

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

PRACE
INSTYTUTU MASZYN
PRZEPLYWOWYCH

TRANSACTIONS
OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

78

WARSZAWA-POZNAŃ 1980

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 · WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ROMUALD PUZYREWSKI
KAZIMIERZ STELLER (PRZEWODNICZĄCY · CHAIRMAN) · ROBERT SZEWAŁSKI
JÓZEF ŚMIGIELSKI

KOMITET REDAKCYJNY—EXECUTIVE EDITORS

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

REDAKCJA—EDITORIAL OFFICE

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

Copyright

by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1980

Printed in Poland

ISBN 83-01-02543-3
ISSN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 330+90 egz. Ark. wyd. 8,75. Ark. druk. 7,125 Papier druk. sat. kl. V,
70 g. 70×100 cm. Oddano do składania 21 kwietnia 1980 r. Druk ukończono
w lipcu 1980 r. Zamówienie nr 231/9. T-10/317. Cena zł 30,—

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU

WACŁAW NADZIAKIEWICZ*

Elbląg

Powstanie i rozwój przemysłu turbinowego w Polsce — od turbiny przemysłowej do turbiny jądrowej

Z dużą satysfakcją i zadowoleniem przyjęły Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu (ZAMECH) zaproszenie do wzięcia udziału w Sesji Naukowej, zorganizowanej z okazji Jubileuszu 50-lecia pracy naukowej Profesora Roberta Szewalskiego. W imieniu Dyrekcji Zakładu i własnym składam podziękowanie organizatorom Sesji.

Państwo pozwolą, że przed wygłoszeniem referatu zacznę od kilku osobistych wspomnień.

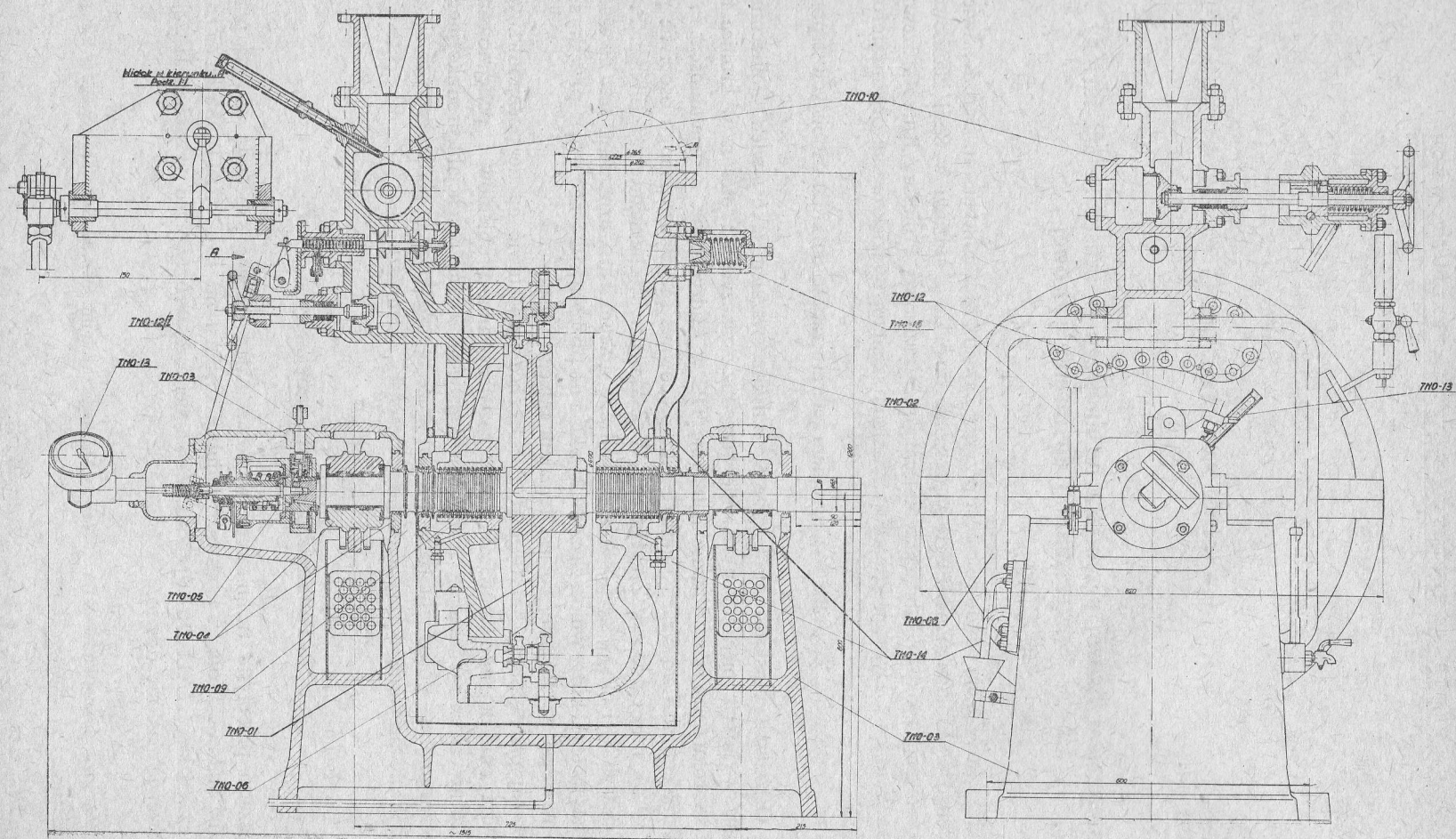
O Ośrodku Gdańskim i Profesorze Szewalskim słyszałem jako student Politechniki Śląskiej, w latach pięćdziesiątych. Pierwszy raz zobaczyłem Profesora w kronice filmowej w roku 1954, jak uruchamiał turbinę TP2 w Andrychowie. Z działalnością Profesora miałem możliwość zaznajomić się jako pracownik TK, a poznałem go osobiście po kilku latach mojej pracy w ZAMECHu. W Zakładach Mechanicznych w Elblągu Profesor cieszył się i cieszy się do dnia dzisiejszego szacunkiem i uznaniem. Jest uważany przez nas za tego, który wniósł zasadniczy wkład do powstania i rozwoju przemysłu turbinowego w Polsce, co jest tematem mojego wystąpienia.

Rozwój przemysłu turbinowego w Polsce chcę przedstawić na tle podejmowanych i rozwiązywanych problemów. Zdolność rozwiązywania problemów i podejmowanie coraz to nowszych i trudniejszych zadań, wskazuje na rozwój potencjału produkcyjnego, technicznego oraz potencjału naukowo-badawczego, czyli trzech podstawowych składników, które decydują o rozwoju i nowoczesności przemysłu.

1. Powstanie przemysłu turbinowego w Polsce

Początki przemysłu turbinowego w Polsce należy wiązać z decyzją podjętą przez Zakłady Stalowa Wola, w sprawie produkcji turbin typu LJUNGSTRÖM na licencji firmy szwedzkiej STAL. Do wyprodukowania pierwszej turbiny przed wybuchem II wojny światowej jednak nie doszło.

* Mgr inż., główny konstruktor Zakładów Mechanicznych im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu (ZAMECH).



Rys. 1. Przekrój osiowy turbiny przeciwpiętnej, pomocniczej, TN0

Po wojnie działalność przemysłową rozpoczęto od akcji remontowej, w której uczestniczył również ZAMECH. Z czasem działalność ta została rozszerzona o produkcję łożepatek dla różnych typów turbin. Podjęto też decyzje dotyczące powstania i rozwoju zaplecza konstrukcyjnego. W maju 1947 r. powołano Biuro Turbinowe przy Zjednoczeniu Przemysłu Maszynowego, działające w Politechnice Gdańskiej przy Katedrze Turbin Parowych i Gazowych. Biuro spełniało nie tylko funkcję pracowni konstrukcyjnej, lecz również szkoły konstruktorów turbin, która zasilala organizowane biuro konstrukcyjne w ZAMECHu.

Powołanie w 1956 r. Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk było wyrazem dalszego wzrostu potencjału i tworzenia bazy naukowo-badawczej nowoczesnego przemysłu turbinowego.

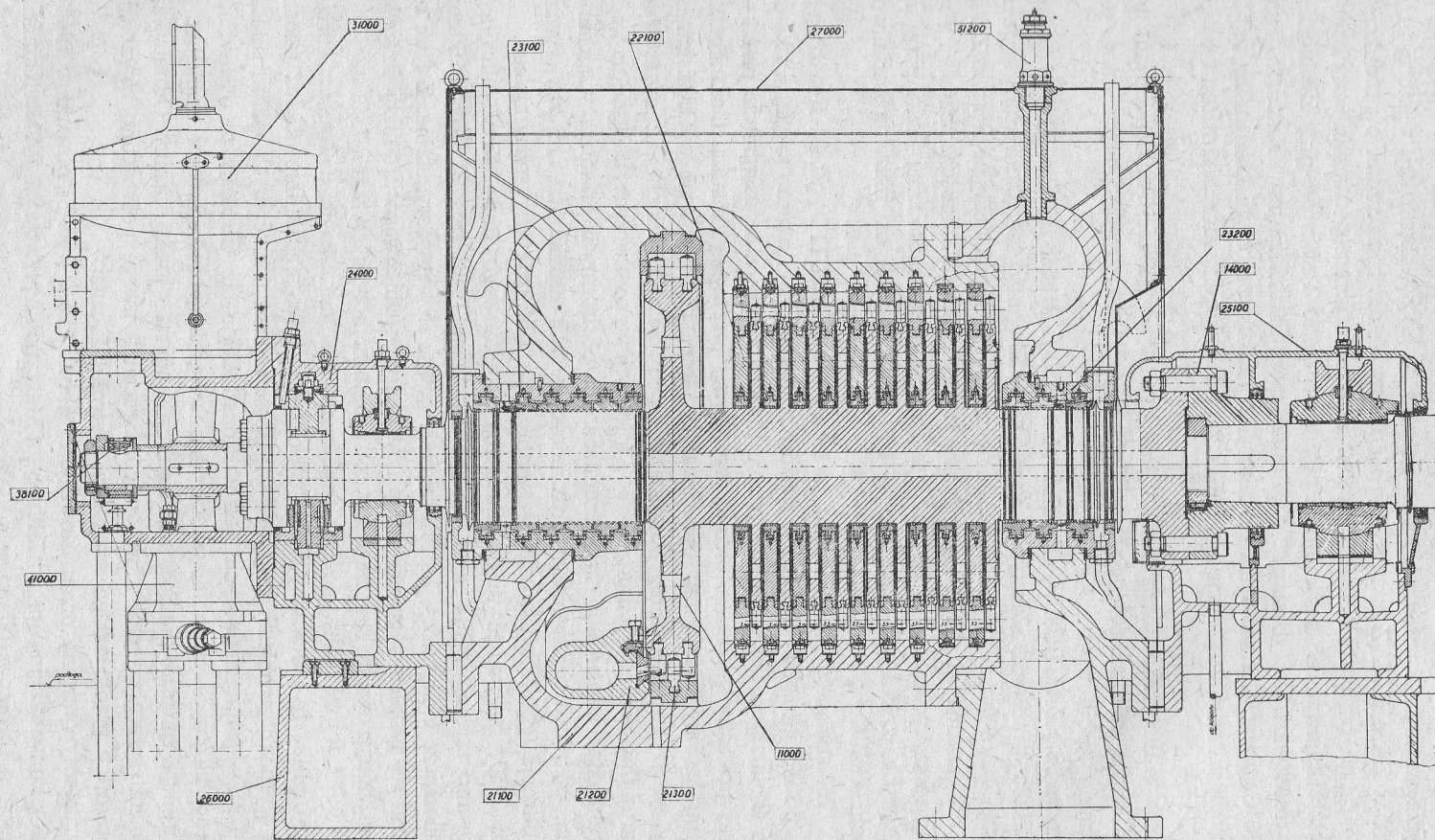
Pierwszą turbinę ZAMECH wyprodukował w 1950 r. Była to turbina TN0 skonstruowana w Zakładowym Biurze Konstrukcyjnym (rys. 1). Z tym wydarzeniem wiążą się pierwsze problemy, które musiały być rozwiązane przez Biuro Konstrukcyjne i przez Zakład. Dotyczyły one grzania łożysk i osiągnięcia wymaganej niezawodności ruchowej. Praktycznie, największy problem był związany z opanowaniem nadmiernej ilości pomysłów udoskonalających, z których wiele mogło być przekazanych do muzeum osobliwości technicznych.

W roku 1953 została wyprodukowana turbina przemysłowa TP2 (rys. 2). Jest to pierwsza turbina posiadająca wszystkie cechy turbiny przeznaczonej do pracy ciągłej w układzie gospodarki skojarzonej. Jej wyprodukowanie uznano za poważne osiągnięcie przemysłu i za pierwszy poważny sukces kilkuletniej współpracy przemysłu z nauką. Dokumentacja konstrukcyjna turbiny TP2 została opracowana w Biurze Turbinowym w Gdańsku. Należało przy tym rozwiązać szereg podstawowych problemów, takich jak: opracowanie różnych warunków technicznych, kryteriów i tolerancji wykonawczych, osiągnięcie współdziałania pomiędzy konstruktorem i producentem, obciążonych balastem wzajemnych sprzeczności, wątpliwości i brakiem doświadczenia. Nie będzie przesadą stwierdzenie, że od powodzenia tego przedsięwzięcia zależało powstanie przemysłu turbinowego.

