

Bogusław BOGUCKI

Instytut Energetyki

Zakład Procesów Ciepłych

## BADANIA MODELOWE AERODYNAMIKI KOMORY PALENISKOWEJ KOTŁA DLA NOWEJ TECHNOLOGII SPALANIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono korzyści związane z wdrożeniem spalania w wirze niskotemperaturowym. Opisano stanowisko badawcze oraz sposób przeprowadzenia badań modelowych aerodynamiki paleniska. Omówiono otrzymane wyniki i podano wybrany wariant rekonstrukcji komory paleniskowej oraz instalacji paleniskowej.

### 1. WSTĘP

Ideę oraz konkretne zastosowania technologii spalania paliw organicznych w palenisku z wirowym niskotemperaturowym systemem Politechniki Leninogradskiej opisano w wielu artykułach [1,2,3,4].

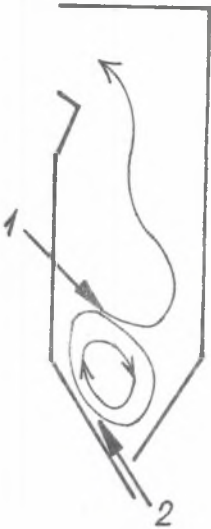
Spalanie grubo zmielonego paliwa odbywa się w warunkach recyrkulacji spalin i wielokrotnej cyrkulacji cząstek przy braku wyraźnego jądra płomienia i obniżonej temperaturze w stosunku do temperatury płomienia pyłowego. Rys. 1 przedstawia ustawienie palników oraz doprowadzenie powietrza do paleniska dla "klasycznego" wariantu technologii spalania w wirze niskotemperaturowym.

Dla warunków polskiej energetyki najbardziej interesującymi zaletami nowej technologii są:

- możliwość spalania paliw pogrubionego przemiału,
- możliwość odzyskania wydajności kotła obniżonej skutkiem spalania węgla o parametrach gorszych niż projektowe,
- obniżenie koncentracji tlenków azotu i siarki w spalinach.

Prostota wdrażania nowej technologii, polegająca na stosunkowo łatwych zmianach nie naruszających kształtów i gabarytów komory paleniskowej, czyni z niej interesujący wariant modernizacyjny. Dotyczy to zwłaszcza kotłów spalających wysokozapopielone żużlujące węgle oraz torf, łupki bitumiczne, czy odpady przemysłu celulozowego.

W Zakładzie Procesów Ciepłych Instytutu Energetyki wykonano badania modelowe aerodynamiki komory paleniskowej kotła Pauker 130 t/h dla wyбору wariantu modernizacji wdrażającej nową technologię.



Rys.1. Schemat spalania w wirze niskotemperaturowym:  
1 - palnik, 2 - powietrze wtórne

Fig.1. Combustion schema of low-temperature vortex - type method:  
1 - burner, 2 - secondary air

## 2. METODYKA PRZEPROWADZENIA BADAŃ

Jedną z najważniejszych cech technologii spalania w wirze niskotemperaturowym jest odpowiednio ukształtowana aerodynamika paleniska powodująca separację i wielokrotną cyrkulację cząstek paliwa.

