

Marek PRONOBIS

## KIERUNKI BADAŃ W ZAKRESIE KOTŁÓW I WYTWORNIC PARY

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono główne kierunki badań prowadzonych w Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary. Przedstawiono następujące zagadnienia: rozwijanie metod obliczania i konstruowania urządzeń kotłowych, badania procesów przemiału i suszenia węgla w młynach, doskonalenie technologii uruchamiania i eksploatacji elektrowni konwencjonalnych, opracowanie koncepcji modernizacji urządzeń kotłowych, oceny projektów nowych oraz modernizowanych kotłów i młynów węglowych.

## DIRECTIONS OF INVESTIGATIONS IN STEAM GENERATORS ENGINEERING

**Summary.** The paper presents main problems of investigations which are carried out in the Division of Boilers and Steam Generators for the development of boiler technology. Following problems have been described: development of calculation methods, investigations of coal preparation, improvement of start up and operation technologies, problems of boiler modernization, evaluation of designs for new and retrofitted boilers and pulverizers.

## FORSCHUNGSAUFGABEN IM BEREICH VON DAMPFERZEUGERTECHNIK

**Zusammenfassung.** Die Arbeit stellt die wichtigsten Aufgaben zur Weiterentwicklung der Kesseltechnik dar, die in der Kesselabteilung entwickelt sind. Folgende Aufgaben wurden beschrieben: Entwicklung von Berechnungsmethoden, Untersuchungen der Kohleaufbereitung, Optimierung der Kesselbetriebs- Technologien, Modernisationsprobleme und Bewertung von Entwurfe für die neuen und modernisierten Kesselanlagen.

## 1. WPROWADZENIE

### 1.1. Główne kierunki działalności naukowej

- Rozwijanie metod obliczania i konstruowania urządzeń kotłowych przy uwzględnieniu charakterystyk krajowych węgla energetycznych:
  - doskonalenie metod obliczeń palenisk kotłowych,
  - rozwijanie metod opisu procesów wewnętrznych, występujących w kotłach w nieustalonych warunkach pracy,
  - poszukiwanie i badania wysoko sprawnych ciśnieniowych powierzchni ogrzewalnych kotłów, intensyfikujących przepływ ciepła (powierzchnie ożebrowane, opłętowane, membranowe) i optymalizacja rozwiązań,
  - badania regeneracyjnych obrotowych podgrzewaczy powietrza,
  - obliczenia, dobór i opracowanie koncepcji wymienników ciepła dla układów odsiarczania spalin i układów odzysku ciepła w procesach przemysłowych,
  - doskonalenie metodologii komputerowego wspomaganie procesu projektowania i konstruowania urządzeń kotłowych,
  - badania trwałości urządzeń kotłowych.
- Badania procesów przemiału i suszenia węgla w młynach i przygotowania paliw stałych do spalania w urządzeniach kotłowych:
  - uściślenie metod obliczeń i doboru optymalnych parametrów pracy młynów pierścieniowo-kulowych,
  - poszukiwanie metod przygotowania paliw w aspekcie zmniejszenia uciążliwości skutków spalania dla otoczenia.
- Doskonalenie technologii uruchamiania i eksploatacji elektrowni konwencjonalnych. Przystosowanie urządzeń kotłowych i bloków energetycznych do bezpiecznej i ekonomicznej pracy w warunkach zmiennego zapotrzebowania energii i zmniejszenia strat rozruchowych.
- Opracowanie koncepcji modernizacji urządzeń kotłowych celem polepszenia sprawności i niezawodności, przystosowanie kotłów do spalania węgla o charakterystyce odmiennej od projektowej.
- Oceny projektów nowych oraz modernizowanych kotłów i młynów węglowych, opracowywanych przez biura konstrukcyjne przemysłu kotłowego.

Ważnym kierunkiem działalności naukowej jest również organizacja cyklicznych Konferencji Kotłowych: VI odbyła się w 1990 r., a VII w 1994 r.

### 1.2. Obszary działalności dydaktycznej

W Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary prowadzone są wykłady, seminaria, ćwiczenia, laboratoria i prace konstrukcyjne z zakresu kotłów i wytwornic pary dla studentów specjalności maszyny i urządzenia energetyczne oraz

systemy ciepłone (studia dzienne i zaoczne). Ponadto dla kierunku dyplomowania kotły i wytwornice pary prowadzone są seminaria i prace dyplomowe.

