

Ludwik Cwynar

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych  
Politechnika Śląska

## WPEŁYW AKUMULACJI CIEPŁA PODCZAS URUCHAMIANIA KOTŁA NA BEZPIECZEŃSTWO PRZEGRZEWACZY PARY

**Streszczenie.** Omówiono czynniki warunkujące pracę kotła podczas uruchamiania i wiążące parametry (zmiennie niezależne) rozruchu. Wyznaczono strumień ciepła akumulowanego w parowniku i podgrzewaczu wody kotła oraz strumień pary rozruchowej. Określono przebieg nagrzewania węzownic przegrzewacza pary i warunki ich chłodzenia. Podano przykłady przebiegu uruchamiania kotła i wyznaczonych charakterystyk rozruchowych przegrzewaczy. Wykazano możliwość doboru technologii uruchamiania wynikającej z rozwiązań konstrukcyjnych spełniających zadane warunki uruchamiania.

### 1. WPROWADZENIE

Podczas uruchamiania kotła przebiegi procesów wewnątrzkotłowych uzależnione są od dodatkowych czynników, które w ruchu ustalonym nie występują lub nie odgrywają większej roli. Najważniejsze z nich to [1], [2]:

- zmiany temperatur wywołujące w grubościennych elementach dodatkowe naprężenia termiczne,
- zmiany w szerokich granicach parametrów czynnika roboczego i związane z tym zmiany stosunku ciepła parowania do ciepła przegrzania pary,
- akumulacja ciepła,
- zmiany proporcji w ilości przejmowanego ciepła przez poszczególne powierzchnie ogrzewalne.

Każdy element kotła pracującego w warunkach ustalonych posiada określoną temperaturę, wyższą od temperatury otoczenia, która jest miarą jego poziomu cieplnego. Znając tę temperaturę oraz masę elementu i wartość ciepła właściwego, można wyznaczyć ilość ciepła zakumulowanego w stosunku do temperatury odniesienia (otoczenia). Podczas stygnięcia kotła temperatury jego elementów obniżają się, co oznacza utratę ciepła akumulacji. Badania wykazały [1], że parametrem najlepiej opisującym stan cieplny kotła w czasie lub jego zmianę jest temperatura nasycenia lub jej zmiana ( $dt_n/d\tau$ ).

O zdolności akumulacyjnej kotła decydują:

- pojemność wodna,
- masa metalu parownika i podgrzewacza wody,
- masa izolacji kanałów spalinowych.

Ten ostatni czynnik, w przypadku kotłów o grubym obmurzu, powoduje konieczność odbioru pary z kotła po wyłączeniu z pracy paleniska w celu zabezpieczenia przed nadmiernym wzrostem ciśnienia.

Ciepło utracone podczas wyłączenia z ruchu kotła musi być dostarczone do układu podczas uruchamiania. Ogranicza to istotnie strumień pary produkowanej przez kocioł, niezbędnej do chłodzenia węzownic przegrzewacza i nagrzania elementów nieogrzewanych - grubościennych.

W artykule podano ilościowe zależności dla wyznaczania:

- strumienia ciepła akumulowanego,
- strumienia pary rozruchowej,
- przebiegu nagrzewania przegrzewacza i warunków jego chłodzenia,
- doboru bezpiecznych parametrów uruchamiania kotła.

## 2. WIODĄCE PARAMETRY (ZMIENNE NIEZALEŻNE) ROZRUCHU KOTŁA

Do pomyślnego opisu analitycznego procesów występujących podczas uruchamiania niezbędne jest określenie czynników mających wpływ na przebiegi temperatur, naprężeń, przepływów i wymianę ciepła. Można je podzielić na 3 grupy:

1) czynniki charakteryzujące konstrukcję kotła i parametry znamionowe ( $C_k$ ,  $Q^Z$ ),

2) czynniki związane ze sposobem wyłączania z ruchu i uruchamiania:

- a) szybkość rozruchu -  $dt_n(\tau)/d\tau$ ,
- b) współczynnik obciążenia kotła  $u_Q(\tau)$ ,
- c) stan cieplny kotła  $t_n(\tau)$ ,

3) czynniki wynikające ze stanu technicznego urządzeń.

(Przez pojęcie współczynnika obciążenia kotła  $u_Q(\tau) = Q^X(\tau)/Q^Z$  - rozumiemy stosunek ciepła doprowadzonego chwilowo do kotła w postaci paliwa i podgrzanego powietrza  $Q^X(\tau)$  do strumienia przy obciążeniu znamionowym  $Q^Z$ ;  $t_n$  - temperatura nasycenia).

Czynniki te można również rozpatrywać jako:

1) czynniki, na które można wpływać podczas uruchamiania, zadając im odpowiednie wartości w funkcji czasu (np. szybkość zmiany temperatury nasycenia),

2) czynniki, które występują w określonych warunkach i nie zależą od działania obsługi (np. nieszczelność kotła).

## 3. STRUMIENŃ CIEPŁA AKUMULOWANEGO

W ruchu ustalonym, dla  $t_n = \text{const}$ , strumienie ciepła przejętego przez parownik  $Q_o$  oraz podgrzewacz wody  $Q_e$  określają wydatek parownika  $D$  zgodnie z zależnością:

$$D(i'' - i_{w1}) = Q_o + Q_e \quad (1)$$

Podczas uruchamiania, na skutek zmiany (przyrostu) temperatur elementów kotła część ciepła przejętego przez parownik i podgrzewacz wody jest akumulowana. Można ją określić zależnością:

$$Q_{ak} = A_k(t_n) \cdot \frac{dt_n}{d\tau} \quad (2)$$

gdzie:  $A_k(t_n)$  - zdolność akumulacyjna kotła, zdefiniowana następująco:

$$A_k(t_j) = \sum_{j=1}^n (m_j \cdot c_j + V_j \cdot \rho_j \cdot \frac{dj}{dt_j}); \quad \text{kJ/K} \quad (3)$$

gdzie:

$m_j$  - masa metalu  $j$ -tego elementu,

$V_j$  - objętość wodna  $j$ -tego elementu.