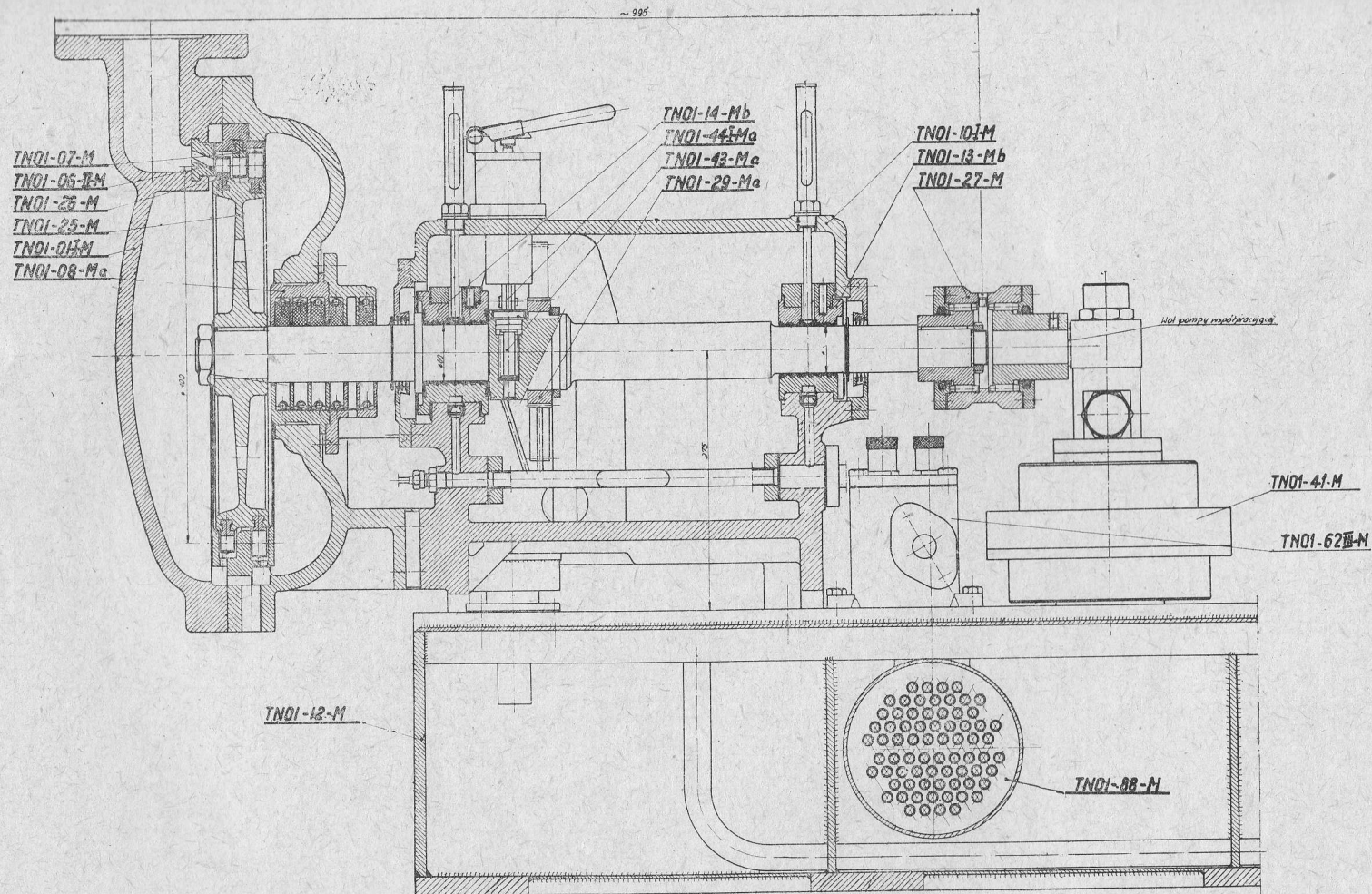
W roku 1957, na podstawie dokumentacji Zakładowego Biura Konstrukcyjnego, wyprodukowano turbinę TN02, a w roku 1958 turbinę TN01 (rys. 3). Były to kolejne turbiny pomocnicze małej mocy, które posiadały pewne elementy oryginalne. Z tymi turbinami wiązał się problem regulacji pomp i regulatora różnicowego produkcji krajowej, którego konstrukcja oparta była na znanych regulatorach typu „Askania”.

W roku 1959 wyprodukowano i zainstalowano na statku-bazie B62 cztery turbiny TK01 (rys. 4). Były to pierwsze turbiny wysokoobrotowe, przekładniowe. Już podczas konstrukcji wystąpiły problemy związane z zastosowaniem tradycyjnych metod obliczeniowych do rozwiązania niektórych węzłów konstrukcyjnych. Chodziło tu o stabilność łożysk niskoobciążonych. Poznano skutki drgań wysokiej częstotliwości działające na elementy turbiny i zjawisko indukowania się niewywagi na wirniku turbiny. Odnotowano także problem sprzęgła wysokoobrotowego. Specjalną uwagę poświęcono równoległej pracy generatorów prądu stałego i regulacji hydrokinetycznej.

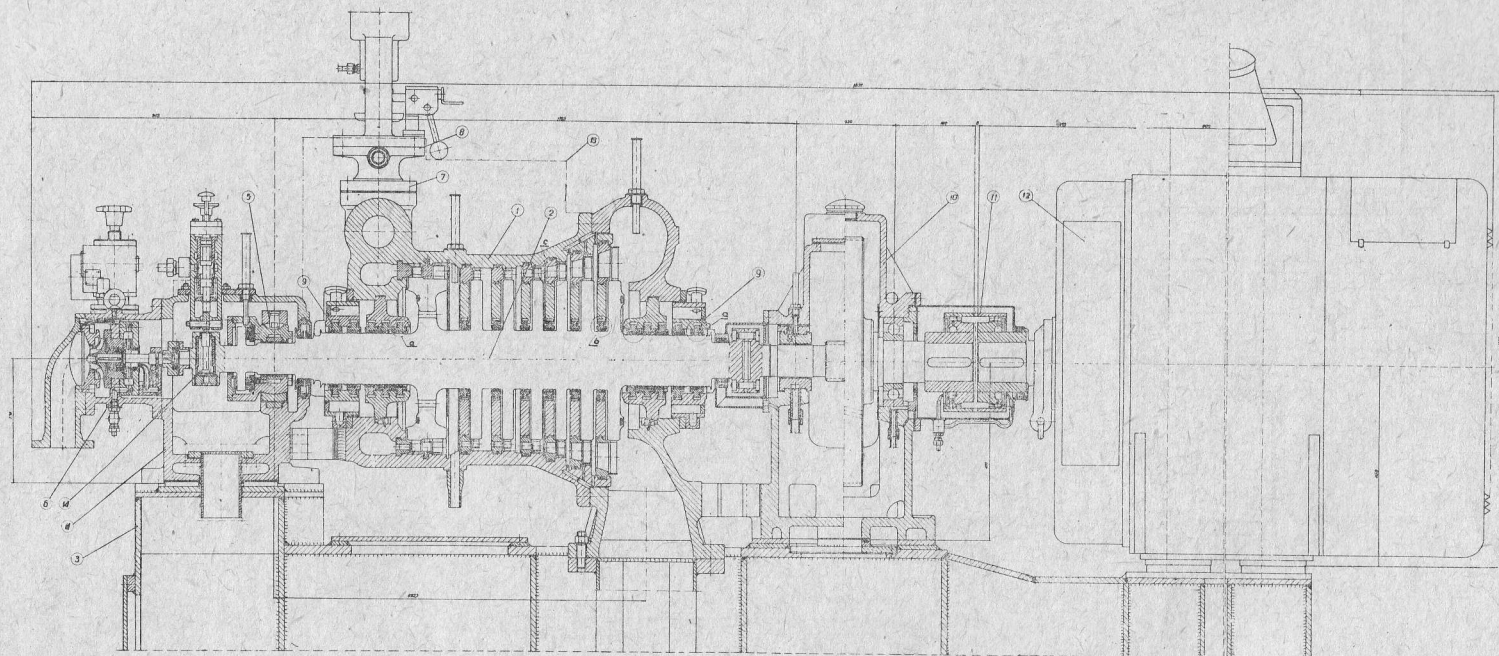
Kolejny prototyp turbiny przemysłowej o symbolu TP6/4 (rys. 5) powstał w 1960 r. Dokumentację konstrukcyjną opracował Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku. Była to pierwsza turbina z typoszeregu TP6.



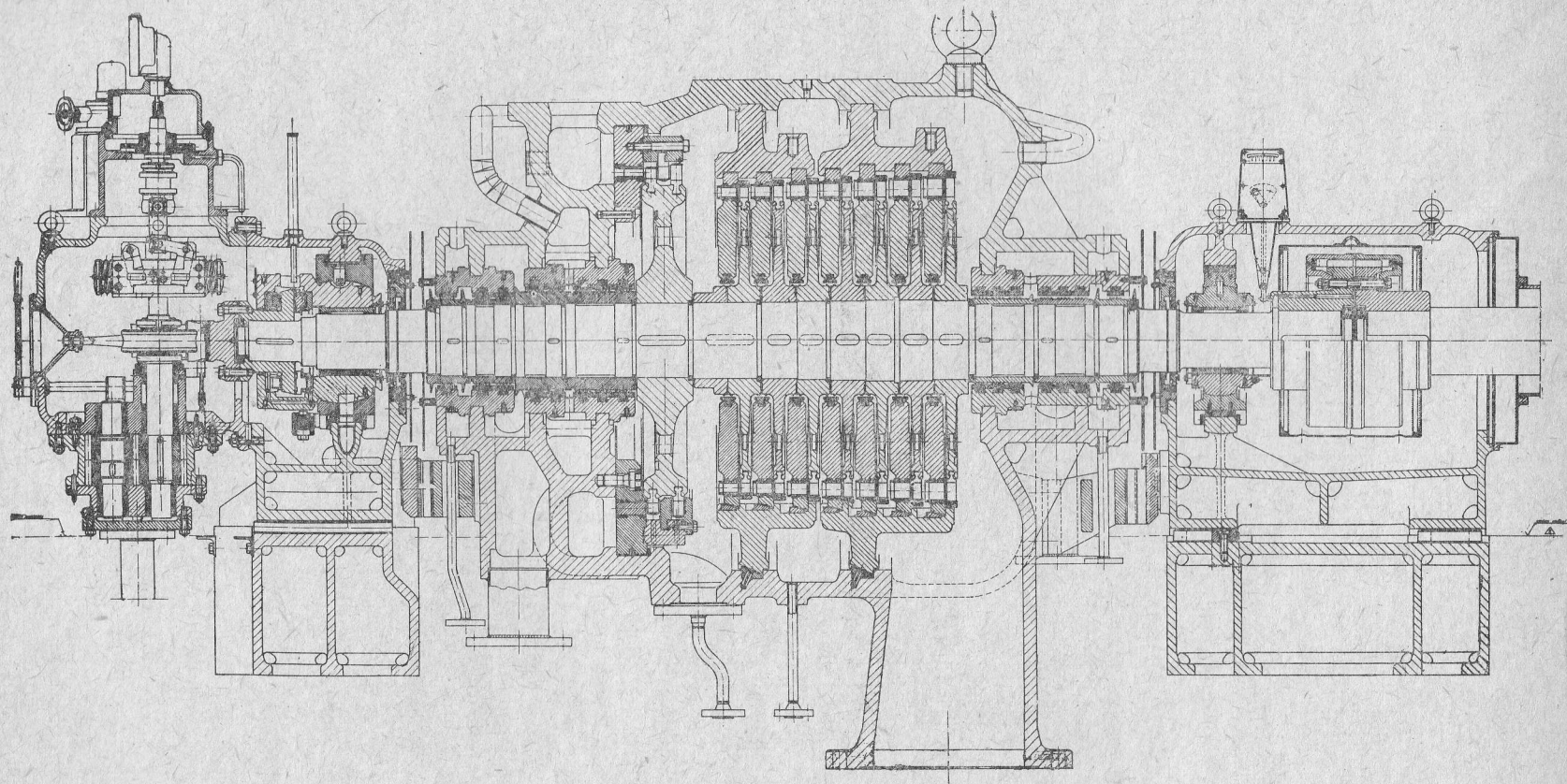
Rys. 2. Przekrój osiowy turbiny przeciwpięznej TP2