### 1.3. Instalacje badawcze i aparatura

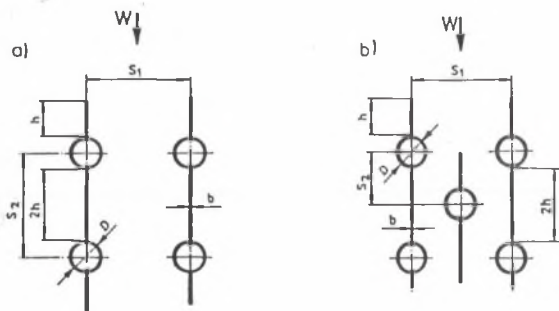
W Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary istnieje rozbudowana baza laboratoryjna umożliwiająca przeprowadzenie badań w szerokim zakresie. Obejmuje ona:

- instalacje do badań procesów przemiału i suszenia węgla w młynach średniobieżnych miazdzących,
- instalację do badań zanieczyszczeń popiołowych konwekcyjnych powierzchni ogrzewalnych,
- stanowisko do badań modelowych kotłowych pęczków konwekcyjnych,
- instalację doświadczalną do badań regeneracyjnych obrotowych podgrzewaczy powietrza,
- stanowisko doświadczalne do badań oporów przepływu wypełnień regeneracyjnych obrotowych podgrzewaczy powietrza,
- stanowisko doświadczalne do badań oporów przepływu układów pęczkowych rur ożebrowanych.

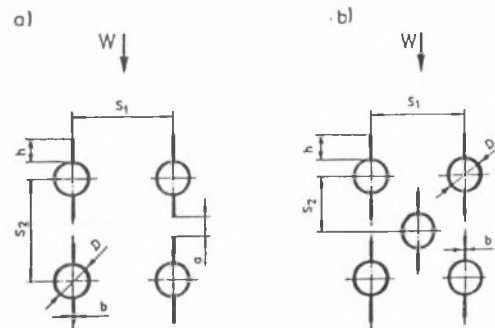
## 2. ROZWIJANIE METOD OBLICZANIA I KONSTRUOWANIA URZĄDZEŃ KOTŁOWYCH PRZY UWZGLĘDNIENIU CHARAKTERYSTYK KRAJOWYCH WĘGLI

Dotychczas stosowane metody obliczeń ciepłnych i aerodynamicznych kotłowych powierzchni konwekcyjnych dają wyniki obciążone znacznymi błędami, spowodowanymi przez nadmierne uproszczenia, niedokładność korelacji empirycznych oraz niedokładność danych literaturowych określających własności czynników. Źródłem szczególnie dużych błędów była stosowana dotąd w kraju metoda obliczeń wpływu osadów popiołu na wymianę ciepła. Zagadnieniu poprawy dokładności obliczeń poświęcono w Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary wiele opublikowanych prac [1, 2, 3, 15, 20, 21, 34]. Dla poprawy sprawności modernizowanych kotłów istotne jest poszukiwanie wysoko sprawnych ciśnieniowych powierzchni ogrzewalnych intensyfikujących przepływ ciepła (powierzchnie ożebrowane, opletkowane, membranowe) – rys. 1. Badania w tym zakresie są w Zakładzie prowadzone od dawna, a ich efektem były w ostatnich latach publikacje [1, 6, 10, 17, 26, 28]. Prowadzono również prace w zakresie optymalizacji kotłowych powierzchni konwekcyjnych [13, 14, 15, 22].

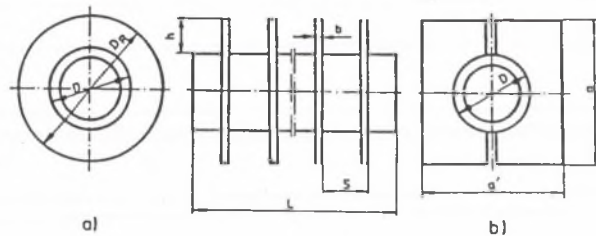
Kontynuowana była również w Zakładzie problematyka badań i aplikacji nowych rozwiązań podgrzewaczy powietrza, zarówno regeneracyjnych, jak i parowych [19, 45]. Uzyskano w tej dziedzinie prawa ochronne na wzory użytkowe 1 i 2.