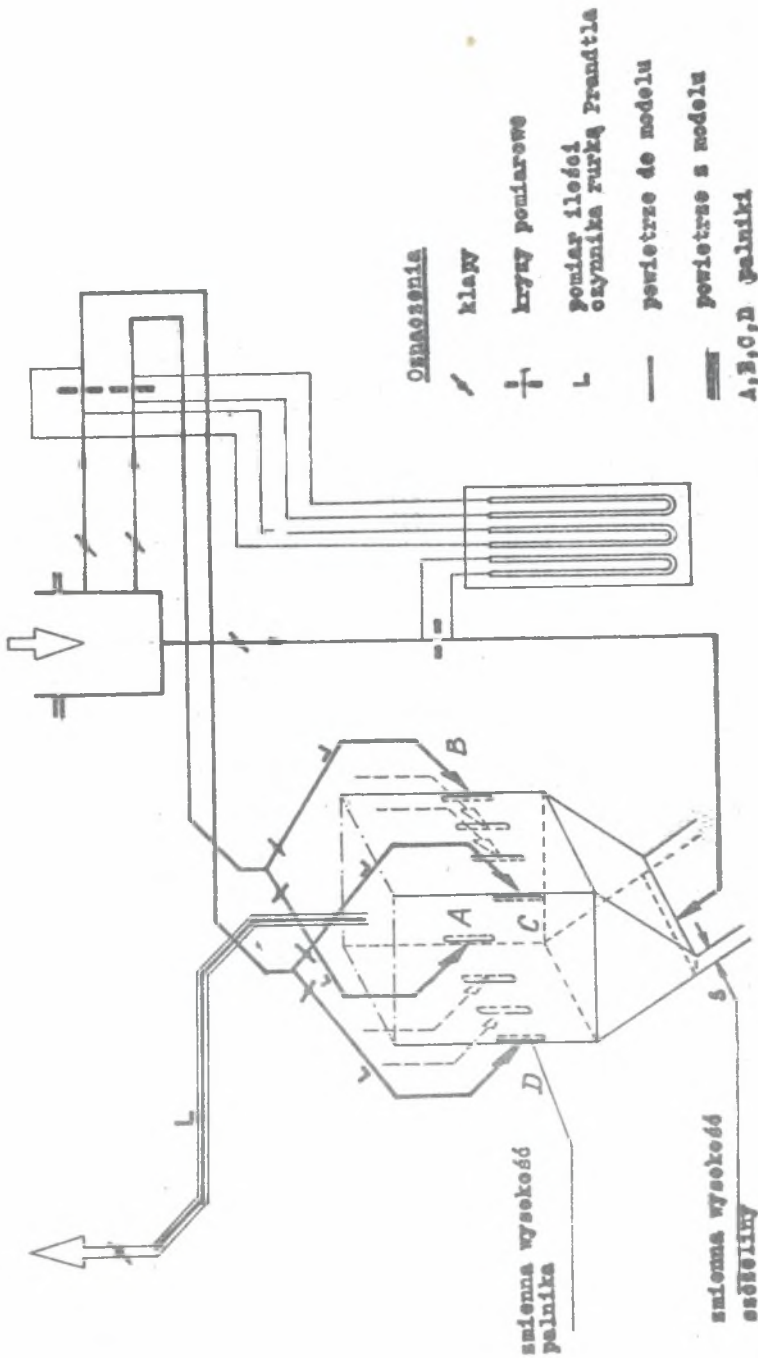
Izotermiczne modelowanie aerodynamiki w komorze paleniskowej pozwala na uzyskanie jedynie przybliżonego obrazu rzeczywistości. Wynika to z braku możliwości spełnienia wszystkich wymaganych kryteriów podobieństwa [5,6]. Przybliżone izotermiczne modelowanie zastosowano jako pierwsze przybliżenie oceny dużej ilości wariantów rekonstrukcji układu paleniskowego. Badania modelowe wykonano przyjmując:

- geometryczne podobieństwo modelu,
- podobieństwo wlotu strumieni,
- prędkości przepływów w zakresie liczb  $Re$ , zapewniających samomodelowanie.

Zasada Thringa stosowana przy modelowaniu aerodynamiki palenisk pyłowych wraz z jej późniejszymi udoskonaleniami wprowadzonymi przez Jacka Żelkowskiego [7] okazała się nieprzydatna dla modelowania aerodynamiki w wirze.

Podobieństwo wlotu strumieni uzyskano przyjmując ten sam stosunek (w modelu jak w obiekcie) pędów strumieni mieszanki paliwowo-powietrznej do powietrza wtórnego.

Schemat stanowiska do badań aerodynamiki komory paleniskowej kotła Pauker 130 t/h z wirem niskotemperaturowym przedstawiono na rys.2. Wymienne elementy modelu kotła pozwoliły na zmianę usytuowania palników oraz ich kąta pochylecia.