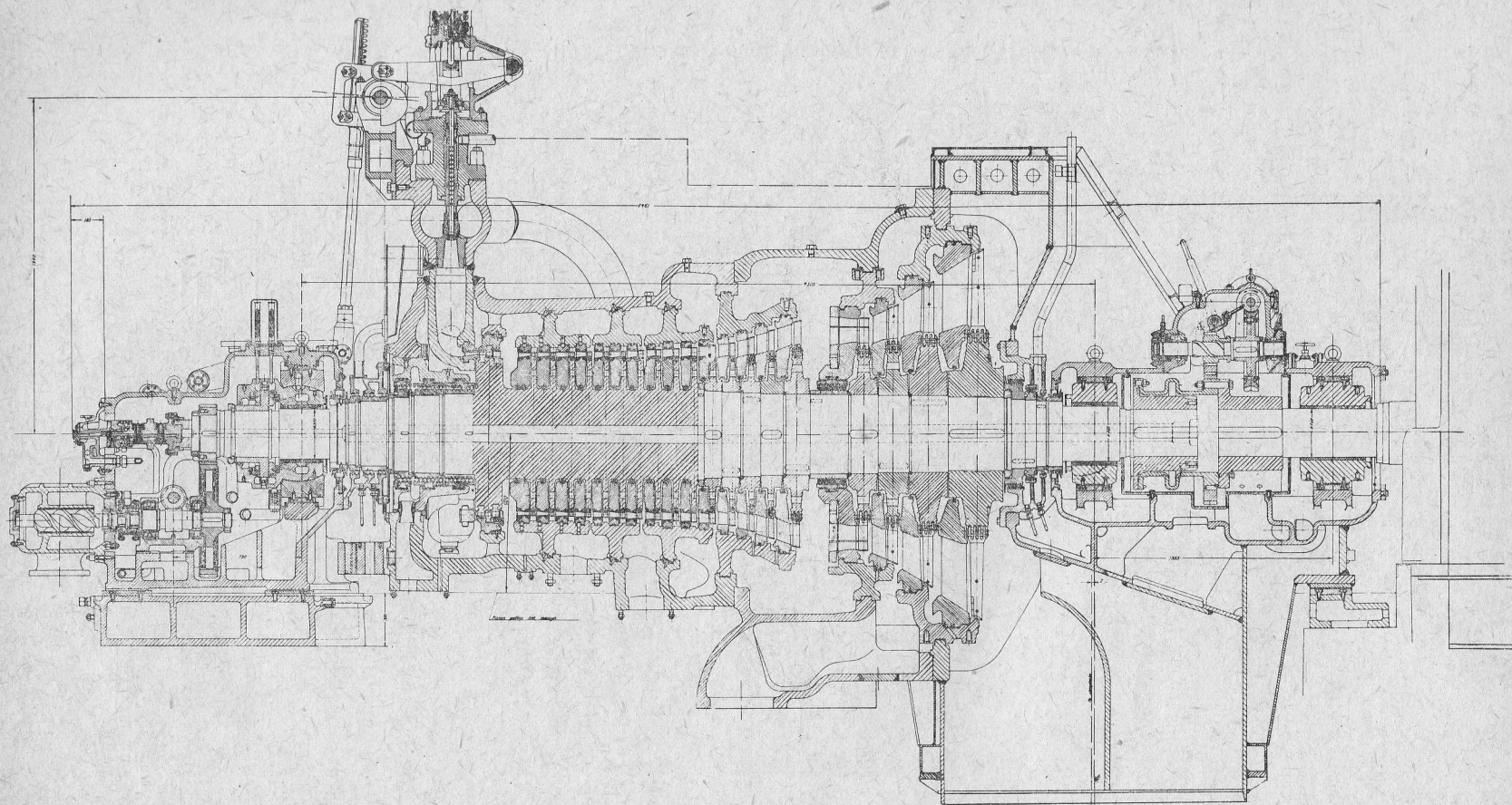
Rys. 3. Przekrój osiowy turbiny przeciwpężnej pomocniczej TN01



Rys. 4. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej TK01



Rys. 5. Przekrój osiowy turbiny przeciwpężnej TP6/4



Rys. 6. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej z regulowanym upustem ciepłowniczym TC25

Początkowy okres produkcji turbinowej, oparty na własnej myśli technicznej, zostaje zintensyfikowany zagraniczną pomocą techniczną. Pierwszą turbinę dużej mocy wyprodukowano na dokumentacji LMZ w roku 1956. Była to turbina TC25 (rys. 6), ciepłownicza, z jednostopniowym podgrzewem wody sieciowej i częścią kondensacyjną.

W 1959 r. wyprodukowano turbinę TK50, która była pierwszą turbiną energetyczną i, podobnie jak TC25, była oparta na dokumentacji LMZ. Opanowanie produkcji turbin dużej mocy wiązało się z rozwiązaniem wielu problemów technologicznych i opanowaniem wielu nowych procesów produkcyjnych.

W ten sposób ZAMECH został wpisany na listę europejskich firm turbinowych. Stał się nie tylko wizytówką polskiego przemysłu, ale i bazą dla rozwoju energetyki krajowej. Powiększyła się również nasza oferta eksportowa o turbozespoły i kompletne siłownie. Do końca 1960 r. wyprodukowano 152 turbiny o sumarycznej mocy około 420 MW.

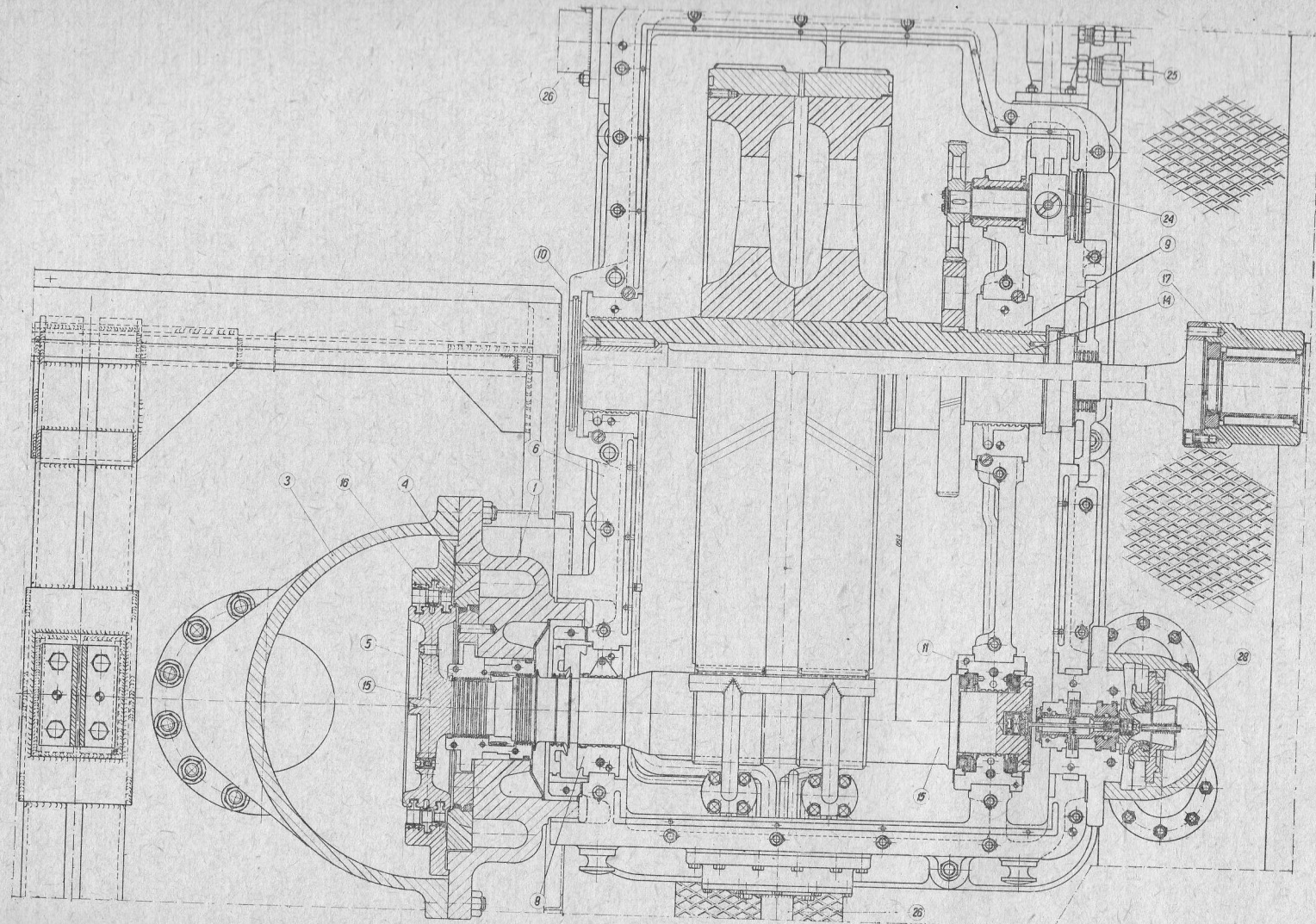
2. Rozwój przemysłu turbinowego

Powstanie przemysłu turbinowego znalazło swój wyraz w programie działalności Zakładowego Biura Konstrukcyjnego oraz w programie prac naukowo-badawczych.

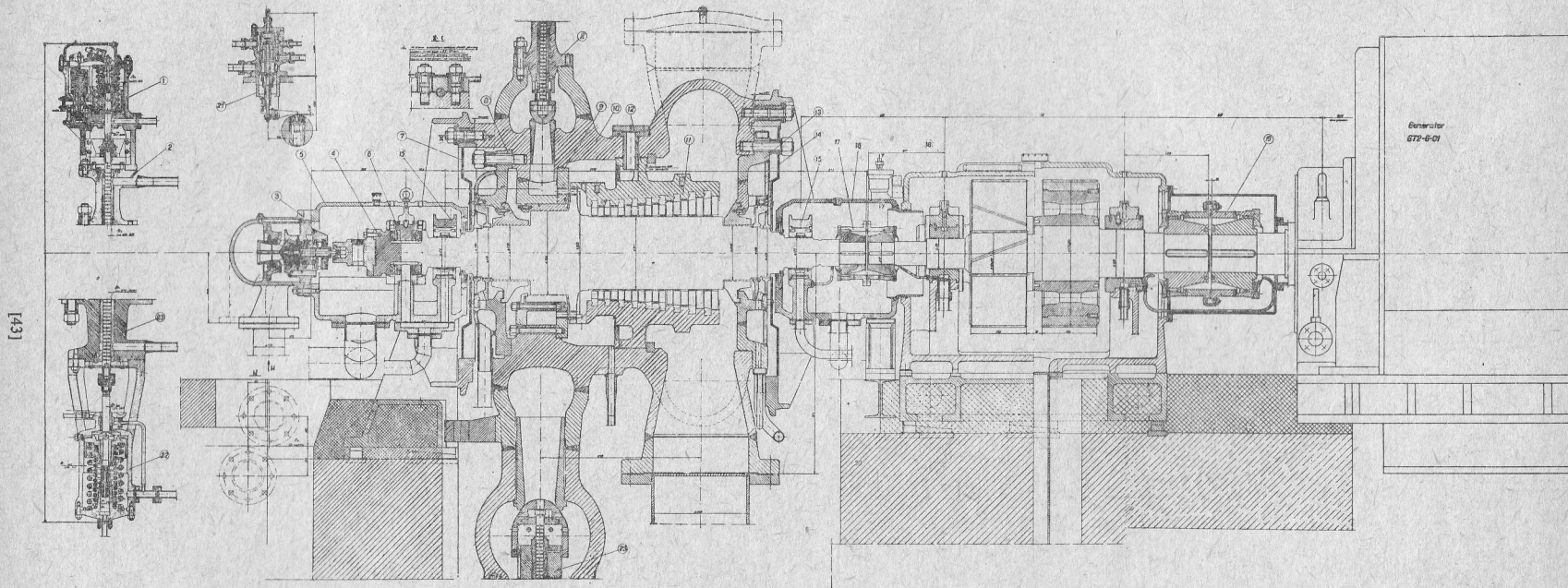
Prowadzone przez Biuro Konstrukcyjne szerokim frontem prace, przy jednoczesnym korzystaniu z zagranicznej pomocy technicznej, stwarzają podstawę do intensywnego rozwoju przemysłu turbinowego. Są to prace skierowane na własne rozwiązania konstrukcyjne, działalność modernizacyjną i prace adaptacyjne, związane z pomocą zagraniczną.

2.1. Realizując program perspektywiczny ZAMECHu w zakresie budowy turbin przemysłowych i energetycznych małej i średniej mocy, opracowano konstrukcje, wyprodukowano i wprowadzono do eksploatacji wiele turbin. Są to turbiny wysokoobrotowe, o reakcyjnym układzie łopatkowym w części nieregulowanej. Pierwszymi z tej grupy są turbiny typu P2 (rys. 7). Pierwszy egzemplarz został wyprodukowany w 1964 r. Z ciekawych problemów konstrukcyjnych można wymienić: połączenie turbiny z przekładnią, zapewniające współosiowość i dylatację cieplną; rozwiązanie montażu dławnicy parowej z pionowym podziałem kadłuba; rozwiązanie regulacji z hydrodynamicznym miernikiem obrotów. Były również sprawy związane z przekładnią, np. odpowietrzenie przestrzeni korpusu przekładni w celu zapobieżenia przeciekom oleju oraz sprawa sztywności czołowych ścian korpusu, która miała wpływ na amplitudę drgań łożysk wału niskoobrotowego. Wystąpił też problem dynamiki układów wirujących i stabilności łożysk, problem wirnika przewieszzonego i zjawisko precesji. Powstały pytania na temat wpływu jakości wykonanego uzębienia na stan dynamiczny turbiny oraz na temat drgań osiowych wirnika — zębniaka turbiny. Dla analizy zjawiska powstała konieczność zarejestrowania trajektorii ruchu czopa łożyska. Wystąpił także problem drgań samowzbudnych w obwodzie regulacji turbiny.