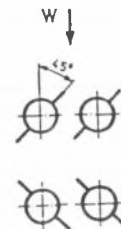
1.1 SCHEMAT PECZKA MEMBRANOWEGO: A) UKŁAD KORYTARZOWY, B) UKŁAD PRZESTAWNY



1.2 SCHEMAT PECZKA OPŁĘTOWANEGO: A) UKŁAD KORYTARZOWY, B) UKŁAD PRZESTAWNY



1.3 SCHEMAT RURY Z OZEBROWANIEM POPRZECZNYM: A) ZEBRA POJEDYNCZE, B) ZEBRA DZIELONE



1.4 SCHEMAT PECZKA DIAGONALNEGO

Rys. 1. Schematy kotłowych powierzchni ożebrowanych

Fig. 1. Schematic layout of boiler finned surfaces

Rozwijano także badania trwałości urządzeń kotłowych, zarówno z punktu widzenia wytrzymałości czasowej elementów kotłów, jak i ograniczania erozji popiołowej. Na te tematy wygłoszono na konferencjach referaty [8, 48, 51, 53, 54].

Coraz więcej miejsca w działalności Zakładu zajmuje problematyka ochrony środowiska naturalnego. W tym zakresie prowadzono obliczenia, dobór i opracowanie koncepcji wymienników ciepła dla układów odsiarczania spalin i układów odzysku ciepła w procesach przemysłowych – rys. 2, opracowano nową technologię odsiarczania spalin w kotłach płomienicowo-płomieniówkowych oraz badano wpływ warunków pracy kotła na efektywność pierwotnych metod odazotowania spalin. Prace na te tematy zamieszczono w materiałach konferencyjnych [29, 50, 52], uzyskano ponadto patent 4.

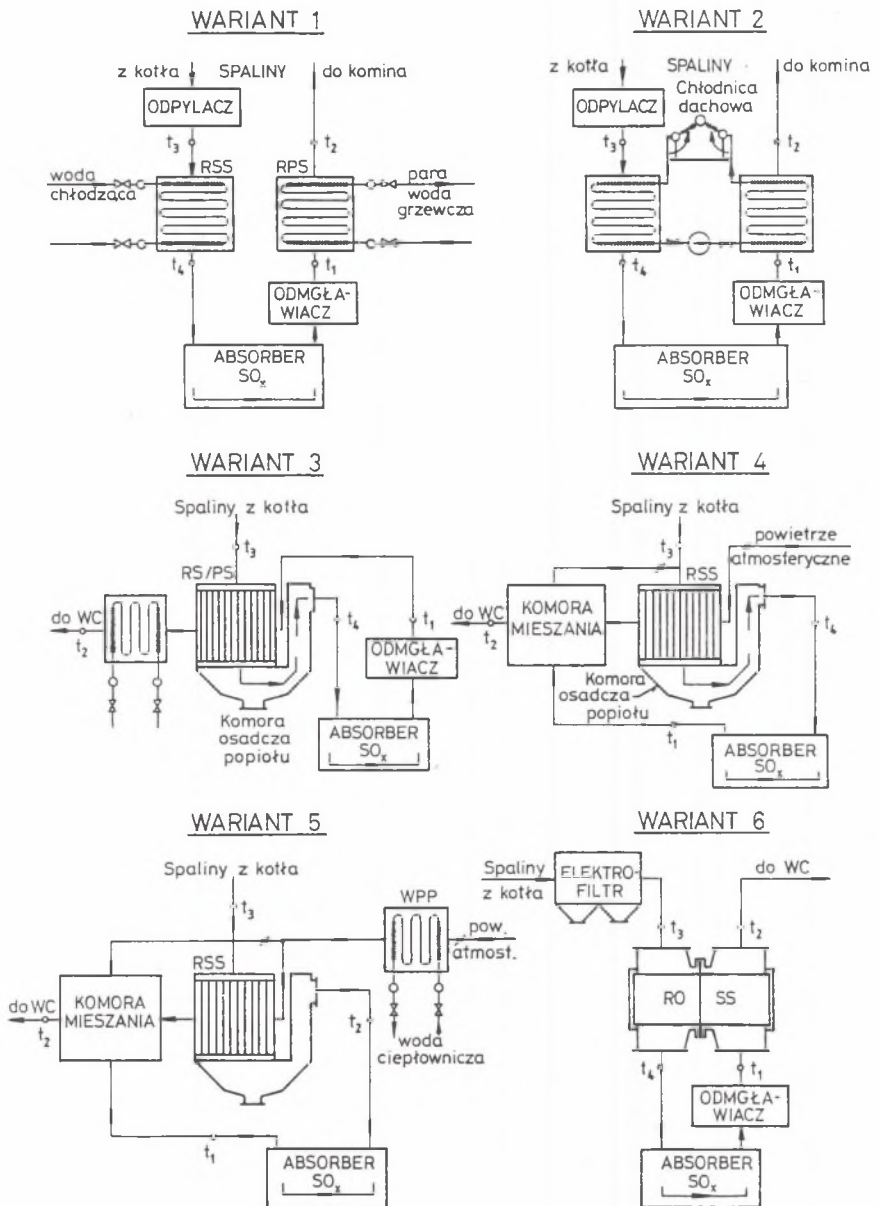
### 3. BADANIA PROCESÓW PRZEMIAŁU WĘGLA W MŁYNACH