Udział poszczególnych elementów kotła lub mas akumulacyjnych podano przykładowo na rys. 1 [1].

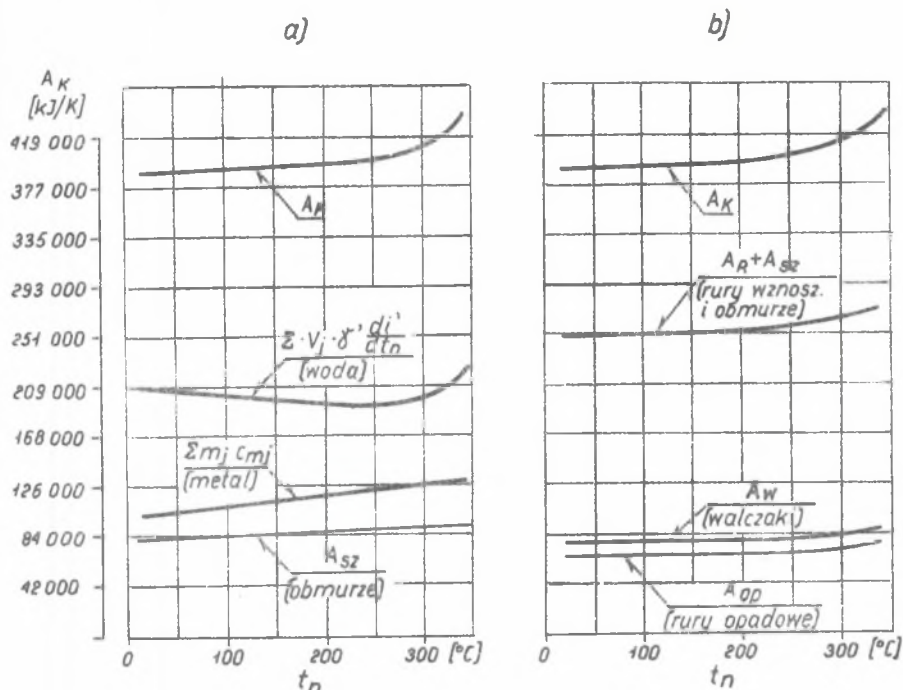
Uwzględniając akumulację ciepła kotła oraz oznaczając wielkości odnoszące się do rozruchu literą "r" u góry symbolu, zależność (1) przyjmuje postać:

$$D^r(i'' - i_{w1}^r) = Q_o^r + Q_e^r - A_k(t_n) \frac{dt_n}{d\tau} \quad (4)$$

Jeżeli szybkość rozruchu  $dt_n/d\tau$  ma wartość ujemną (podczas wyłączenia kotła z ruchu), strumień pary  $D^r$  wzrasta.

## 4. STRUMIENŃ PARY ROZRUCHOWEJ

Na rys. 2 pokazano schematy kotłów: BB-1150 oraz walczakowego z naturalnym obiegiem wody z zaznaczonymi strumieniami ciepła. Przyjmując wyznaczone w [1] strumienie ciepła przejętego podczas uruchamiania przez parownik ( $Q_o^r$ ) i podgrzewacz wody ( $u_Q Q_e^z$ ) z bilansu cieplnego i masowego



Rys. 1. Zdolność akumulacyjna  $A_K$  elementów parownika kotła walczakowego OP-230 w funkcji  $t_n$  [1]:

a) wg mas akumulacyjnych, b) wg elementów parownika

Fig. 1. Accumulation ability  $A_K$  for steamer elements OP-230 as a  $t_n$  function [1]

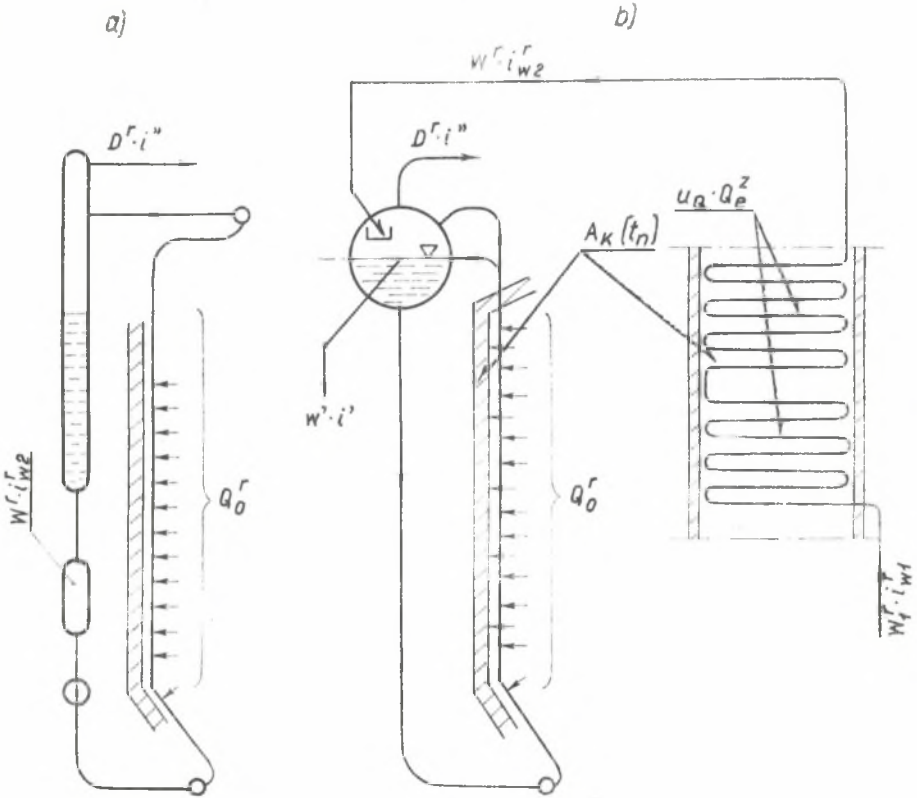
a) with respect to accumulation masses, b) with respect to steamer elements

parownika i podgrzewacza wody określono strumień pary rozruchowej kotła  $D^R$  dla quasi-stacyjnych przebiegów procesów ciepłno-przepływowych następująco:

$$D^R = \frac{1}{60(i_w^R - i_w^R)} \left[ Q_0^R + u_Q Q_0^Z + (V' i_{w1}^R \frac{d\varrho'}{dt_n} - A_K) \frac{dt_n}{d\tau} \right] \quad (5)$$