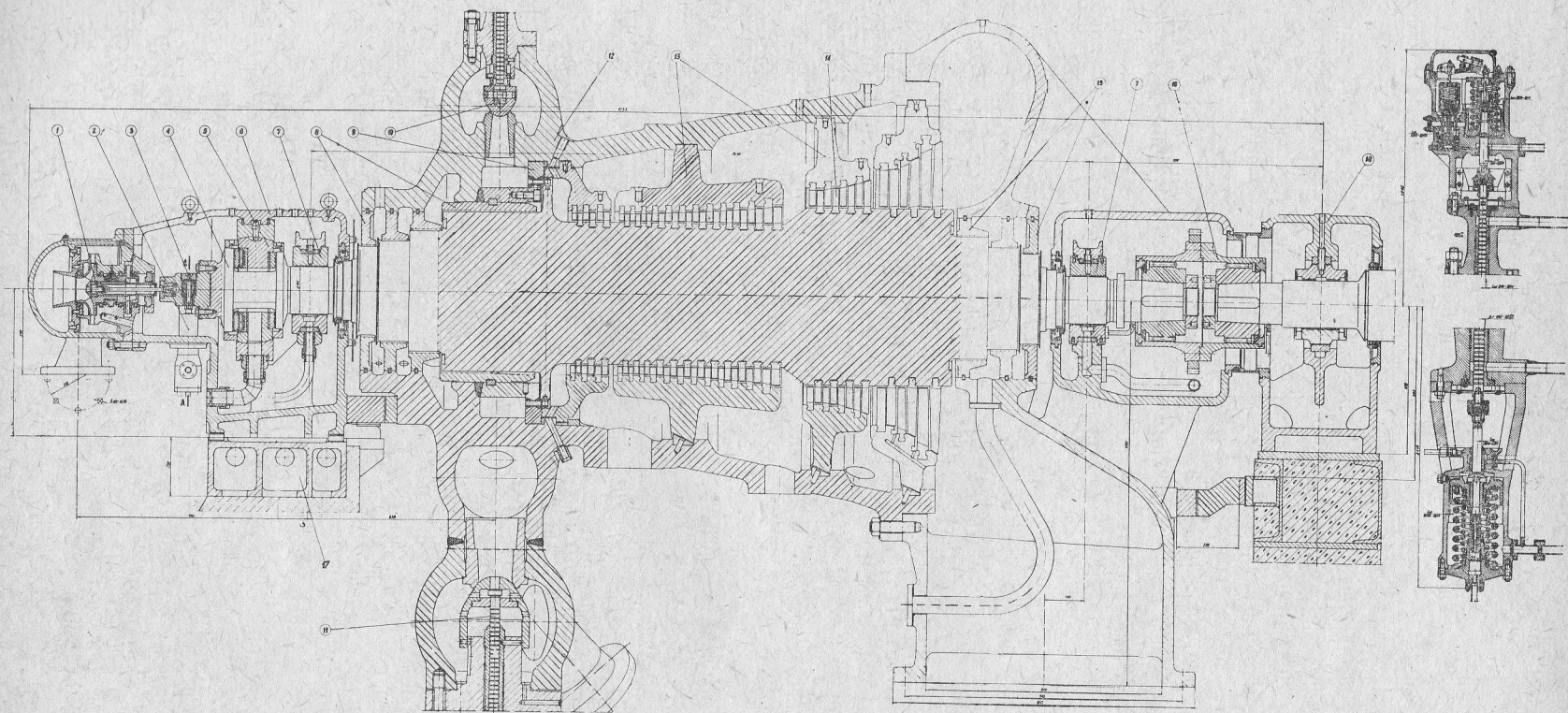
Wykonano trzy wersje turbin P2. Jedną z nich posiadała przekładnię dwustopniową do napędu dwóch generatorów, na prąd stały i prąd zmienny. Wszystkie z 28 wykonanych turbin są w eksploatacji, z tego 14 pracuje za granicą. W 1970 r. wyprodukowano 29 turbinę, która należy do drugiej generacji turbin tego typu.



Rys. 7. Przekrój osiowy, poziomy turbiny przeciwpięznej typowej P2



Rys. 8. Przekrój osiowy turbiny przeciwpężnej typowielkości P3



Rys. 9. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej typowielkości K8

Kolejna grupa problemów wiązała się z turbinami typu P3 (rys. 8) i P6, których prototypy wyprodukowano w latach 1966 i 1968. Interesowano się produkcją turbin o zwartej konstrukcji, dużej elastyczności cieplnej, o dobrych wskaźnikach techniczno-ekonomicznych i wysokim stopniu unifikacji.

Z ciekawszych problemów konstrukcyjnych należy wymienić rozwiązanie obejmujące łopatek odwracających, umieszczonej w kadłubie typu garnkowego i umożliwiającej wyprowadzenie upustu nieregulowanego. Wystąpił też problem dynamiki układu wirującego, stabilności i temperatury łożysk. Zainteresowano się łożyskami wieloklinowymi. Zaobserwowano rezonans elementów dźwigniowych przy układach wagowych nowego typu regulacji. Wystąpił problem współosiowości turbiny z przekładnią, w różnych stanach cieplnych. Spotkaliśmy się z wystąpieniem naprężeń wewnętrznych w korpusach łożysk turbiny, wykonanych z żeliwa chromowego. Nowe zagadnienia wystąpiły przy konstruowaniu przekładni na wysokie prędkości obrotowe.

Przegląd problemów związanych z konstrukcją i produkcją turbin wysokoobrotowych uzupełniają problemy związane z turbinami energetycznymi małej mocy – typowości K5 i K8 (rys. 9) oraz UK8. Pierwsze turbiny typu K5 i K8 wyprodukowano w roku 1965, a pierwszą turbinę typu UK8 w roku 1968. Z problemów konstrukcyjnych można wymienić: konstrukcję łopatek ostatniego stopnia o kącie zwinienia odpowiadającym łopatkce ostatniego stopnia turbiny TK50 i hartowanie krawędzi wlotowej. Podjęto też zadanie dostosowania turbiny typu K8 do pracy ze sprężarką powietrza przy zmiennych obrotach.

Następną pozycją programu były turbiny przemysłowe dużej mocy, które odegrały istotną rolę w podjęciu produkcji turbin ciepłowniczych.

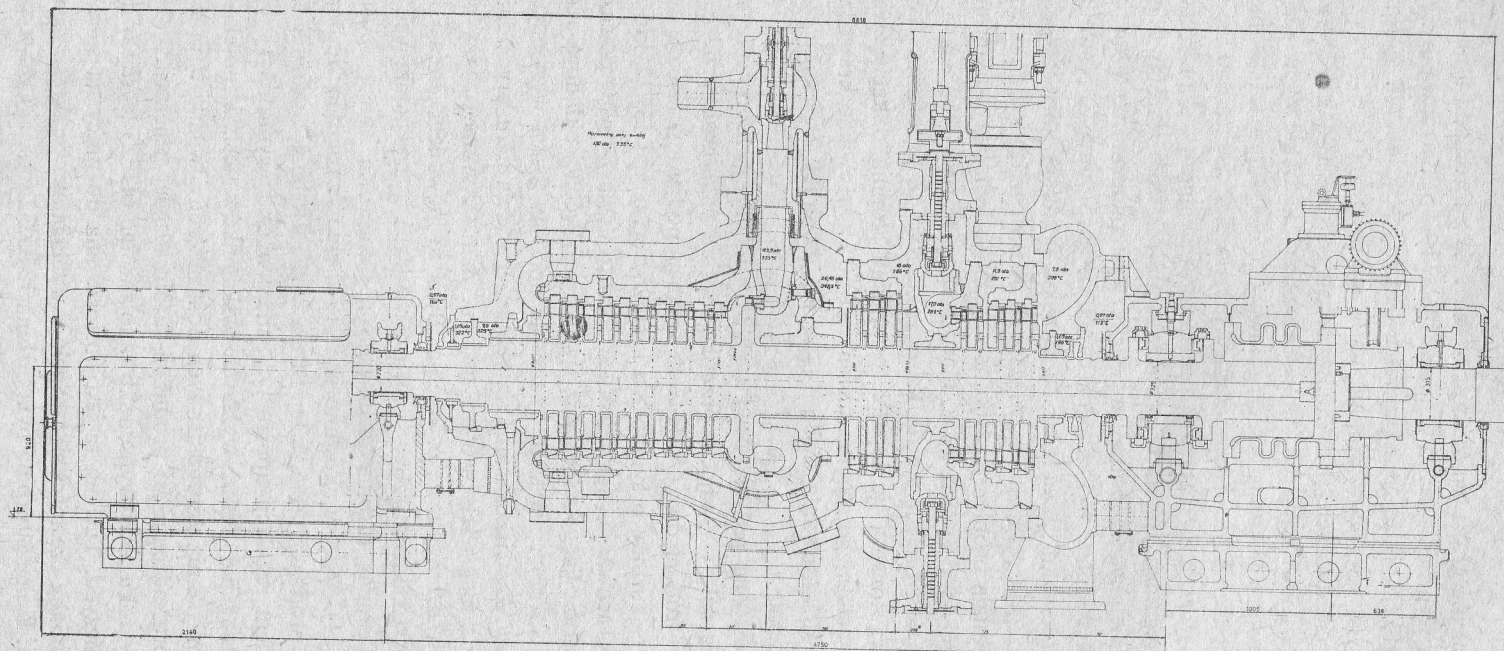
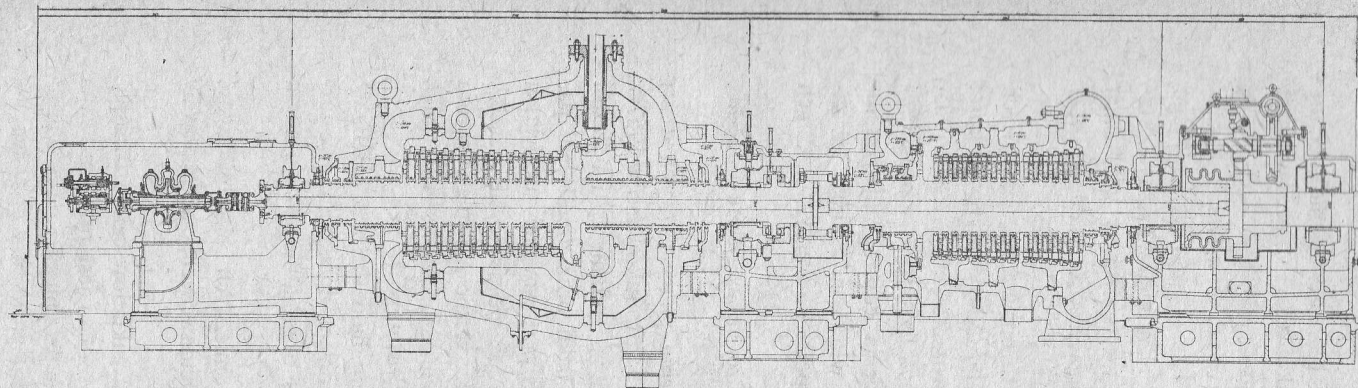
W trudnej dla ZAMECHu sytuacji podjęto produkcję turbin przemysłowych dużej mocy – turbiny o symbolach 13UP28,5 (rys. 10) i 13P32, które wyprodukowano w 1967 r.

Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej było poważnym zadaniem dla Biura Konstrukcyjnego. Specjalną uwagę poświęcono układowi regulacji oraz przestrzeni parowej turbiny. Należało opanować donośny gwizd występujący przy pewnych przełykach turbiny. Zjawisko usunięto, wymieniając dwa dyfuzory, ponieważ nie udało się ustalić, który z nich jest powodem gwizdu. Zainstalowane turbiny praktycznie nie miały okresu wprowadzenia, tzw. oswojenia. Było to powodem umiarkowanego zadowolenia, gdyż nie zgromadzono zbyt wielu doświadczeń z uruchamianych prototypów.

Następną turbiną przemysłową, stanowiącą kolejny postęp, była turbina 13UP55-7 (rys. 11). Wyprodukowano ją w 1970 roku, zastępując importowane dwukadłubowe turbiny produkcji „Pierwszej Brzeńskiej”. Turbina wyróżnia się oryginalnie rozwiązaniem układem regulacji upustu i układem obejściowym.