Badania w tym zakresie prowadzone są w Zakładzie od wielu lat przy wykorzystaniu posiadanych instalacji badawczych. Kontynuowano badania wpływu cech konstrukcyjnych układu mielącego i warunków eksploatacji na pracę młyna [11, 23]. Prowadzono prace w zakresie przystosowania młynów do wymagań nowoczesnych technik spalania niskoemisyjnego [18, 55]. Zagadnieniom przemiału węgla poświęcono również wiele prac nie publikowanych dotyczących modernizacji układów młynowych w celu poprawienia jakości przemiału i zapewnienia równomiernego rozdziału pyłu i powietrza pierwotnego na poszczególne palniki.

### 4. DOSKONALENIE TECHNOLOGII URUCHAMIANIA I EKSPLOATACJI ELEKTROWNI

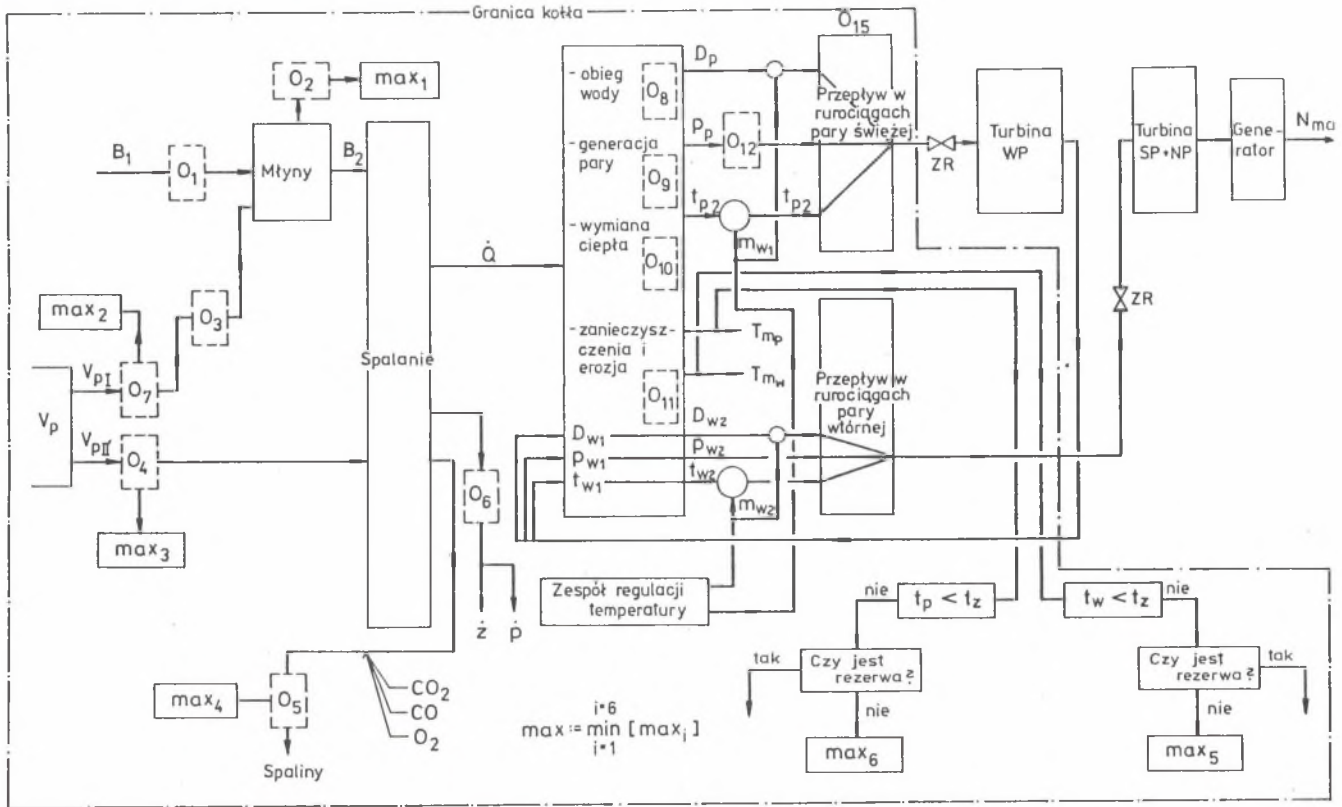
W Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary prowadzone są prace nad opisem własności dynamicznych kotłów. Określane są czynniki mające wpływ na przebiegi temperatur, naprężeń i przepływów oraz na intensywność wymiany ciepła [51]. Opracowano również metody wyznaczania strat rozruchowych i optymalizacji procesu uruchamiania kotła. W materiałach konferencyjnych [12] podano noramtywne charakterystyki strat rozruchowych bloków.

W Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary prowadzono również badania nad określeniem wpływu minimalnych i maksymalnych obciążeń b loków 200 MW na pracę kotłów OP 650 w Elektrowni Rybnik – rys. 3. Przeprowadzone badania potwierdziły wcześniejsze przypuszczenia, że realne minimum techniczne bloków odpowiada znacznie niższemu poziomowi mocy niż przyjęty w eksploatacji w krajowych elektrowniach, oraz to, że istnieją rezerwy w wydajności kotłów pozwalające na przeciążenie bloków. Zmniejszone obciążenie kotła powoduje obniżenie temperatur pary pierwotnej i wtórnej. Wyko-



Rys. 2. Schemat realizacji wariantowych rozwiązań systemu kondycjonowania spalin w układach odsiarczania

Fig. 2. Schematic representation of several technical systems of flue gas conditioning in FGD



Rys. 3. Schemat przepływu sygnałów i ograniczeń w modelu kotła

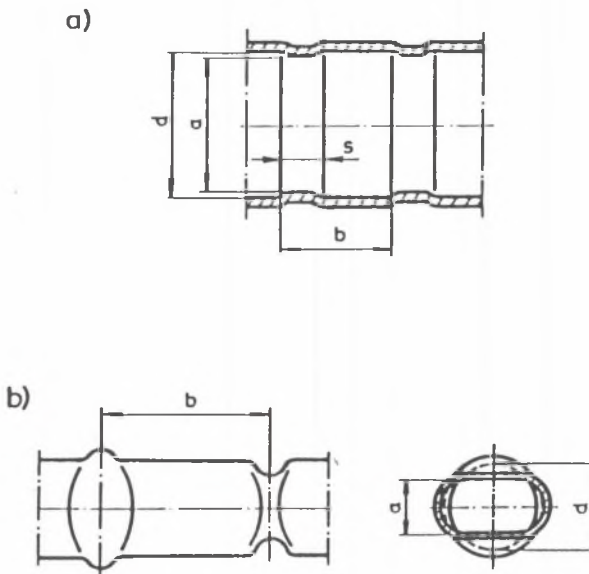
Fig. 3. Diagram of signal flows in the boiler model

rzystanie rezerwy tkwiącej w kotłach OP 650 jest opłacalne z uwagi na wskaźniki jednostkowego kosztu eksploatacji. Nie zachodzi obawa o zmniejszenie trwałości elementów kotła. W przypadku niższych obciążeń wskaźnik jednostkowego kosztu eksploatacji wzrasta w wyniku obniżenia sprawności obiegu cieplnego oraz spalania oleju opałowego [44, 49].

## 5. OPRACOWANIE KONCEPCJI MODERNIZACJI URZĄDZEŃ KOTŁOWYCH W CELU POLEPSZENIA SPRAWNOŚCI I NIEZAWODNOŚCI

Znaczna część, szczególnie mniejszych i starszych kotłów, charakteryzuje się niską sprawnością, spowodowaną głównie przez wysoką temperaturę spalin wylotowych, sięgającą w skrajnych przypadkach  $300^{\circ}\text{C}$ . Również w dużych kotłach temperatury spalin wylotowych  $170 - 180^{\circ}\text{C}$  nie należą do rzadkości.