Poczynione założenia upraszczające:

- niezmienny poziom wody w walczaku (butli),
- stały udział przestrzeni zajętej przez wodę ( $V'$ ) i parę ( $V''$ ),
- $V' \gg V''$ ;  $\varrho' \gg \varrho''$ ,
- strumień ciepła przejętego przez podgrzewacz wody:  $Q_0^R = u_Q Q_0^Z$ .



Rys. 2. Schemat kotła

a) przepływowego Rafako-Sulzer (BB-1150); b) z naturalnym obiegiem wody

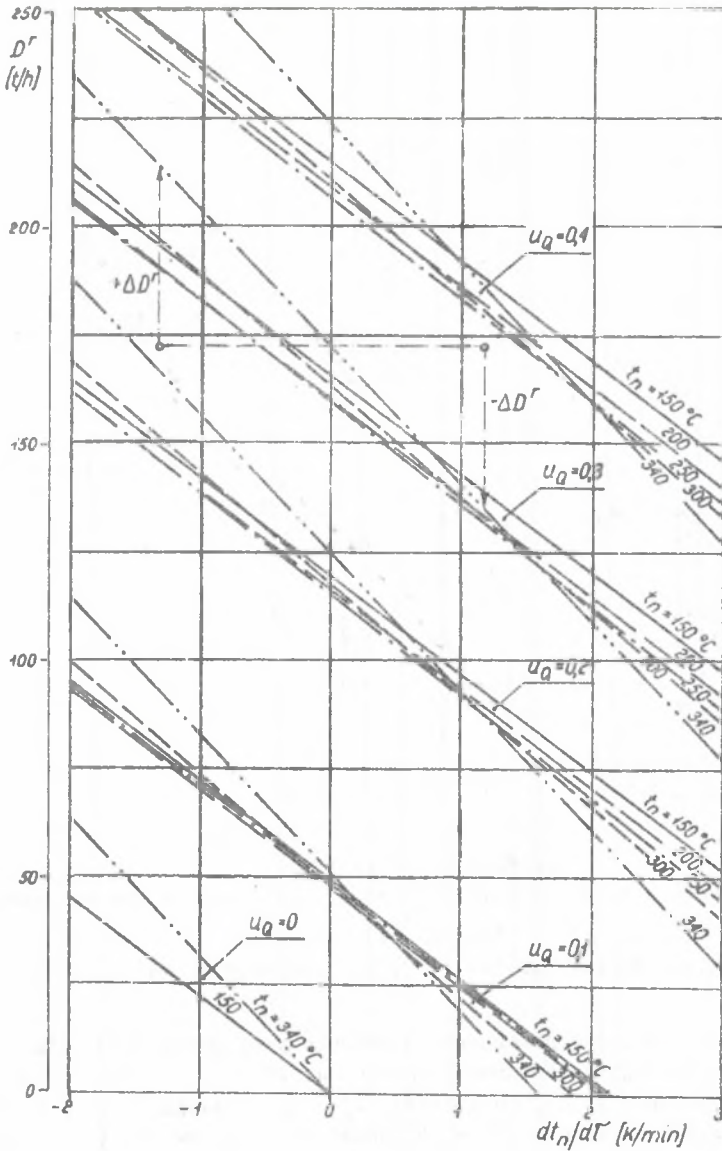
Fig. 2. Bed scheme

a) For Rafako Sulzer (BB-1150), b) for the natural water circulation

Na rys. 3 pokazano przebiegi strumienia pary rozruchowej dla kotła OP-650 k w funkcji parametrów rozruchu ( $dt_n/dz$ ,  $u_Q$ ,  $t_n$ ). Przy sporządzaniu wykresu przyjęto jako wartość  $A_k$  - tylko zdolność akumulacyjną parownika kotła. Podobnie  $V'$  - pojemność wodną parownika (bez podgrzewacza wody).

Graniczna szybkość rozruchu, tj. szybkość rozruchu przy zerowym wydatku pary rozruchowej (100% ciepła przejętego przez parownik i podgrzewacz jest akumulowane), wynosi:

$$\left(\frac{dt_n}{dz}\right)_{gr} = \left(\frac{dt_n}{dz}\right)_{D^r=0} = \frac{q_0^r + u_Q \cdot Q_P^z}{A_k - V' \cdot i_{w1}^r \frac{dq}{dt_n}} \quad (6)$$

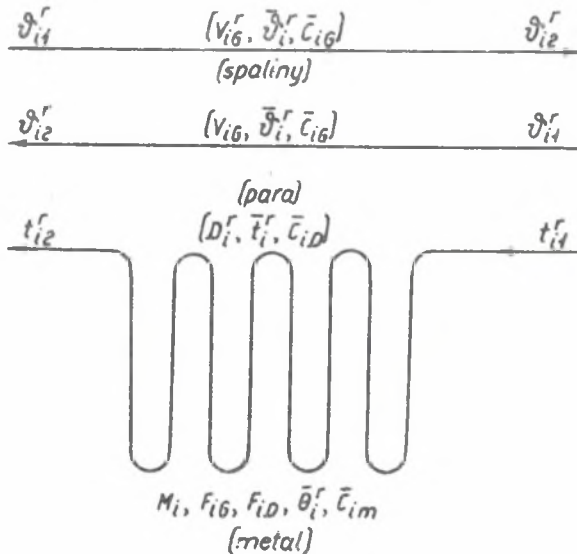


Rys. 3. Strumień pary rozruchowej kotła OP-650k w funkcji parametrów rozruchu ( $dt_n/d\tau$ ,  $u_Q$ ,  $t_n$ ).  $\pm D^r$  - zmiana strumienia w stosunku do wartości dla  $dt_n/d\tau = 0$ ;  $t_{w1}$  - temperatura wody zasilajacej