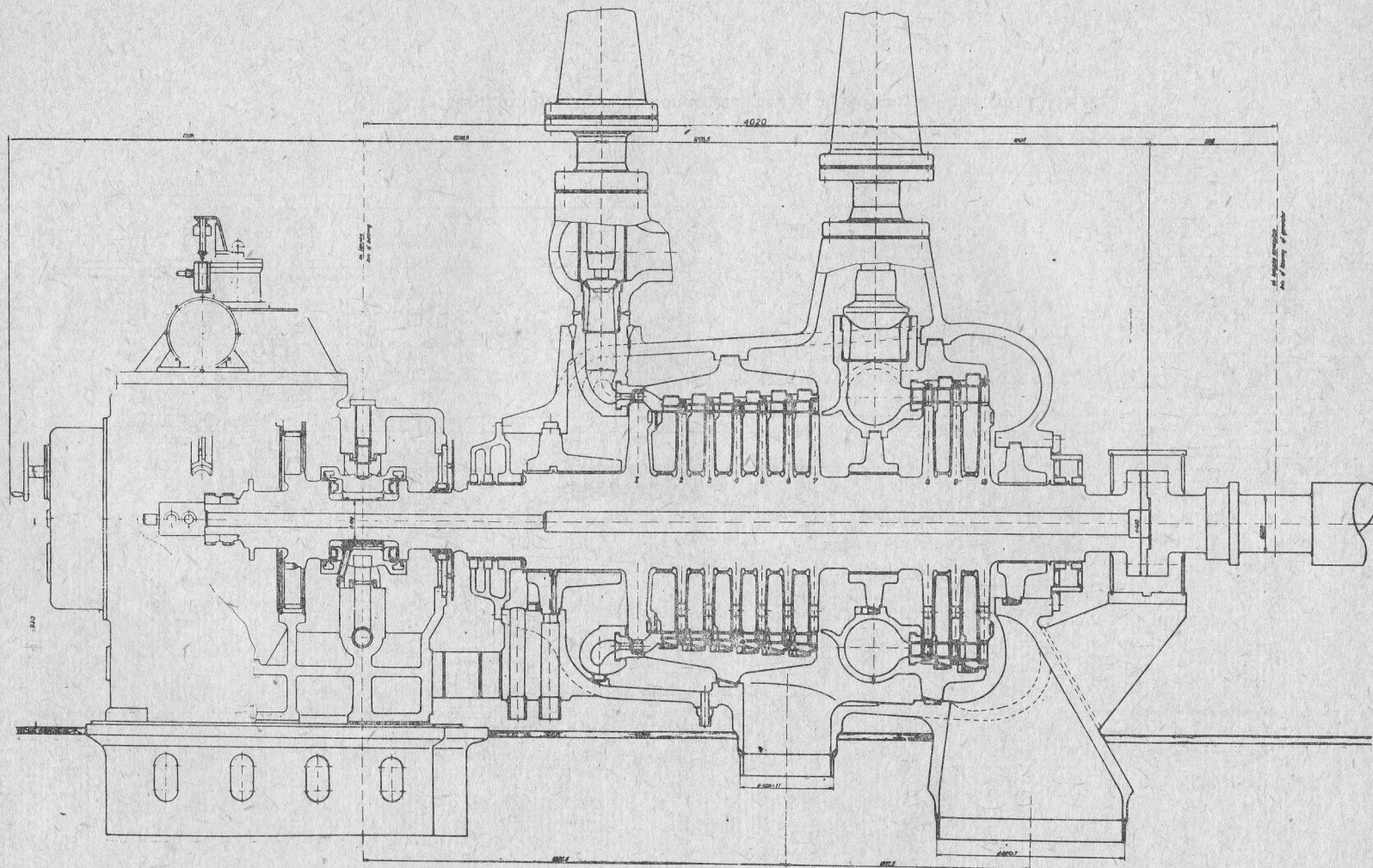
Osiąganie coraz wyższych wskaźników techniczno-ekonomicznych oraz celowość wykorzystania zgromadzonych doświadczeń i wyników prac badawczych, zdecydowały o wprowadzeniu do produkcji turbin drugiej generacji.

W roku 1977 wyprodukowano turbinę 6UP25 (rys. 12) dla zakładów celulozowo-papierniczych. Turbina ta jest dostosowana do pracy na sieć własną i jest przystosowana do zmiany częstości sieci. Spełnia wymagania w zakresie ciśnienia upustu i przeciwpężności. Kolejną turbiną była turbina 13UK32 (rys. 13), na wysokie parametry pary świeżej, z regulowanym upustem i częścią kondensacyjną.

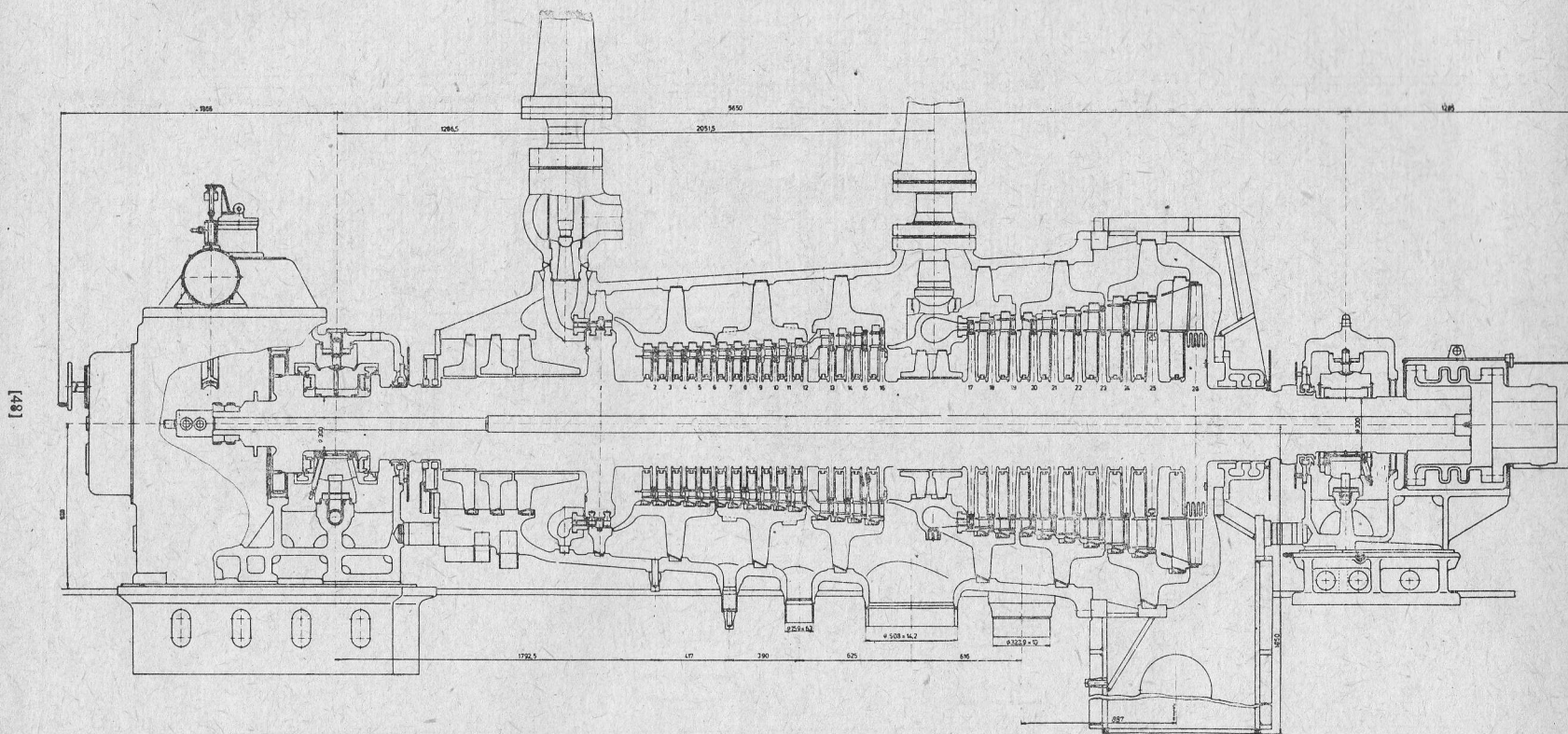


Rys. 10. Przekrój osiowy turbiny przeciwpięprężnej z regulowanym upustem 13UP28, 5

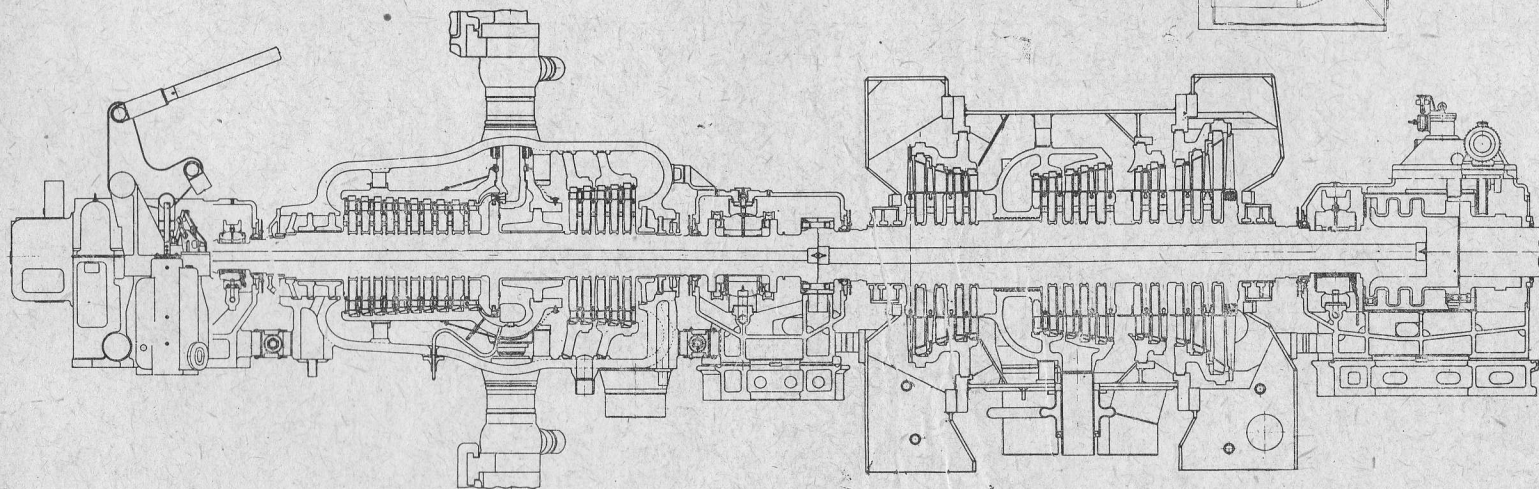
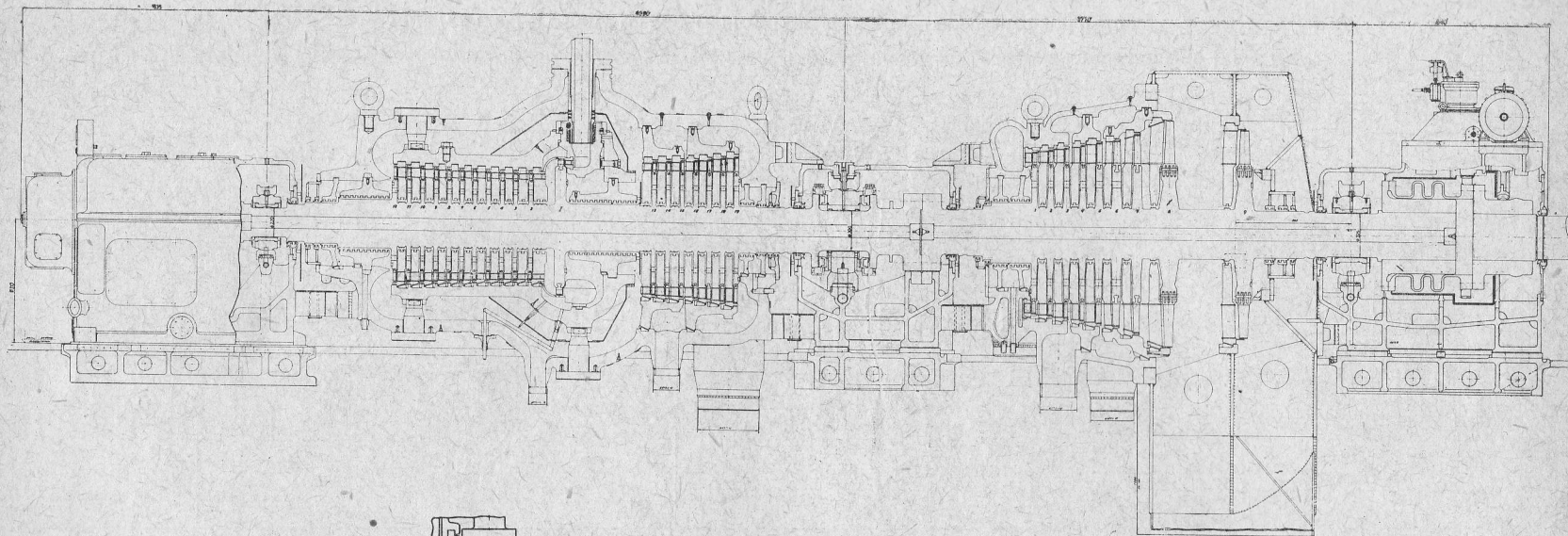
Rys. 11. Przekrój osiowy turbiny przeciwpięprężnej z regulowanym upustem 13UP55-7