Przeprowadzenie modernizacji takich kotłów pozwala na zaoszczędzenie znacznych ilości paliwa oraz poprawę stanu środowiska poprzez istotne



Rys. 4. Metody intensyfikacji wymiany ciepła wewnątrz rur: a) zwężenia pierścieniowe, b) naprzemianległe zgniatanie

Fig. 4. Methods to improve the heat transfer at the inner walls of tubes: a) tube with annular narrowings, b) alternately squeezed tube



zmniejszenie emisji popiołu do atmosfery. Okazuje się bowiem, że obniżenie temperatury spalin wylotowych poprawia sprawność elektrofiltrów, na skutek zmniejszenia prędkości spalin i podwyższenia oporności właściwej pyłu.

Modernizacja polega na zabudowaniu powierzchni ogrzewalnych o większej intensywności przekazywania ciepła, na ogół bez jednoczesnej przebudowy kanałów spalin.

Intensyfikacji podlegać może zarówno wymiana ciepła między spalinami i zewnętrznymi powierzchniami rur, jak i przepływ ciepła na ścianie wewnętrznej, omywanej czynnikiem ogrzewanym – rys. 4. W pierwszym przypadku stosuje się na ogół powierzchnie rozwinięte (ożebrowane), w drugim natomiast rozmaite sposoby powiększenia burzliwości przepływu w rurach.

Powyższą problematyką Zakład zajmuje się od dawna, czego efektem są zarówno projekty i opracowania nie publikowane, jak i prace [6, 15, 16, 17, 18, 26, 35, 36, 45, 47].

## LITERATURA

### Wykaz publikacji Zakładu Kotłów od roku 1990

- [1] Czepelak J., Pronobis M.: Vymena tepla v pričnie žebrovanych trubkovich svazcich. Strojirenstvi (CSRF) 40, 1990, 2.
- [2] Pronobis M.: Konwekcyjne i radiacyjne współczynniki wnikania ciepła od spalin do zanieczyszczonych rur kotłowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 110, Gliwice 1990.
- [3] Gaiński J., Pronobis M.: Badania wpływu osadów popiołu na opory przepływu w pęczkach konwekcyjnych kotłów. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 110, Gliwice 1990.
- [4] Pronobis M.: Współczynniki efektywności cieplnej zanieczyszczonych pęczków kotłowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 113, Gliwice 1990.
- [5] Stoppel Z., Kotowicz J., Rataj Z.: Węgiel i Energia. Koks, Smoła, Gaz, nr 11, 1990.
- [6] Cwynar L., Krupa M., Pronobis M.: Zastosowanie rozwiniętych powierzchni ogrzewanych w modernizacjach kotłów. Mat. II Konferencji „Gospodarka remontowa energetyki”, Bielsko Biała 1990.
- [7] Walewski A.W., Wojnar W., Pękała St.: Parowe podgrzewacze powietrza kotłów energetycznych. Konstrukcje, obliczenia, badania. Materiały VI Konferencji Kotłowej. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka z 113. Gliwice 1990.
- [8] Cwynar L.: Przedsięwzięcia usprawniające pracę kotłów walczkowych w stanach nieustalonych. Materiały VI Konferencji Kotłowej. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka z 113. Gliwice 1990.