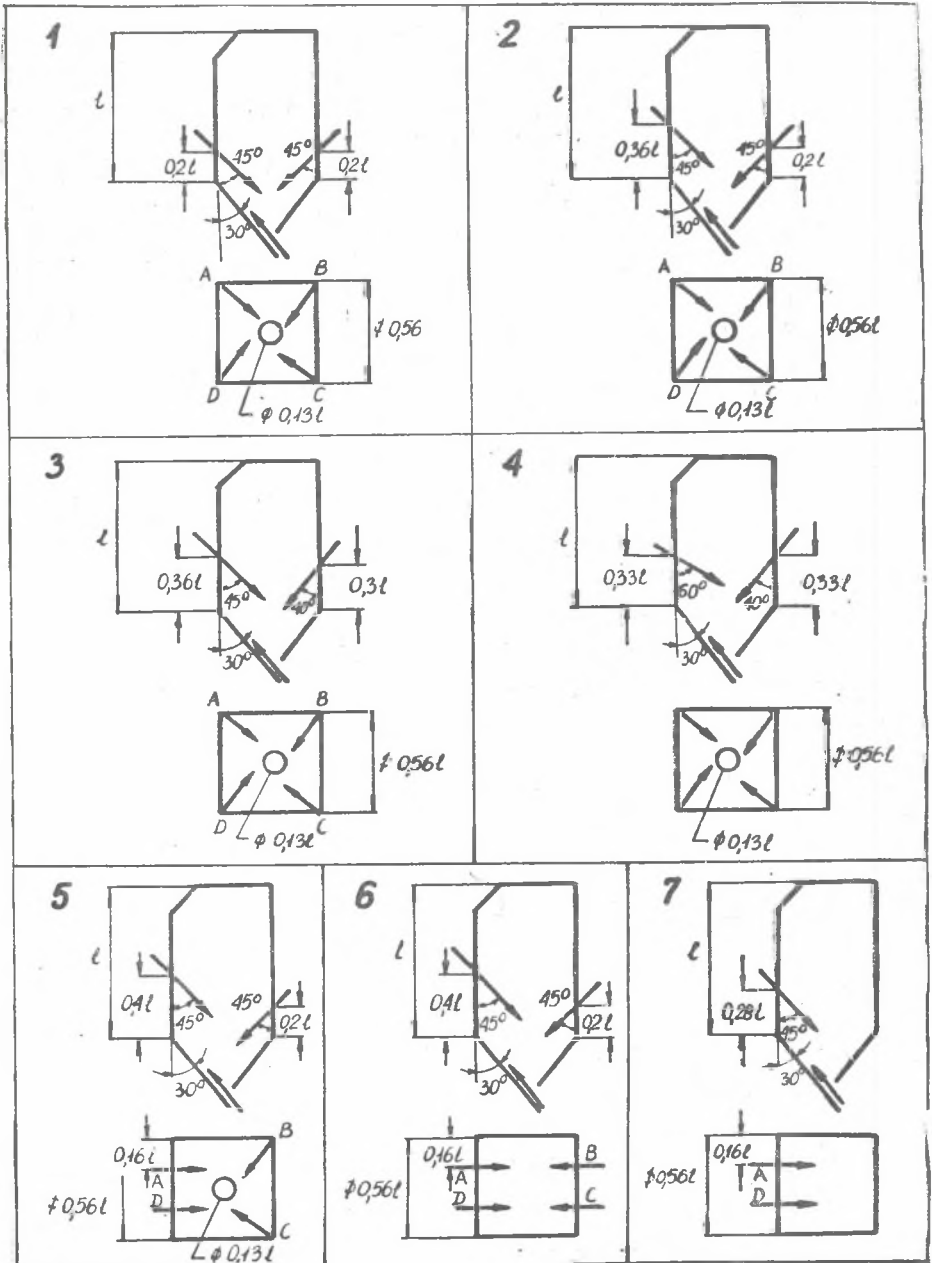
rys. 2. Schemat instalacji badawczej  
 Fig. 2. Schema of investigation stand

Badania modelowe podzielone na dwa etapy; wizualizację przepływu i pomiary prędkości. Jako pierwszą wykonano wizualizację przepływu dla 7 podstawowych wariantów geometrii paleniska (rys.3) oraz różnych rozdziałów powietrza między palniki a powietrze wtórne i różnych stosunków pędów (tablica 1, tablica 2). Warianty geometryczne wybrano zachowując niezmienną usytuowanie młynów wentylatorowych względem kotła. Dało to w sumie 49 przebadanych wariantów. Przepływ w modelu paleniska wizualizowany tlącymi się cząstkami węgla drzewnego i trocin był rejestrowany na videokasecie. Umożliwiło to wielokrotną analizę charakteru wypływu strumieni z palników i szczeliny powietrza dolnego. Znaczna ilość wizualizowanych wariantów pozwoliła na ograniczenie dalszych badań do 10 wariantów (tablica 3), dla których zmierzono składowe prędkości w objętości komory paleniskowej. Do pomiarów prędkości użyto półautomatycznego zestawu pomiarowego, przedstawionego na rys.4, będącego na wyposażeniu laboratorium badań modelowych.

