточных машин ПАН. Его заслугой являются оригинальные концепции и решения, направленные на преодоление барьеров в развитии в области предельных мощностей и достигаемой эффективности, а также в области интенсификации теплообмена.

R. Szewalski

THE DEVELOPMENT AND PRESENT STATE OF KNOWLEDGE ON STEAM AND GAS TURBINES IN PEOPLE'S POLAND

The Turbine Board, founded in May, 1947 at the Steam and Gas Turbine Department of the Gdańsk Technical University was the first cell of the Polish turbine industry. At the beginning it initiated an extensive programme of rebuilding

the turbine machinery in Polish power stations and then of constructing the first Polish steam turbine (TP 2), set up by "Zamech" in Elbląg which started working in 1953 in Andrychów. The first turbine (TP 2) was followed up by other types of turbine units; they were designed initially by the Gdańsk turbine centre of the Polish Academy of Sciences, the Institute of Fluid-Flow Machines, while afterwards of the basis on licence documentations and projects of its own prepared at the turbine works in Elbląg. The impressive progress in turbine production is characterized by the following power units — two MW in 1953 and 200 MW in 1967. The scientific centres of the Polish Academy on Sciences, institutions of higher education and the Industry supported this production with versatile research activity, and a great number of export appraisements. The Gdańsk centre with the Institute of Fluid-Flow Machines of the Polish Academy of Sciences and the Turbine Department of the Technical University has the most valuable research in this field to their credit. The Gdańsk centre has to its credit a number of original ideas and solutions designed to overcome different thresholds as far as limits of rating efficiency are concerned.