Fig. 3. A stream of starting steam for the boiler OP-650k as a function of transient parameters ( $dt_n/d\tau$ ,  $u_Q$ ,  $t_n$ ).  $\pm D^r$  - a change of the stream in relation to the value for  $dt_n/d\tau = 0$ ,  $t_{w1}$  - temperature of water supply

## 5. PRZEBIEG NAGRZEWANIA PRZEGRZEWACZA

Przez rozpatrywany  $i$ -ty stopień przegrzewacza o masie węzownic w strefie spalin  $M_i$ , kg, powierzchni ogrzewanej od strony spalin  $F_{iG}$ ,  $m^2$  i od strony pary  $F_{iD}$ ,  $m^2$ , przepływa  $D_i^r$ , kg/s, pary o temperaturze dolotowej  $t_{i1}^r$ , wylotowej  $t_{i2}^r$ ,  $^{\circ}C$  i o średnim dla stopnia ciepłe właściwym  $\bar{c}_{iD}$ , J/(kg K). Spaliny o strumieniu  $V_{iG}^r$ ,  $Nm^3/s$  i średnim ciepłe właściwym dla stopnia  $\bar{c}_{iG}$ , J/( $Nm^3/K$ ), mają temperaturę na dolocie  $v_{i1}^r$ , na wylocie  $v_{i2}^r$  (rys. 4). Średnie dla rozpatrywanego stopnia wartości temperatur: pary, spalin i ścianki węzownic wynoszą odpowiednio:  $t_i^r$ ,  $v_i^r$ ,  $\theta_i^r$ . Średnie dla stopnia wartości współczynników przejmowania ciepła wynoszą: od spalin do ścianki  $\alpha_{iG}^r$ , od ścianki do pary  $\alpha_{iD}^r$  W/( $m^2 K$ ). Średnia szybkość zmiany temperatury metalu wynosi  $d\theta_i^r/d\tau$ , K/min.



Rys. 4. Schemat przepływu spalin i pary w  $i$ -tym stopniu przegrzewacza.  
Opis w tekście

Fig. 4. A scheme of flue gas flow in the  $i$ -th level

## Założenia i uproszczenia:

- znane są wszystkie wielkości opisujące pracę przegrzewacza i warunki wymiany ciepła w ruchu ustalonym w zakresie wyższych obciążeń kotła (50-100%; przynajmniej dla obciążenia znamionowego),
- przebieg nagrzewania przegrzewacza rozpatruje się jako proces quasi-stacjonarny,

- przebieg uruchamiania kotła jest procesem długotrwałym, co umożliwia przynajmniej zgrubne wyregulowanie paleniska,
- każdą z ogrzewanych i nieogrzewanych części przegrzewacza rozpatruje się jako skupioną pojemność cieplną,
- nie uwzględniono zmiany masy pary w węzownikach przy zmianie jej ciśnienia i temperatury,
- pominięto stratę ciepła do otoczenia izolowanych elementów nieogrzewanych przegrzewacza,
- pominięto spadek temperatury na grubości ścianki węzownic.

Przy powyższych założeniach i uproszczeniach z równań bilansu cieplnego pary, spalin i metalu węzownic, z uwzględnieniem średniej arytmetycznej temperatury pary i spalin (małe stopnie) wyznaczono zależność [1]:

$$A_1 \frac{d\bar{\theta}_1^r}{d\tau} + B_1 \bar{\theta}_1^r = C_1 \quad (7)$$

gdzie:

$\bar{\theta}_1^r$  - średnia dla stopnia temperatura węzownic,

$A_1, B_1, C_1$  - funkcje ciągłe w przedziale  $(\tau_0, \tau_k)$ .

Rozwiązanie tego równania, przy założeniu dla dowolnego momentu rozruchu:

$$A_1 = \text{const}, \quad B_1 = \text{const}, \quad C_1 = \text{const}$$

$$\text{dla } \tau = \tau_0; \quad \bar{\theta}_1^r = \bar{\theta}_{10}^r$$

jest następujące:

$$\bar{\theta}_1^r = \frac{C_1}{B_1} + (\bar{\theta}_{10}^r - \frac{C_1}{B_1}) \exp \left[ - \frac{B_1}{A_1} (\tau - \tau_0) \right] \quad (8)$$

Górny kres tej funkcji, tj. maksymalna wartość średniej temperatury węzownic dla określonego etapu rozruchu, wynosi  $(d\bar{\theta}_1^r/d\tau = 0)$ :

$$\bar{\theta}_{1\text{max}}^r = \frac{C_1}{B_1} \quad (9)$$

gdzie:

$$C_1 = \frac{u_{1d}}{1+u_{1D}} t_{11}^r + \frac{1}{1+u_{1G}} \nu_{11}^r, \quad ^\circ\text{C}$$