Rys. 12. Przekrój osiowy turbiny przeciwprężnej z regulowanym upustem 6UP25

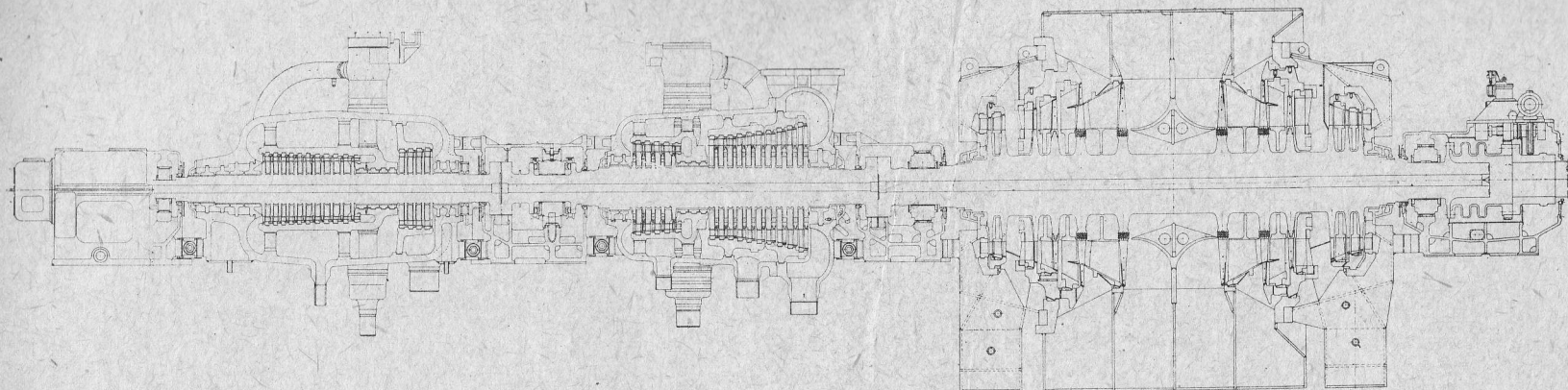


Rys. 13. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej z regulowanym upustem 13UK32

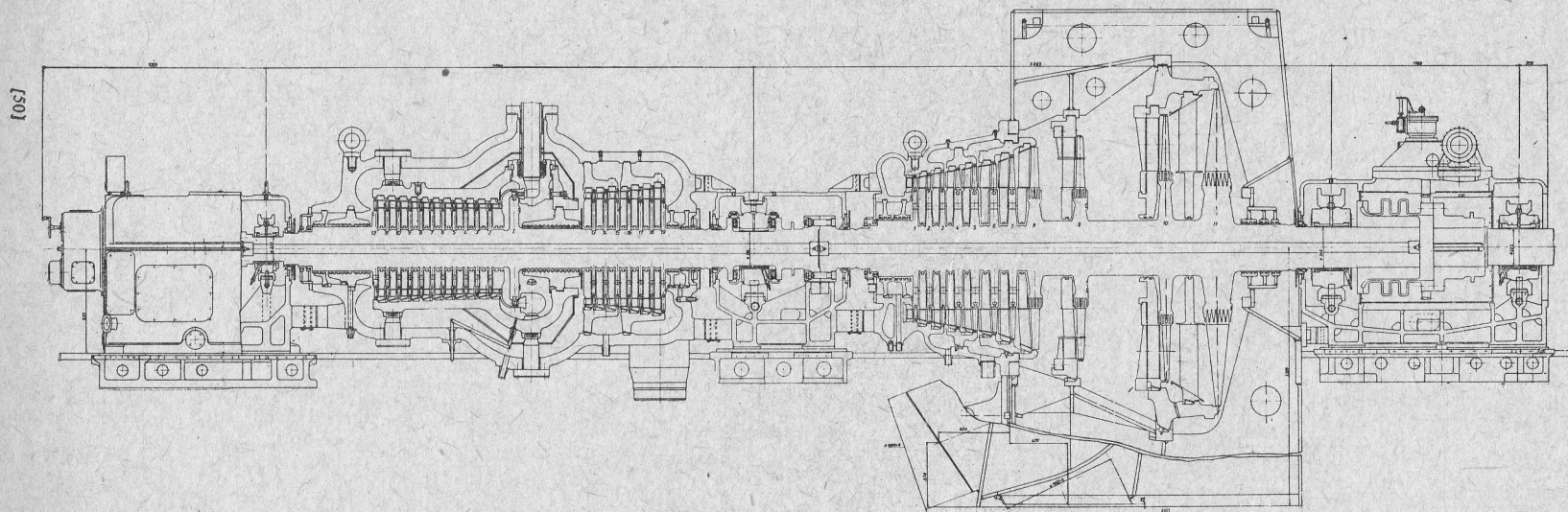


Rys. 14. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej z upustem technologicznym 13UP50-0

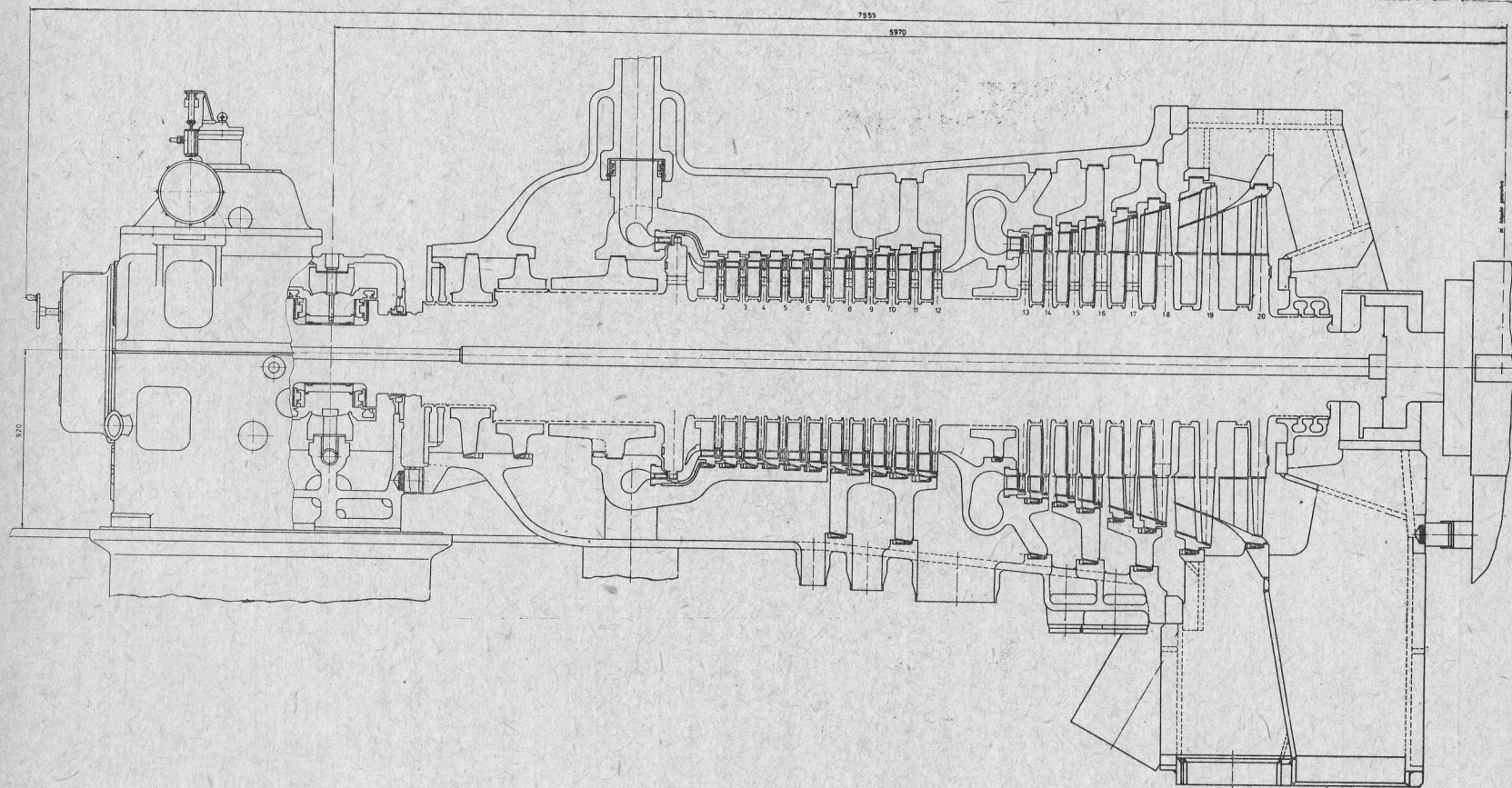
Rys. 15. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej 13P110



Rys. 16. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej z przegrzewem międzystopniowym, z częścią kondensacyjną 18UK135



Rys. 17. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej z częścią kondensacyjną 9UK75



Rys. 18. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej 13UC100

Asortyment turbin przemysłowych drugiej generacji stale wzrasta. Realizowane są również dostawy wymagające spełnienia specjalnych wymagań, z uwagi na pracę w skomplikowanych układach skojarzonej gospodarki cieplnej.

Zarysowująca się w latach sześćdziesiątych koniunktura na rozwój ciepłownictwa w naszym kraju została przez ZAMECH dostrzeżona i w roku 1969 wyprodukowano pierwszą turbinę ciepłowniczą z regulowanym upustem technologicznym, o symbolu 13UP50-0 (rys. 14). Z nowych zagadnień, jakie tu rozwiązywano, można wymienić układ cieplny w obszarze wymienników sieciowych i część NP turbiny oraz konstrukcję wymienników wody sieciowej. Prowadzone prace unifikacyjne z EP zakończono realizacją modułowego bloku ciepłowniczego BC50.

W roku 1973 wyprodukowano turbinę o symbolu 13P110 (rys. 15) jako następną wielkość instalowaną w bloku modułowym BC100. Konstrukcja tej turbiny jest postępową nie tylko ze względu na moc jednostki, lecz również z uwagi na rozwiązanie układu łopatkowego części NP, nowe propozycje w układzie cieplnym, konstrukcję wymienników wody sieciowej, układ łożyskowania wirnika i inne.

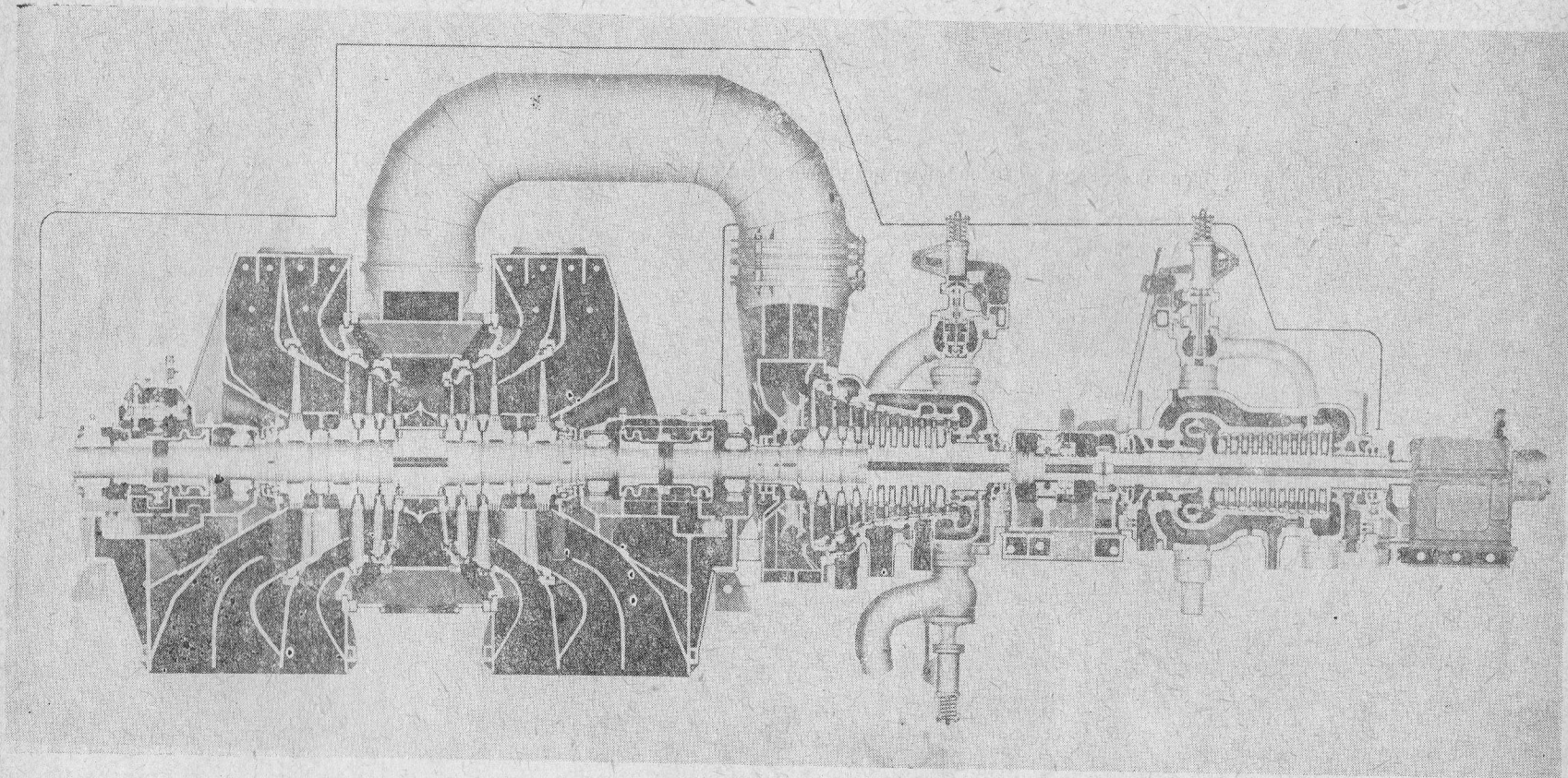
Szybki rozwój ciepłownictwa w Polsce, opartego na turbinach produkcji ZAMECH, przyczynił się do powstania perspektywy eksportu. W wyniku wygrania przetargów w 1973 r. dostarczono do Finlandii pierwszą turbinę ciepłowniczą o symbolu 11UK35, a w roku 1977 już piątą. Są to turbiny ciepłownicze dostosowane do indywidualnych wymagań klienta zagranicznego.