- [9] Chmielniak T., Krupa M.: Budowa i eksploatacja kotłów tematem VI Konferencji Kotłowej '90. *Energetyka* 1991, nr 5, s. 172–174.
- [10] Cwynar L., Pronobis M.: Einsatz der Rippenrohrbündel zur Ertüchtigung von Dampferzeugern. XXIII Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden 1991
- [11] Chmielniak T., Czepiel J., Mroczek K.: Der Einfluß der Konstruktionseigenschaften des Mahlsystems auf die Leistungsfähigkeit der Ring-Kugelmühle. XXIII Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden 1991.
- [12] Cwynar L., Charzyński W.: Normatywne charakterystyki strat rozruchowych bloków wytwórczych. Sympozjum SEP, Warszawa 1991.
- [13] Pronobis M.: Optimierung der konvektiven Kesselrohrbündel. *VGB Kraftwerkstechnik* 72, 1992, z. 2.
- [14] Pronobis M.: Optimization of convective boiler surfaces. *VGB Kraftwerkstechnik (English issue)* 72, 1992, vol. 2.
- [15] Pronobis M.: Wymiana ciepła w zanieczyszczonych powierzchniach konwekcyjnych kotłów. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka*, z. 115, Gliwice 1992.
- [16] Cwynar L., Krupa M., Pronobis M.: Kierunki modernizacji energetyki. *Zeszyty Naukowe WSI w Opolu*, nr 180, seria Elektryka, z. 34, Opole 1992.
- [17] Cwynar L., Krupa M., Pronobis M.: Zastosowanie powierzchni ożebrowanych dla poprawy sprawności kotłów. *Zeszyty Naukowe WSI w Opolu*, nr 180, seria Elektryka z. 34, Opole 1992.
- [18] Krupa M., Bobiec E., Chowaniec G.: Kierunki modernizacji młynów wynikające z potrzeby obniżenia emisji tlenków azotu. *Energetyka* 1992, nr 10.
- [19] Walewski A. W., Wojnar W.: Wstępne parowe podgrzewacze powietrza nowej generacji. *Zeszyty Naukowe WSI w Opolu*, nr 180, seria Elektryka z. 34, Opole 1992.
- [20] Pronobis M.: Influence of ash deposits on the heat transfer in convection boiler surfaces. *Konf.: Coal, Energy and Environment*, Ostrava 1992.
- [21] Pronobis M.: Dokładność obliczeń radiacyjnej wymiany ciepła od spalin do powierzchni rur kotłowych pęczków konwekcyjnych. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka*, z. 114, Gliwice 1993.
- [22] Pronobis M.: Optymalizacja kotłowych pęczków konwekcyjnych. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka*, z. 114, Gliwice 1993.
- [23] Czepiel J.: Zależność wydajności młyna pierścieniowo-kulowego od prędkości obrotowej układu mielącego – model teoretyczny. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka*, z. 114, Gliwice 1993.
- [24] Rataj Z.: Celowość stosowania kotłów kondensujących firmy TTI–Remeha w ciepłownictwie. *Przegląd Mechaniczny* 1993, nr 33–34.

- [25] Rataj Z.: Regulatory sterujące w systemach kotłów grzewczych. Mura-  
tor, 1993, nr 3.
- [26] Pronobis M.: Zkušeni se svyšovanim účinnosti roštových kotlu. Mate-  
riály Konferenci „Prumyslova energetika a zivotni prostredi. Ostrava-  
Odry 1993.
- [27] Czepiel J., Kurowicz M.: Analiza konstrukcji tłumika wylotowego kotło-  
wych zaworów bezpieczeństwa. XVI Sympozjon Podstaw Konstrukcji  
Maszyn, Szczyrk 1993.
- [28] Cwynar L., Krupa M, Pronobis M: Kotłowe powierzchnie ogrzewalne  
intensyfikujące przepływ ciepła. Referaty konferencji naukowej „Proble-  
my badawcze eneregetyki cieplnej” Warszawa 8 – 10. 12. 1993.
- [29] Pronobis M.: The influence of combustion chamber tightness on the  
efficiency of primary methods of NOx reduction. Materiały III Między-  
narodowej Konferencji „EKOTREND” Ostrava 20 – 21. 09. 1993.
- [30] Cwynar L., Zembaty W.: Kryteria modernizacji urządzeń wytwarzania  
energii w krajowym systemie elektroenergetycznym. Materiały Ogólno-  
polskiej Konferencji Naukowo-Technicznej na temat „Racjonalizacja  
użytkowania energii i środowiska” Porąbka-Kozubnik 14 – 16. 06. 1993.
- [31] Cwynar L.: Rola i zadania zakładów ciepłno-mechanicznych Instytutu  
Energetyki w doskonaleniu urządzeń oraz eksploatacji elektrowni i ele-  
ktrociepłowni. Energetyka 1993, nr 11, ss. 378 – 387.
- [32] Rataj Z.: Ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania kotłów konde-  
nsujących w ciepłownictwie. Materiały VIII Krajowej Konferencji Nauko-  
wo-Technicznej: „Postęp techniczny w ciepłownictwie”. Poznań, 22 – 23  
listopada 1993.
- [33] Rataj Z.: Ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania kotłów konde-  
nsujących Firmy TTI-Remeha w ciepłownictwie. Materiały VIII Krajo-  
wej Konferencji Naukowo-Technicznej „Postęp techniczny w ciepłownic-  
twie”. Poznań, 22 – 23 listopada 1993.
- [34] Pronobis M.: A comparison of methods to improve the heat transfer at  
the inner walls of tubes. VGB Kraftwerkstechnik 74, 1994, z. 2.
- [35] Cwynar L., Krupa M, Pronobis M: Kierunki modernizacji kotłów. Zeszy-  
ty Naukowe WSI, nr 199, seria Elektryka, z. 38, Opole 1994.
- [36] Cwynar L., Krupa M, Pronobis M: Usprawnienia kotłów OP-\B 380  
Elektrowni Łagisza. Zeszyty Naukowe WSI, nr 199, seria Elektryka  
z. 38, Opole 1994.
- [37] Pronobis M.: Betriebsmäßige Methoden zur Vermeidung von  
Heizflächenerosionen. VGB Kraftwerkstechnik – w druku.
- [38] Pronobis M.: Wpływ szczelności komory paleniskowej kotła na skutecz-  
ność pierwotnych metod denitracji spalin. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. –  
w druku.