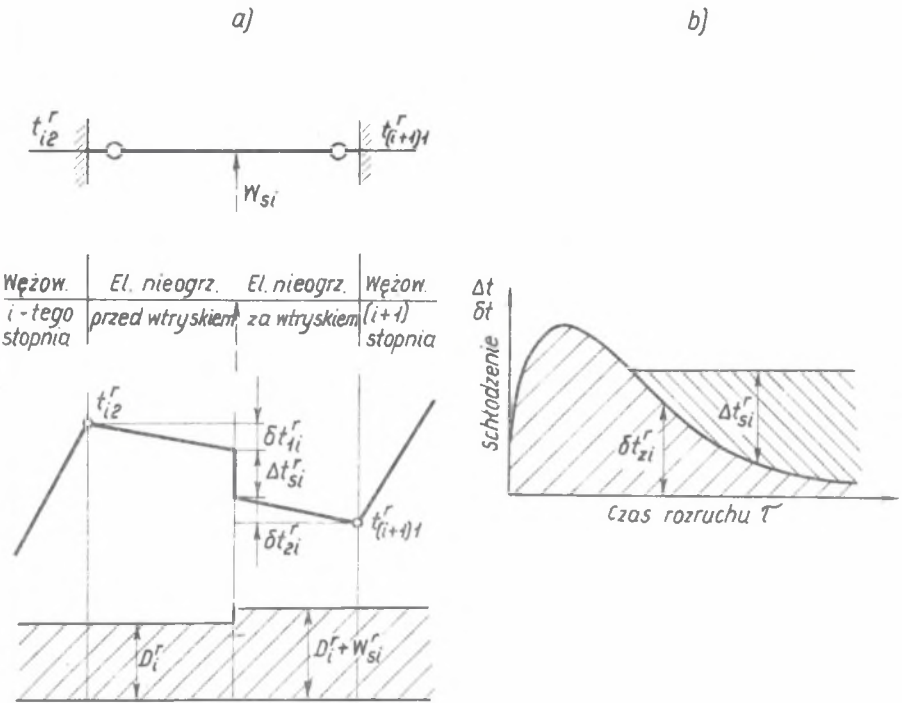


$$B_i = \frac{1}{1+u_{iG}} + \frac{u_i \alpha}{1+u_{iD}}, \quad (-)$$

$$u_{iD} = \frac{F_{iD} \alpha_{iD}^r}{2D_i^r \bar{C}_{iD}}; \quad u_{iG} = \frac{F_{iG} \alpha_{iG}^r}{2\psi V_{iG}^r \bar{C}_{iG}}; \quad u_i \alpha = \frac{F_{iD} \alpha_{iD}^r}{F_{iG} \alpha_{iG}^r}$$

0,98 <  $\psi$  < 1 - współczynnik.

Podobnie wyznacza się przebieg nagrzewania nieogrzewanych elementów kotła (z równań bilansu cieplnego pary i metalu [1]).  
 Powyższe pokazano schematycznie na rys. 5.



Rys. 5. a) Schemat nieogrzewanych elementów między stopniami przegrzewacza, b) przebieg schładzania pary przez nieogrzewane elementy ( $\delta t_{zi}^r$ ) i w wtryskowym schładzaczem pary ( $\Delta t_{Si}^r$ )

Fig. 5. a) A scheme of nonheated elements between overheater-levels, b) A transient of steam cooling by nonheated elements ( $\delta t_{zi}^r$ ) and in the injection steam cooler ( $\Delta t_{Si}^r$ )

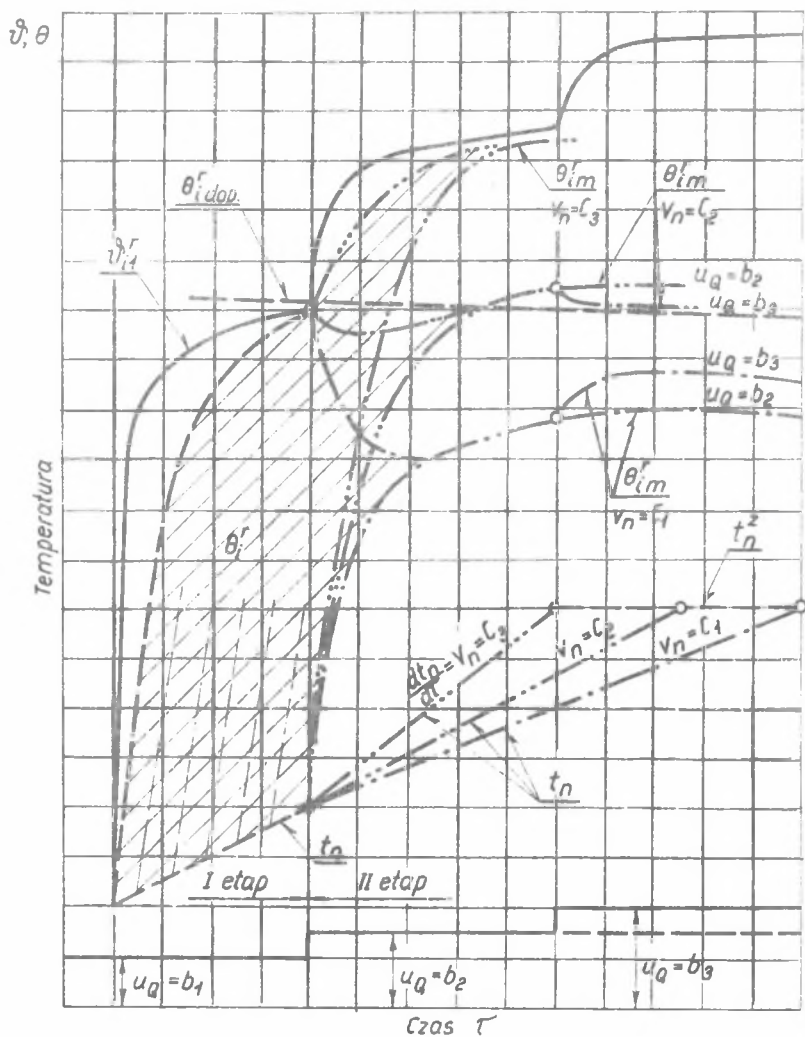
## 6. WARUNKI CHŁODZENIA PRZEGRZEWACZA PARY

Jak wynika z dotychczasowych rozważań, im większa będzie szybkość rozruchu ( $dt_n/dz$ ), tym większy będzie strumień ciepła akumulowanego, a więc tym mniejszy będzie strumień pary rozruchowej ( $D^r$ ) produkowanej przez kocioł.