Na szczególną uwagę zasługuje turbina 18UK135 (rys. 16) wyprodukowana w 1974 r. Jej konstrukcja wymagała rozwiązania wielu problemów. Problemy te wiązały się z parametrami pary świeżej, z układem regulacji turbiny dostosowanej do automatyki sekwencyjnej i automatycznej kontroli zdarzeń i parametrów oraz utrzymania przez turbinę wymaganej charakterystyki ruchowej. Problem konstrukcyjny stanowił węzeł obejmujący regulację upustów. Poważnym zagadnieniem było osiągnięcie wysokich wskaźników termodynamicznych. Skomplikowany układ cieplny stwarzał oddzielne kłopoty, często rozwiązywane w okresie wstępnej eksploatacji. Z trudniejszych problemów zanotowano wystąpienie mocy progowej, bardzo interesującego zjawiska, znanego wielu czołowym firmom turbinowym z własnych doświadczeń.

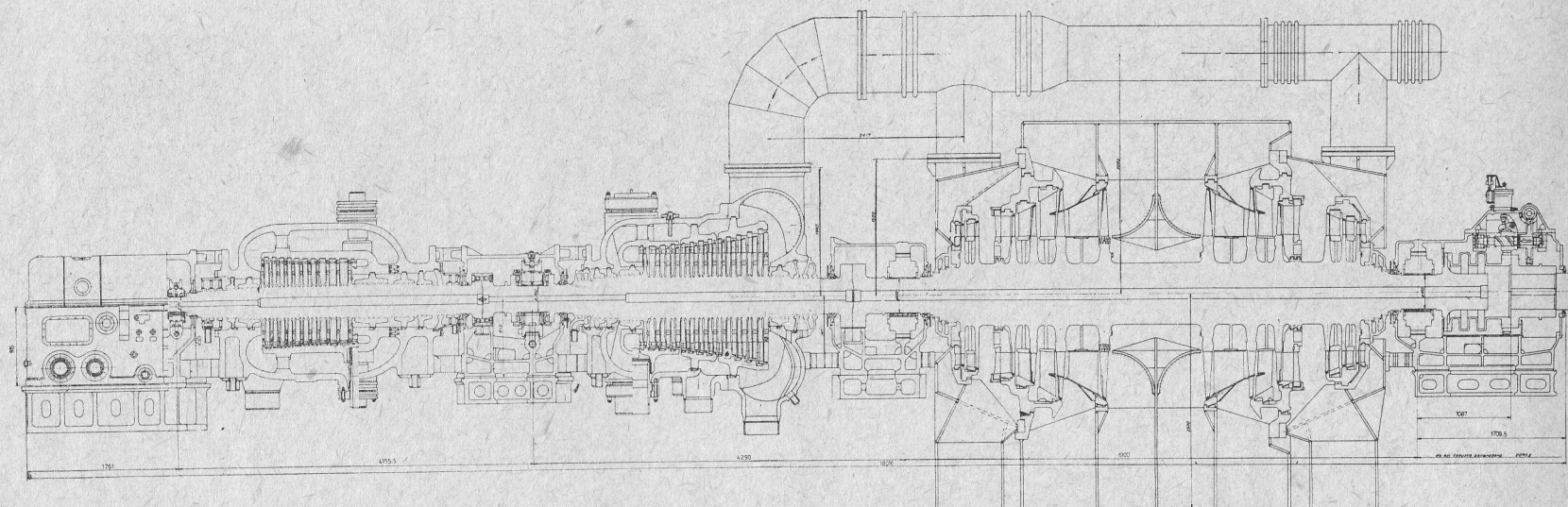
Z innego punktu widzenia zasługuje na uwagę turbina o symbolu 9UK75 (rys. 17). Turbina ta pracuje w układzie parowo-gazowym, z dwiema turbinami gazowymi, w duobloku z dopalaniem. W tym przypadku należało zaprojektować łopatki ostatniego stopnia części NP na przelęg większy od przelęgu na wylocie części NP turbiny K215. Specjalne wymagania zmusiły do opracowania oryginalnych rozwiązań konstrukcyjnych i wprowadzenia wielu nowości, wzbogacając dorobek techniczny ZAMECHu.

Nagromadzone doświadczenia oraz potrzeba stałego postępu zadecydowały o podjęciu prac konstrukcyjnych nad drugą generacją turbin ciepłownicznych.

Turbiną drugiej generacji dla bloku modułowego BC100 jest turbina o symbolu 13UC100 (rys. 18). Pierwszy egzemplarz tej typo-wielkości znajdował się w planie produkcyjnym 1979 r. Turbiny drugiej generacji charakteryzują się nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, wysoką dyspozycyjnością, przystosowaniem do automatyzacji i wysokimi wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi. W założeniach mieszczą się również turbiny spełniające indywidualne wymagania klientów.



Rys. 19. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej 13K215

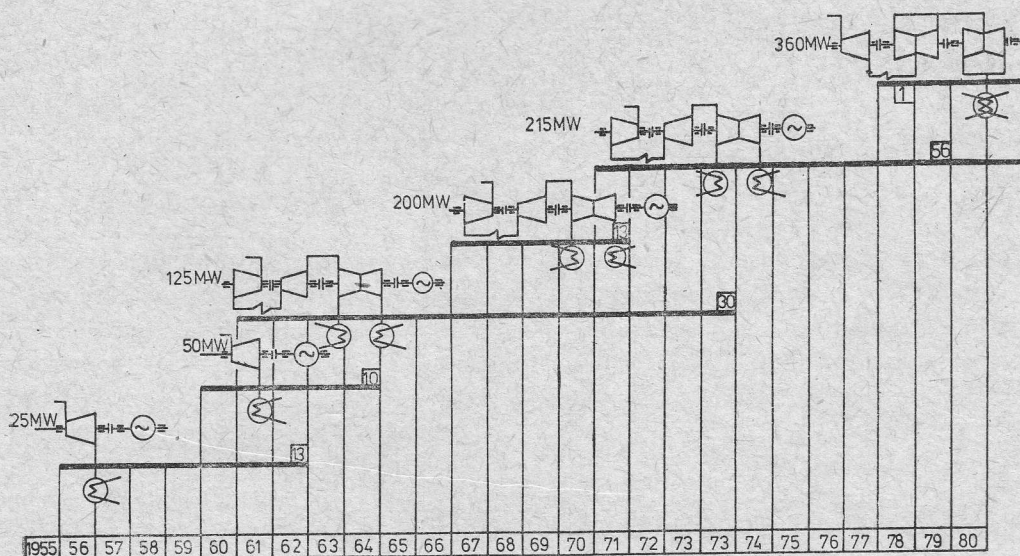


Rys. 20. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej, z przegrzewem międzystopniowym, z częścią kondensacyjną 13UK125

2.2. Wyróżnienie prac modernizacyjnych w działalności Biura Konstrukcyjnego jest sprawą umowną, ponieważ obejmuje tylko dokumentację obcą.

Założeniem prac modernizacyjnych jest dostosowanie charakterystyk ruchowych turbozespołu do wymagań klienta oraz poprawa stwierdzonych nieprawidłowości lub niedoskonałości występujących w elementach, zespołach lub układach w czasie eksploatacji.

Rezultatem pierwszych prac modernizacyjnych była turbina TP20, wyprodukowana w 1960 r., oraz turbina TC30 wyprodukowana w roku następnym. Dokumentacja konstrukcyjna tych turbin została opracowana na podstawie dokumentacji turbiny TC25 firmy LMZ.

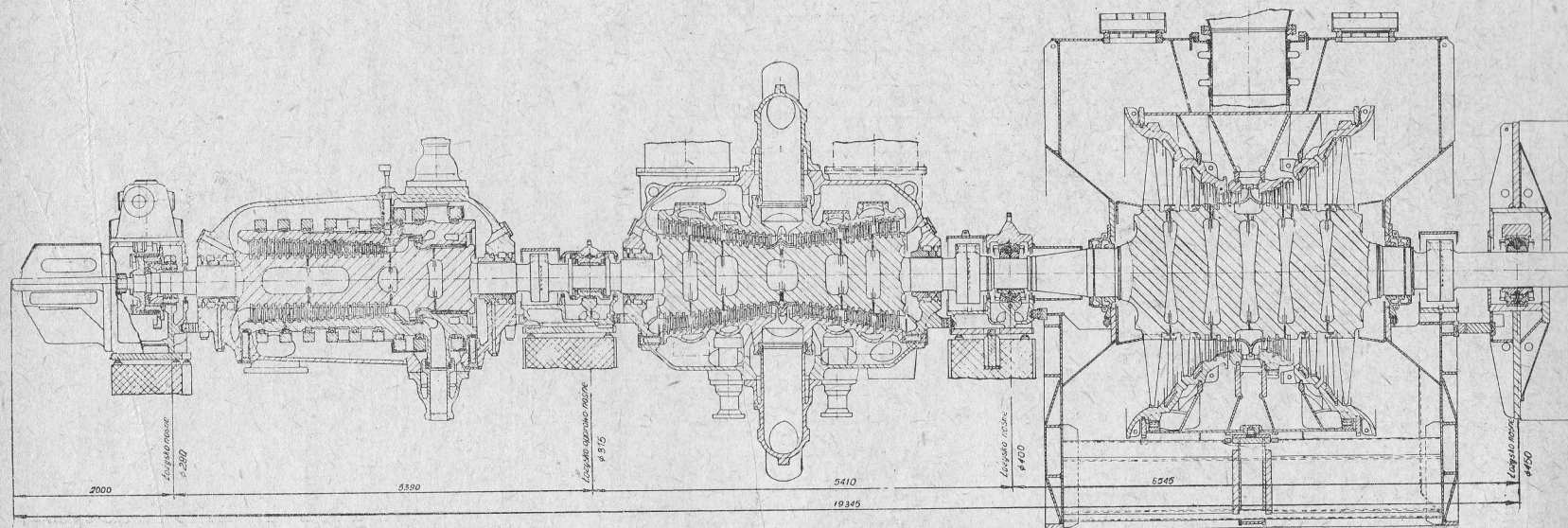


Rys. 21. Największe turbiny kondensacyjne wyprodukowane w latach 1950 ÷ 1978

Na wyróżnienie zasługuje modernizacja turbiny TK200, z uwagi na zakres prac i fakt, że jest to podstawowa jednostka dla energetyki zawodowej. Modernizacja tej turbiny wymagała rozwiązania wielu problemów. Chodziło o zwiększenie elastyczności cieplnej, dostosowanie do pracy dwuzmianowej, o zwiększenie dopuszczalnej ilości rozruchów ze stanu gorącego w okresie żywotności turbiny. Konsekwencją były nowe rozwiązania konstrukcyjne zespołów, wprowadzenie układów rozruchowych, układu zasilania dławnic parowych i inne.

Modernizację realizowano w dwóch etapach. Pierwszy zrealizowano w turbinach wyprodukowanych w 1971 r., a drugi w turbinach o symbolu K215 (rys. 19) produkowanych od 1972 r.

Poważna praca o charakterze modernizacyjnym dotyczyła turbiny TK120 według licencji AEI. Zakres modernizacji obejmował zmianę funkcji turbozespołu oraz poprawę własności eksploatacyjnych turbozespołu. Zmiany te wiązały się z problemami dynamiki układu wirującego i konstrukcji części NP. W 1974 r. wyprodukowano turbinę 13UK125-0 (rys. 20), wzbogacając asortyment turbin ciepłowniczych.



Rys. 22, Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej 18K360

2.3. Prace adaptacyjne obejmują dokumentację konstrukcyjną uzyskaną z firm zagranicznych na produkcję turbin dla energetyki zawodowej. Głównym zadaniem Biura Konstrukcyjnego jest przystosowanie obcej dokumentacji konstrukcyjnej do naszych warunków wytwarzania oraz możliwości kooperacyjnych i materiałowych. Problemem specjalnym jest przyjęcie wiedzy zawartej w otrzymanej dokumentacji.

Wynikiem prac adaptacyjnych było wyprodukowanie pierwszej turbiny – prototypu (rys. 21), a także innych jednostek. W ramach współpracy i pomocy technicznej firma LMZ przekazała dokumentację konstrukcyjną na turbiny TC25, TK50 i TK200. Dokumentację konstrukcyjną na turbinę TK125 przekazano ZAMECHowi na podstawie umowy licencyjnej z firmą AEI. Analogicznie przekazano dokumentację konstrukcyjną na turbinę K360 firmy BBC. Turbina K360 (rys. 22) jest obecnie podstawową jednostką w krajowej energetyce zawodowej.