Tablica 1

Prędkości i stosunki pędów dla wizualizowanych wariantów

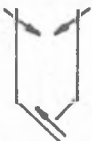
| Oznaczenie wariantów  |            | Stosunek pędów | Prędkości         |       |
|---|------------|----------------|-------------------|-------|
|  | $I_1, W_1$ |                | $W_1$             | $W_2$ |
|   |            | $I_2, W_2$     | $\frac{I_1}{I_2}$ | m/s   |
| A   | II         | 0,7            | 25                | 30    |
|   | V          | 3,8            | 50                | 20    |
| B   | II         | 1,1            | 25                | 30    |
|   | IV         | 2,9            | 41                | 18    |
| C   | III        | 2,8            | 32                | 24    |
| D   | I          | 0,8            | 25                | 29    |
|   | IV         | 2,0            | 40                | 18    |



Rys.3. Warianty geometrii komory paleniskowej  
 Fig.3. Alternative geometry of combustion chamber

Tablica 2

## Rozdział objętościowy powietrza

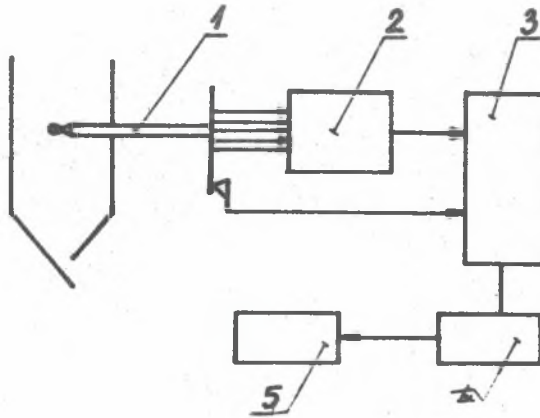
|   |       | Oznaczenie wariantu |     |     |
|---|-------|---------------------|-----|-----|
|   |       | A, D                | B   | C   |
|  | $V_1$ | 50%                 | 60% | 70% |
|   | $V_2$ | 50%                 | 40% | 30% |

Tablica 3

Parametry dla wariantów  
z pomiarem prędkości

| Oznaczenie wariantu | Stosunek pędów<br>$\frac{I_1}{I_2}$ | Prędkości m/s |       | Rozdział powietrza % |       |
|---------------------|-------------------------------------|---------------|-------|----------------------|-------|
|                     |                                     | $W_1$         | $W_2$ | $V_1$                | $V_2$ |
| 3IG                 | 0,87                                | 20            | 44    | 70                   | 30    |
| 3IVG                | 3,5                                 | 40            | 14    | 60                   | 40    |
| 5IG                 | 0,87                                | 20            | 44    | 70                   | 30    |
| 5IVG                | 3,5                                 | 40            | 14    | 60                   | 40    |
| 6IG                 | 0,87                                | 20            | 44    | 70                   | 30    |
| 6IIG                | 1,5                                 | 30            | 24    | 60                   | 40    |
| 6IIIG               | 2,3                                 | 30            | 25    | 70                   | 30    |
| 6IVG                | 3,5                                 | 40            | 14    | 60                   | 40    |
| 7IG                 | 0,87                                | 20            | 44    | 70                   | 30    |
| 7IVG                | 3,5                                 | 40            | 14    | 60                   | 40    |

Uwaga: litera G oznacza modelowanie geometryczne



Rys.4. Zestaw do pomiaru prędkości:  
 1 - sonda, 2 - przetwornik ciśnienia,  
 3 - przetwornik analogowo-cyfrowy,  
 4 - EMC, 5 - drukarka

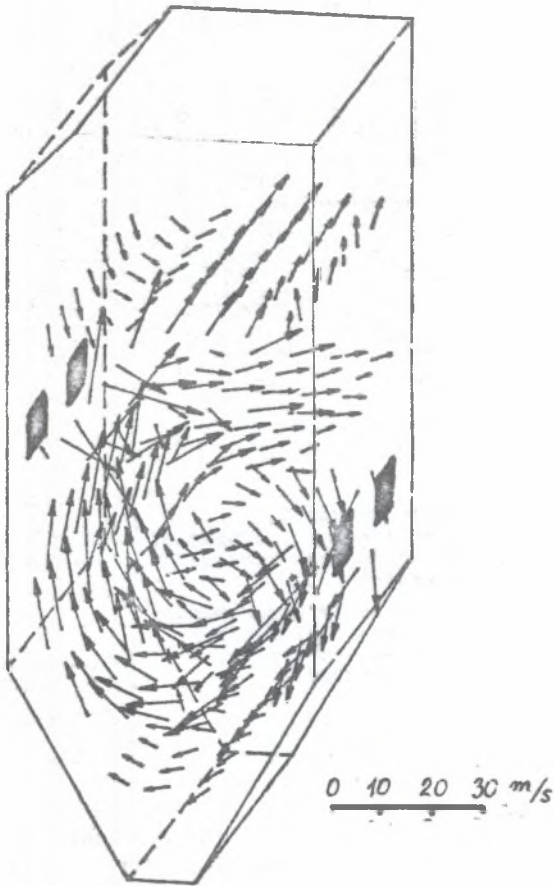
Fig.4. Unit system for velocity measurements:  
 1 - probe, 2 - pressure pick-off,  
 3 - analog-to-digital converter,  
 4 - computer, 5 - printer

### 3. WYNIKI

Wizualizacja szerokiego zakresu wariantów rekonstrukcji paleniska pozwoliła na zmniejszenie ilości wariantów dla pomiarów prędkości.