Dla zadanego obciążenia cieplnego ( $u_Q$ ) i warunków spalania będzie określona temperatura gazów spalinowych w obrębie przegrzewacza pary. Dla mniejszych obciążeń kotła ( $u_Q \leq 0,2$ ) temperatura spalin przed przegrzewaczem (na dolocie do kanału przejściowego) z reguły nie przekracza wartości dopuszczalnych dla typowych stali stosowanych na węzownice przegrzewacza (15HM, 10H2M) i nie ma obawy o przegrzanie materiału nawet bez chłodzenia ich parą (rys. 6 etap I). Natomiast przy większych obciążeniach temperatura pracy węzownic jest utrzymywana na dopuszczalnym poziomie dzięki chłodzeniu ich parą. Chłodzenie to będzie tym większe, im mniejszy będzie strumień ciepła akumulowanego w kotle, a więc im mniejsza będzie szybkość rozruchu (wzór (4)). Ilustruje to rys. 6. Dla dużej szybkości rozruchu strumień pary przepływającej przez przegrzewacz jest mały i temperatura węzownic w strefie ogrzewanej zbliża się do temperatury spalin.

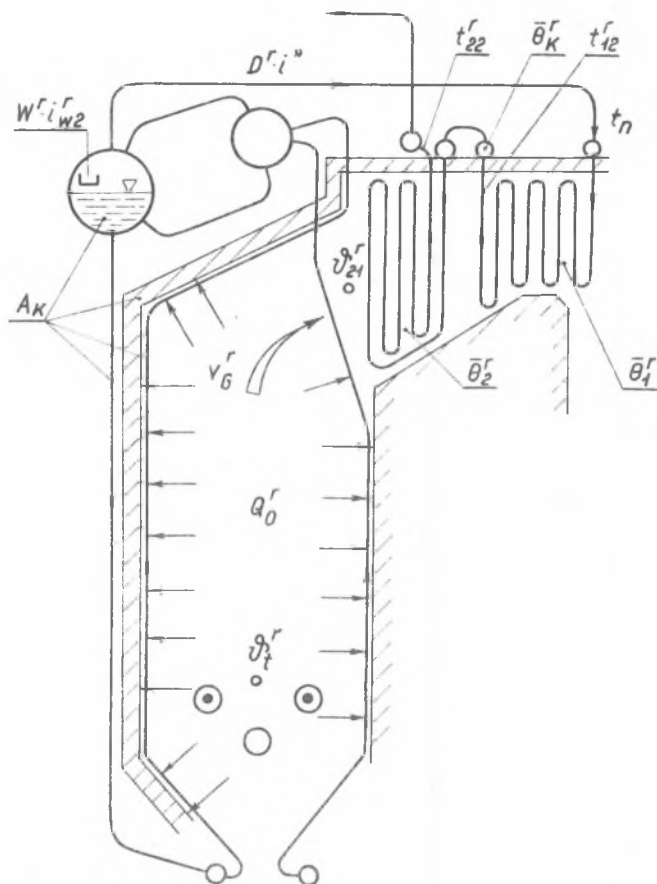
## 7. CHARAKTERYSTYKI ROZRUCHOWE STOPNI PRZEGRZEWACZY

Dla kotła jak na rys. 7 wyznaczono maksymalne wartości temperatur metalu węzownic w przestrzeni ogrzewanej w funkcji szybkości rozruchu i obciążenia cieplnego (dla  $t_n = 250^\circ\text{C}$ ). Ich przebieg pokazano na rys. 8. Przecięcie krzywych  $\theta_{im}^r$  z krzywymi  $\theta_{idop}^r$  wyznacza dopuszczalną szybkość rozruchu ( $dt_n/dz$ )<sub>dop</sub> dla zadanego  $u_Q$  (rys. 8a i b). Dla węzownic I stopnia (rys. 8a) wykonanych ze stali K18 ta szybkość wynosi około  $1,5^\circ\text{C}/\text{min}$ ; gdyby stopień wykonany był ze stali 15HM, dopuszczalna szybkość wynosiłaby  $2^\circ\text{C}/\text{min}$  i więcej (zależnie od  $u_Q$ ) - podobnie jak dla II stopnia (rys. 8b). Na rys. 8c i d pokazano przebiegi temperatur ścianek węzownic dla I i II stopnia w funkcji obciążenia cieplnego  $u_Q$  dla kilku zadanych szybkości rozruchu ( $0-3^\circ\text{C}/\text{min}$ ). Krzywa dla  $dt_n/dz = 0$  oznacza statyczną charakterystykę przegrzewacza. Jak widać z powyższego, można wyznaczyć rozruchowe charakterystyki przegrzewaczy i dobrać parametry rozruchu bezpieczne dla określonej konstrukcji. Można również zadać wymagane parametry rozruchu (technologie rozruchu), szukając rozwiązań konstrukcyjnych. Powyższe umożliwi również określenie rozwiązań konstrukcyjnych gwarantujących minimalne straty rozruchowe.



Rys. 6. Przebieg procesu nagrzewania węzownic podczas uruchamiania kotła:  
 $\vartheta_{i1}^r$  - temperatura spalin przed i-tym stopniem przegrzewacza,  $\theta_i^r$  - zakres zmienności temperatur metalu węzownic w przestrzeni ogrzewanej i-tego stopnia;  $\theta_{im}^r$  - maksymalna temperatura węzownic dla danej szybkości rozruchu ( $v_n$ ) i obciążenia cieplnego ( $u_Q$ ),  $\theta_{i dop}^r$  - dopuszczalna temperatura metalu i-tego stopnia