3. Komentarz końcowy

Dalszy rozwój przemysłu turbinowego jest nieodzowną koniecznością gospodarczą, decydującą o rozwoju energetyki krajowej oraz o postępie technicznym w wielu dziedzinach polskiego przemysłu. Przed polskim przemysłem turbinowym stoi wiele poważnych problemów, których pomyślne rozwiązanie zadecyduje o osiągnięciu wymaganej zdolności technicznej i produkcyjnej oraz o wykonaniu zadań na rzecz energetyki krajowej i światowy rynek urządzeń energetycznych.

Jest oczywiste, że o rozwiązaniu tych problemów będą decydowały ośrodki naukowo-badawcze, integracja ich potencjału, dalsza specjalizacja i doskonalenie form współpracy z przemysłem. O słuszności tego poglądu i kierunku działań świadczą dotychczasowe rezultaty.

Skalę i zakres problemów charakteryzują kierunki działań i konkretne propozycje przemysłu turbinowego. Są one następujące:

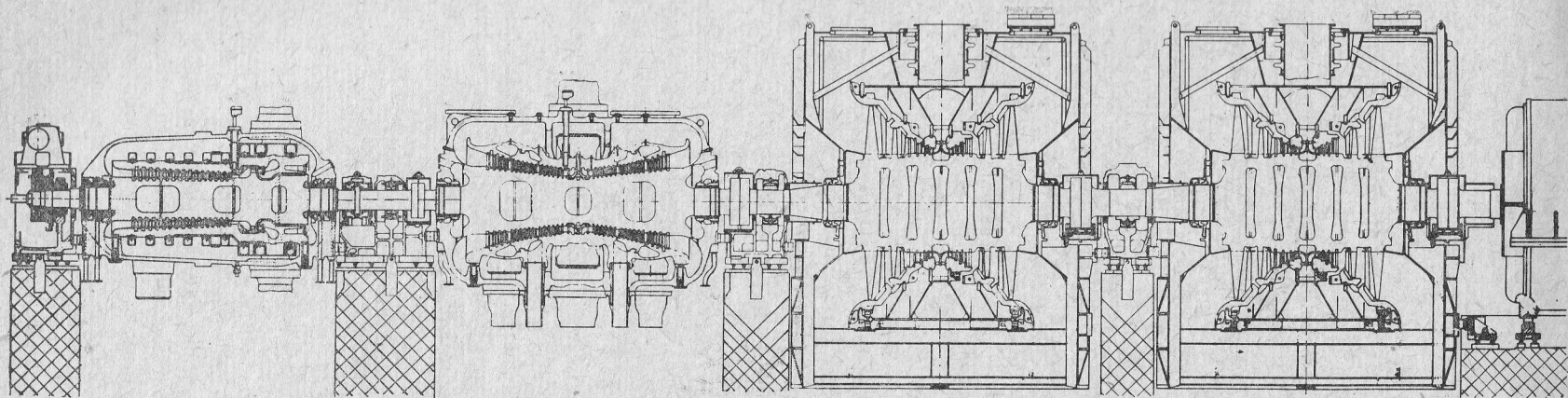
a. Jako następną jednostkę konwencjonalną dla energetyki zawodowej ZAMECH oferuje turbozespół 600 MW (rys. 23). W tej ofercie uwzględniono program produkcyjny przemysłu kotłowego. Uważa się, że następna moc jednostkowa turbozespołu konwencjonalnego będzie wynosiła 1000 - 1200 MW.

Dla elektrowni jądrowych budowanych na bazie reaktora WWER 440, ZAMECH oferuje turbozespół 4K465 (rys. 24). Do elektrowni jądrowych opartych na reaktorach WWER 1000 oferujemy dostawę turbiny o mocy 1000 MW.

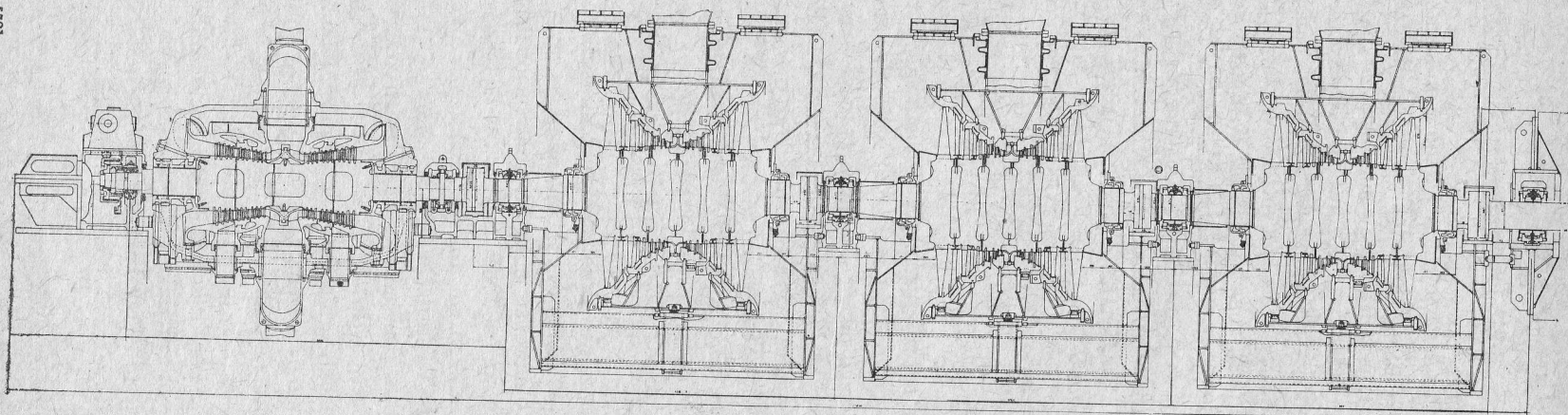
Oferowane i prezentowane turbozespoły reprezentują najwyższy standard osiągany przez czołowe firmy światowe produkujące takie turbozespoły.

b. W zakresie turbin ciepłowniczych, które uważa się za specjalizację ZAMECHu, działalność konstrukcyjna będzie obejmowała rozwinięcie turbin drugiej generacji oraz przygotowanie produkcji następnych wielkości turbin ciepłowniczych. Będą to turbozespoły o mocy około 200 i około 360 MW (rys. 25 i 26). Proponowana moc jednostkowa turbin znajduje swoje uzasadnienie w unifikacji, obejmującej kocioł, pompy i urządzenia pomocnicze.

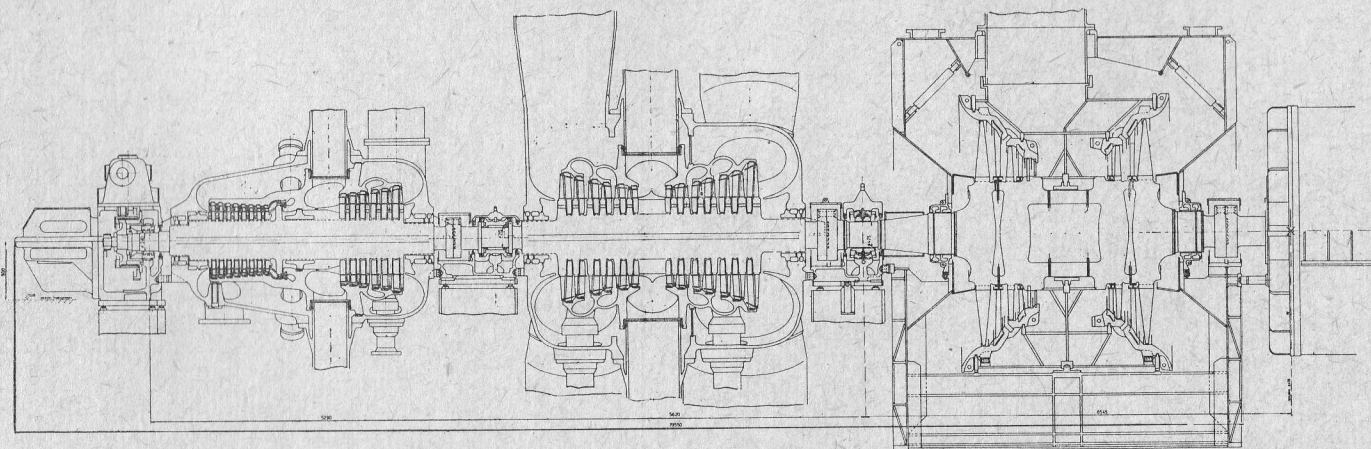
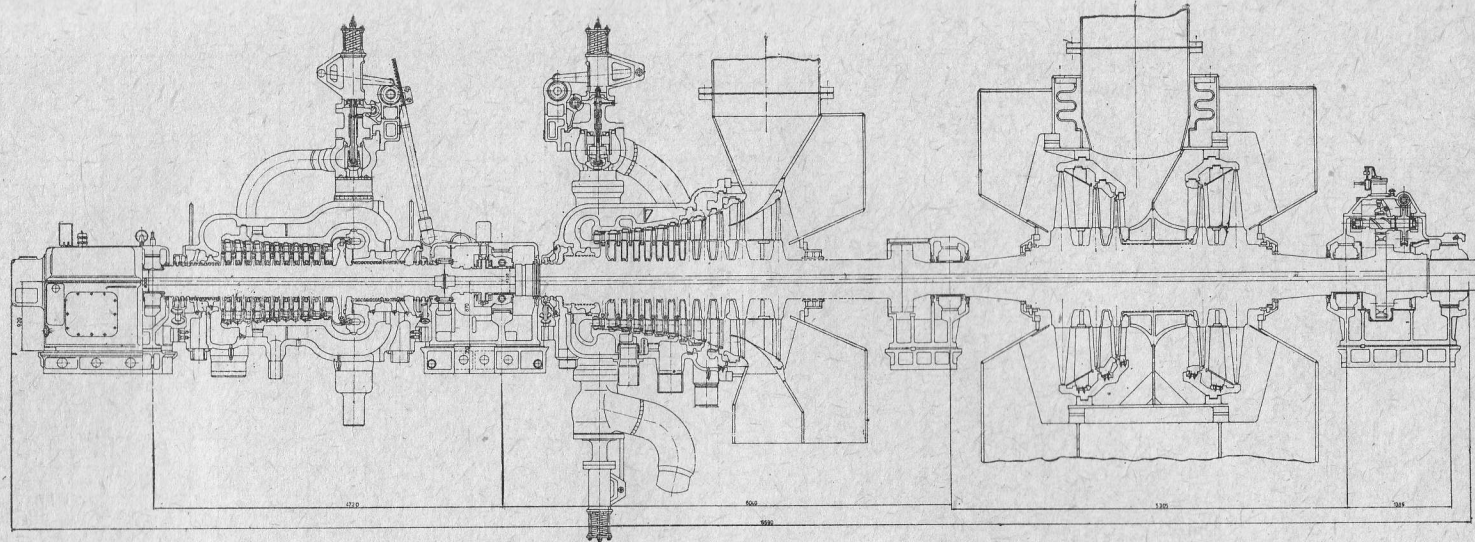
Na podstawie zebranych doświadczeń, będą kontynuowane prace nad turbozespołami.



Rys. 23. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej 18K600



Rys. 24. Przekrój osiowy turbiny kondensacyjnej dla elektrowni jądrowej 4K465



Rys. 25. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej z przegrzewem międzystopniowym, z częścią kondensacyjną 13CK200

Rys. 26. Przekrój osiowy turbiny ciepłowniczej z przegrzewem międzystopniowym, z częścią kondensacyjną 18CK360



Rys. 27. Produkcja turbin w MW – lata 1950 ÷ 1985

do obiegów parowo-gazowych. Uważa się, że układy te mają perspektywę rozwoju, ze względu na konieczność podnoszenia sprawności układów ciepłych.

Ogólnie można stwierdzić, że ZAMECH będzie oferował turbozespoły ciepłownicze, w tym również dla układów parowo-gazowych, w zakresie mocy od 50 do 400 MW. Wskaźniki techniczno-ekonomiczne turbin będą spełniały wymagania krajowe i będą konkurencyjne na rynkach zagranicznych.

Przedstawiając problematykę turbin ciepłowniczych konwencjonalnych nie można pominąć turbin ciepłowniczych dla elektrociepłowni jądrowych. Duże aglomeracje miejskie oraz wyjątkowo ostro rysujący się problem zanieczyszczenia środowiska, stwarza bardzo korzystną sytuację dla tego typu elektrociepłowni. Wstępne prace potwierdzają przewidywania co do celowości budowy elektrociepłowni jądrowych w naszym kraju. Będą to jednostki budowane na bazie reaktora WWER o mocy około 500 MW.

c. W zakresie turbin przemysłowych działalność ZAMECHu będzie ograniczała się do turbin, które są pochodnymi turbin ciepłowniczych. Zasadniczym problemem będzie stopień unifikacji zespołów produkowanych i dostaw kooperacyjnych. Wielkość turbozespołów będzie dorównywała największym jednostkom ciepłowniczym.

d. Syntetyczne ujęcie omówionego tematu przedstawia krzywa (rys. 27) wskazująca na moc turbin wyprodukowanych w ubiegłych latach i moc jaką powinny mieć turbiny wyprodukowane w latach najbliższych. Całość dorobku można zamknąć w jednym zdaniu „do maja 1979 roku wyprodukowano w turbinach moc 20 000 MW”!