- [39] Rataj Z.: Regulatory stosowane w kotłach grzewczych. Instalator Polski, 1994, nr 4.
- [40] Rataj Z.: Zalety zastosowania kotłów kondensujących w ogrzewnictwie. Instalator Polski, 1994, nr 2.
- [41] Rataj Z.: Regulatory sterujące pracą kotłów grzewczych. Instalator Polski, 1994, nr 3.
- [42] Rataj Z.: Ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania kotłów kondensujących w ciepłownictwie. Instalator Polski, 1994, nr 2.
- [43] Rataj Z.: Zastosowanie kotłów żeliwnych. Przegląd Mechaniczny, 1994, nr 1.
- [44] Rataj Z.: Praca kotłów OP 650 w warunkach maksymalnego obciążenia bloku. Zeszyty Naukowe WSI, z. 38, Opole 1994, ss. 275 – 280.
- [45] Walewski A.W., Otte J.J., Wojnar W.: Modernizacja układu podgrzewu powietrza w kotle OP-380 z palnikami niskoazotującymi typu HTNR STORK BOILERS. Zeszyty Naukowe WSI, z. 38, Opole 1994, ss. 295 – 300.
- [46] Rataj Z.: Kryteria wyboru kotłów grzewczych, cz. I. Rynek Instalacyjny, 1994, nr 10.
- [47] Cwynar L., Krupa M, Pronobis M: Kierunki badań i doskonalenia techniki kotłowej. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 120, Gliwice 1994.
- [48] Pronobis M.: Przedsięwzięcia eksploatacyjne dla zmniejszenia erozji kotłowych pęczków konwekcyjnych. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 121, Gliwice 1994.
- [49] Rataj Z.: Wpływ minimalnego i maksymalnego obciążenia bloków 200 MW na pracę kotłów OP 650. Referaty VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 121, Gliwice 1994.
- [50] Walewski A., Rataj Z., Wojnar W.: Systemy schłodzenia i podgrzewu spalin w układach odsiarczania spalin ciepłowni z kotłami rusztowymi. Referaty VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 122, Gliwice 1994.
- [51] Cwynar L.: Wpływ schematu przepływowego przegrzewacza pary na rozkład temperatur w komorach wylotowych stopni. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 120, Gliwice 1994.
- [52] Gramatyka F.: Ograniczenie emisji tlenków siarki z kotłów rusztowych płomienicowo-płomieniówkowych. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 120, Gliwice 1994.

- [53] Kosman G., Czepelak J.: Wpływ osadów na powierzchniach rury na jej trwałość. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 120, Gliwice 1994.
- [54] Kosman G., Czepelak J.: Trwałość elementów ciśnieniowych obciążonych niesymetrycznie. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 120, Gliwice 1994.
- [55] Bobiec E., Krupa M.: Konieczność poprawy jakości węgla kamiennego dla potrzeb obniżenia emisji NO a dynamika instalacji paleniskowej. Materiały VII Konferencji Kotłowej, Szczyrk, 1994. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 120, Gliwice 1994.

#### PATENTY I WZORY UŻYTKOWE

1. Parowy podgrzewacz powietrza kotłów energetycznych. W-89528. Udzielono prawa ochronnego na wzór użytkowy Ru-49 387. Warszawa 7. 04. 1992.
2. Parowy podgrzewacz powietrza kotłów energetycznych W-89786. Udzielono prawa ochronnego na wzór użytkowy Ru-49 390. Warszawa 7. 04. 1992.
3. Wymiennik ciepła. P-256 272. W-89950. Udzielono prawa ochronnego na wzór użytkowy Ru-49572. Warszawa 18. 05. 1992.
4. Sposób odsiarczania i końcowego odpylania spalin kotłowych oraz instalacja do odsiarczania i końcowego odpylania spalin kotłowych. Przydzielono patent Nr 159 567 Warszawa 18. 11. 1993.