Fig. 6. A transient of tube heating during bed starting



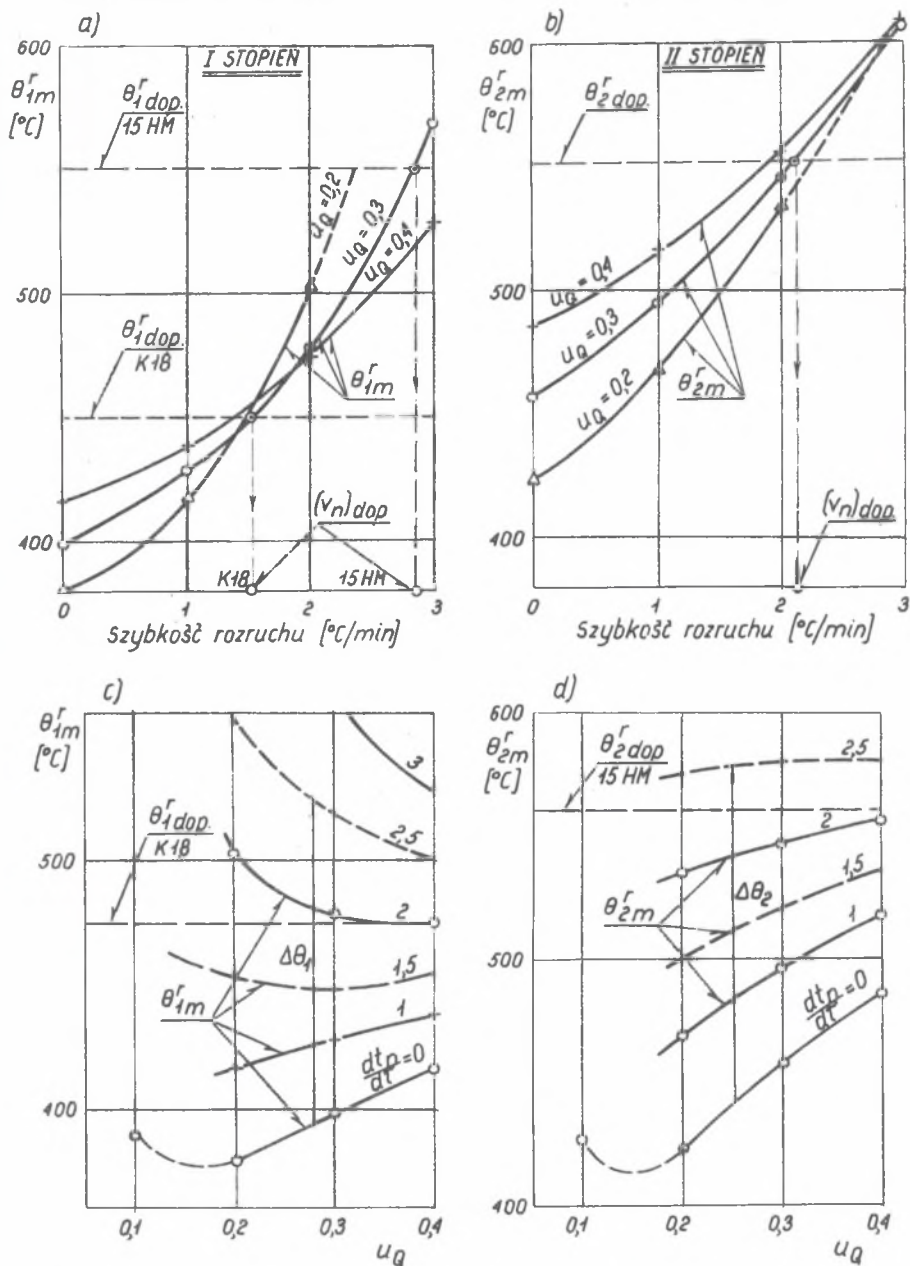
Rys. 7. Schemat obliczeniowy analizowanego kotła (OP-230)

Fig. 7. Computational scheme of the analyzed bed (OP-230)

#### 8. WPŁYW AKUMULACJI CIEPŁA W PRZEGRZEWACZU NA WARUNKI PRACY WĘŻOWNIC

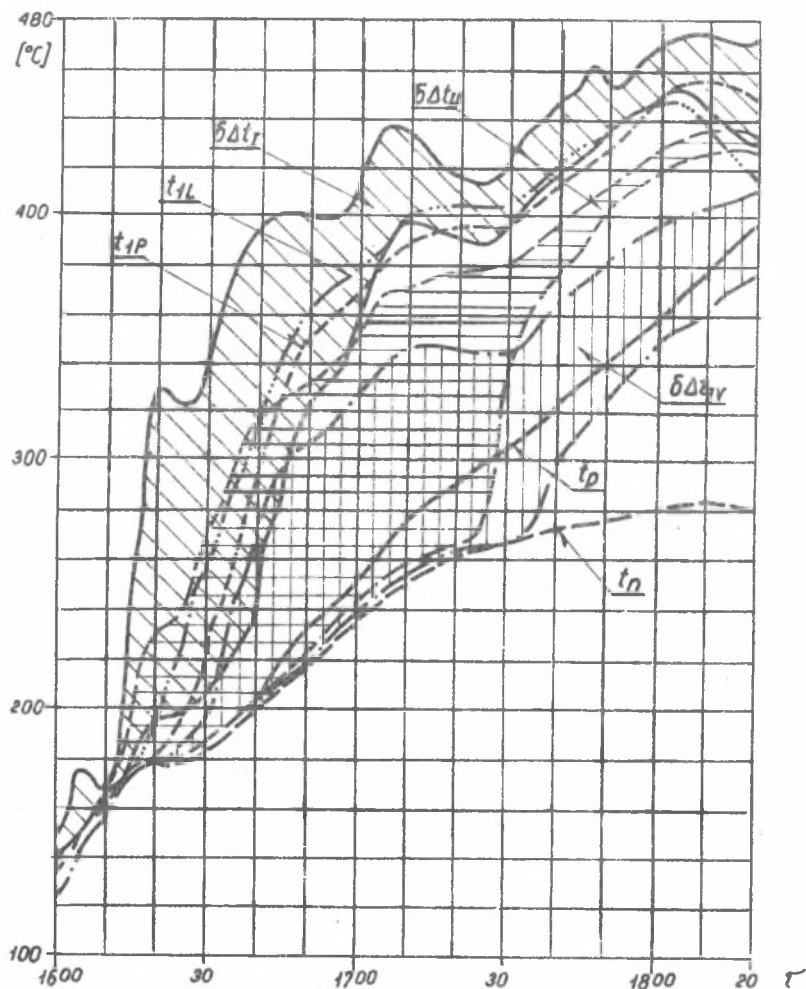
Dotychczasowe rozważania dotyczyły przypadków różnicowania strumienia pary rozruchowej wynikającego z odpowiedniej akumulacji ciepła w parowniku i podgrzewaczu wody.