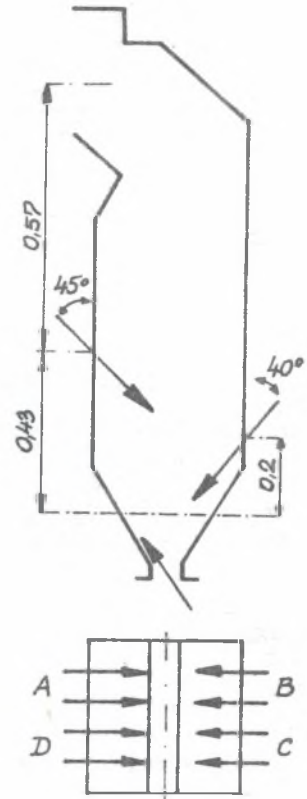
W wyniku analizy pól prędkości wariantów pomiarowych najkorzystniejszy okazał się wariant 6. Na aksonometrycznym rys.5 przedstawiono pole zmierzonych prędkości wariantu 6IG. Wariant 6, przy zachowaniu narożnikowego ustawienia młynów wentylatorowych, pozwolił na organizację aerodynamiki wymaganej dla nowej technologii spalania. Na rys.6 przedstawiono propozycję rekonstrukcji paleniska kotła opracowaną na podstawie badań modelowych.

Przewidywany dobór prędkości, pędów i innych parametrów wymaga uwzględnienia ruchu cząstek paliwa oraz ich wypalania w polu temperaturowym. Jest to możliwe drogą modelowania matematycznego i obliczeń numerycznych. Ważny element tych obliczeń to model matematyczny aerodynamiki. Do wstępnej weryfikacji tego modelu mogą posłużyć otrzymane wyniki badań modelowych.



Rys.5. Pole prędkości w objętości komory paleniskowej (wariant 6IG)

Fig.5. Velocity field in volume of combustion chamber (case 6IG)



Rys.6. Propozycja rekonstrukcji kotła

Fig.6. Proposition of boiler reconstruction



## LITERATURA

- [1] Pomierancew W.W., Rundygin J.A., Ots A.A.: Issledowanije i sowierszenstwowanije niskotemperaturnowo wicnriewowo sziganija w kotłach sredniewo dawlenija. Trudy TPI, Tallin 1977, nr 416
- [2] Pomierancew W.W., Rundygin J.A. i inni: Razrabotka i issledowanije mieroprijatij naprawlionnych na powyszzenie nadieźnosti i ekonomicznosti parogienieratorow rabotajuszczich na niskosortnyh topliwach. Materiały IV Riesp.Konf. Kijów 1980
- [3] Bogucki B.: Spalanie niskogatunkowych węgli w komorach paleniskowych z wirem niskotemperaturowym. Energetyka nr 1/1986
- [4] Rundygin J.A. i inni: Doświadczenia ze spalaniem paliw organicznych w paleniskach z wirem niskotemperaturowym systemu Politechniki Leningradzkiej. Energetyka nr 7/1987
- [5] Kutateładze S.S.: Modielirowanije tiepłoeniergieticzieskowo oborudowanija. Energia, 1966
- [6] Migaj B.K.: Modielirowanije tiepłobmiennowo energieticzieskowo oborudowanija. Energiatomizgat. Leningrad 1987.
- [7] Żelkowski J.: Metody izotermicznego modelowania komór paleniskowych z palnikami strumieniowymi. Praca IEN, Warszawa 1981

Recenzent: prof. dr hab. inż. Tadeusz CHMIELNIAK

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОДИНАМИКИ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ КОТЛА  
С НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ СЖИГАНИЯ

Р е з ю м е

В статье представлены достоинства связанные с внедрением сжигания в низкотемпературном вихре. Представлены стенд и методика модельных испытаний аэродинамики течения в топке. Обсуждены результаты исследования и представлен вариант реконструкции горелочной системы и топочной камеры.

COAL-DUST FLAME MODELLING IN ENGINEERING PRACTICE

S u m m a r y

Problems of coal-dust flame modelling have been presented. Assumptions applied in such numerical models have been described. Computational method which allows for practical calculation on PC/AT computer has been presented. Examples of application of computational models in boiler technic have been shown.