Z praktyki wiadomo, że przebieg temperatur wężownic jest uzależniony również od akumulacji ciepła w ogrzewanych (wężownice) i nieogrzewanych (komory, rurociągi łączące) elementach przegrzewacza. Przykładem jest przebieg pokazany na rys. 9.



Rys. 8. Wyznaczenie dopuszczalnej szybkości rozruchu lub obciążenia cieplnego ze względu na bezpieczeństwo pracy węzłowny stopni przegrzewacza kotła OP-230 (rys. 7)

Fig. 8. Assigning of the admissible speed of starting or loading with respect to the safe behaviour of heater tubes in the bed OP-230



Rys. 9. Przebieg temperatur pary w przegrzewaczu kotła OP-380b podczas uruchamiania z małym odbiorem pary

$t_{1L}$ ,  $t_{1P}$  - temperatura pary ze stopniem konwekcyjnym (o stosunkowo małej masie stali);  $t_p$  - temperatura pary za kotłem (za grodziowymi stopniami o dużej masie stali),  $\delta\Delta t_{I-IV}$  - rozrzuty temperatur za poszczególnymi stopniami

Fig. 9. Steam temperature transient in the overheater OP-380b during starting with a small steam receive

Rozruch przebiega szczególnie interesująco w przypadku kotła z rozbudowanym przegrzewaczem. Przykładem jest kocioł OP-380b. Wylotowe - grodziowe stopnie przegrzewacza tego kotła, o dużej masie elementów nieogrzewanych schładzają znacznie parę przegrzaną wcześniej w stopniu konwekcyjnym (I-szym) o stosunkowo małej masie w stosunku do powierzchni ogrzewalnej. Przy niskiej temperaturze spalin - stopnie grodziowe przejmują mało ciepła - mniej niż akumulują. Z wielu badań wynika, że temperatura pary za stopniami konwekcyjnymi (o małej stosunkowo masie, niska temperatura pary, małe grubości ścianek) w pierwszym okresie uruchamiania szybko wzrasta, co również wynika ze stosunkowo intensywnej wymiany ciepła. Przykład wskazuje, że masa metalu przegrzewacza działa podobnie jak schładzacz pary (rys. 5b).

## 9. PODSUMOWANIE

Akumulacja ciepła w elementach kotła podczas uruchamiania odgrywa dużą rolę w przebiegu procesów wewnętrznych. Jej wpływ jest zwłaszcza silny na warunki pracy przegrzewaczy pary.

Z jednej strony podczas nagrzewania (wzrostu  $t_n$ ) ogranicza przepływ pary przez przegrzewacz pogarszając warunki jego chłodzenia, z drugiej zaś skutecznie zabezpiecza elementy przed nagłymi wzrostami temperatur do wartości niebezpiecznych. Zawsze jednak po upływie określonego czasu należy się liczyć z możliwościami przekroczenia wartości temperatur węzownic przyjętych jako dopuszczalne.

Przy ograniczonych przepływach masowych pary podczas uruchamiania zmieniają się niekorzystnie własności regulacyjne przegrzewaczy pary. W związku z tym technologia uruchamiania powinna przewidywać maksymalne ograniczenie schładzania pary wtryskiem jako zabiegu powodującego znaczne wahania temperatur.

Postulat stosowania dysz wtryskowych o ograniczonej przepustowości [1] eliminuje częściowo tę niedogodność, nie wpływa jednak na zmianę własności regulacyjnych przegrzewacza.

Omawiane zagadnienia nieustalonych warunków pracy kotła rozwiązano, przyjmując przebiegi temperatur jako quasi-statyczne, tj. z ustalonymi szybkościami zmian. Powyższe jest słuszne tylko w przypadku przebiegów długotrwałych, za jakie uznano procesy rozruchowe.

## LITERATURA

- 1 Cwynar L.: Rozruch kotłów parowych. WNT, Warszawa 1978, 1981, 1989.
- 2 Cwynar L., Krupa M., Wojnar W.: Analiza pracy kotła przy obniżonych parametrach pary. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Energetyka z. 104, 1988.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Wiśniewski

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ АККУМУЛЯЦИИ ВО ВРЕМЯ ЗАПУСКА КОТЛА  
НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ ПАРА

Р е з ю м е

Рассмотрены факторы влияющие на работу котла во время запуска и ведущие параметры независимые переменные пуска. Определены: тепловой поток аккумуляированный в испарителе и подогревателе воды и струя пускового пара. Также определены ход процесса нагрева змеевиков перегревателя и условия их охлаждения. Приведены примеры хода запуска котла и пусковых характеристик перегревателей. Подтверждено возможность подбора технологии пуска, которая следует из конструкционных решений элементов котла или подбора конструкционных решений выполняющих данные условия пуска.

AN EFFECT OF HEAT ACCUMULATION ON THE SAFE BEHAVIOUR OF THE STEAM  
OVERHEATER DURING BOILER TRANSIENT STATES

S u m m a r y

Factors conditioning the transient behaviour of the boiler and its parameters (independent variables) are presented. A stream of the accumulated heat in the steamer and the water heater has been found. Time runs of the heating in the overheater tubes are presented as well as conditions of their cooling. Some examples of the starting processes for the boilers and the characteristics for the transients of the overheaters are given. A choice of technology of starting processes resulting from construction solutions has been indicated.