ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1966
Seria: ENERGETYKA z. 21 Nr kol. 156

WITOLD OKOŁO-KUŁAK
Katedra Teorii Maszyn Cieplnych

PRZEPŁYW ENERGII PROMIENISTEJ W GENERATORZE KWZ

Streszczenie. Nowy typ generatora opartego w głównej mierze na przepływie energii promienistej stawia przed konstruktorem szereg problemów, które należy rozwiązać. W artykule podano sposób obliczenia temperatury osłony zewnętrznej przy założeniu, że jest ona doskonale zaizolowana (adiatermiczna). Ponadto podano metodę obliczania strumienia energii promienistej dopływającej do katalizatora. Interesujące wnioski dotyczące wpływu właściwości powierzchni adiatermicznej w rozpatrywanym układzie oraz metodę obliczenia wielkości strumieni energii wyjaśniono na przykładach liczbowych.

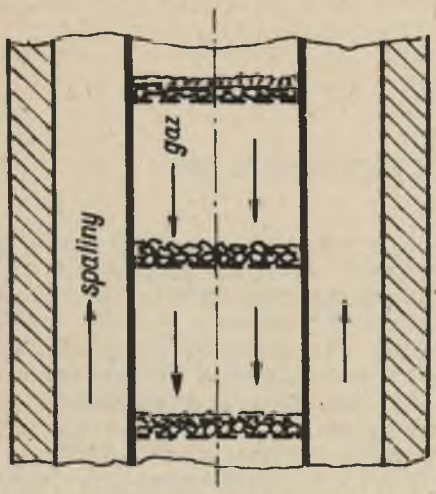
1. Wprowadzenie

Projekt generatora KWZ (skrót oznacza pierwsze litery nazwisk głównych twórców projektu) powstał w końcu okresu międzywojennego z inicjatywy grupy Naukowców Politechniki Lwowskiej z prof. dr Romanem Witkiewiczem na czele. Duże zasługi przy projektowaniu prototypu położyli również prof. dr Z. Ziółkowski, dr S. Kaczmarz, inż Z. Hankiewicz, inż. L. Petri, inż. A. Bielerzewski, mgr E. Negruszowa, mgr A. Chmielewski.

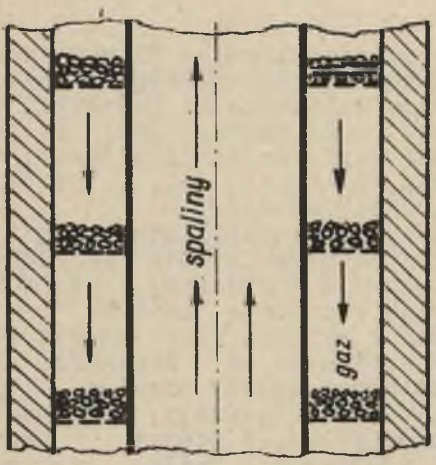
Myślą przewodnią wykonawców było wykorzystanie energii promienistej w celu intensyfikacji przepływu ciepła potrzebnego do przeprowadzenia określonej reakcji chemicznej, np. konwersji metanu w gaz wodny. Pierwotną koncepcją twórców projektu było umieszczenie półek sitowych z warstwą katalizatora (rys 1) w szerokiej rurze ogrzewanej spalinami od zewnątrz. Takie rozwiązanie przedstawia o wiele wygodniejszy problem jeśli chodzi o obliczenie tzw. stosunków konfiguracji, przedstawia bowiem dobrze znany w literaturze układ, w którym przepływ ciepła zachodzi od wewnętrznej powierzchni walca prostego do jego obu podstaw. W tym przypadku określenia stosunków konfiguracji jest łatwe i może być przeprowadzone przy użyciu metody POLJAKa (metoda napiętej nitki) [1] rozszerzonej przez J. Surinowa [3] w odniesieniu do układów obrotowych.

W trakcie dalszego opracowywania konstrukcji generatora wyjaśniło się jednak, że znacznie korzystniejsze warunki otrzymuje się przy innym rozwiązaniu, polegającym na ogrzewaniu katalizatora za pomocą zewnętrznej powierzchni walcowej (rys. 2), wewnątrz której przepływają spaliny. System taki jest racjo-

nalny, prowadzi bowiem do bardziej zwartej konstrukcji i redukuje znacznie straty na rzecz otoczenia. W tym przypadku jednak, jak to wykazał doc. dr Kaczmarz, obliczenie stosunków konfiguracji nie jest możliwe przy bezpośrednich rachunkach, bowiem rozwiązanie całki poczwórnej określającej wspomniane wielkości jest możliwe jedynie w trzech całkowaniach. Zmusza to do użycia innych metod i komplikuje niezmiernie metody obliczeniowe. Możliwe jest np. zastosowanie metody wykreślnej przy obliczaniu wartości ostatecznej całki poczwórnej, co zostało przeprowadzone w r. 1939 przez A. Armatysa i J. Serokę. W dobie obecnej rozwiązanie takie nie nastręcza żadnych trudności przy użyciu szybkoliczących maszyn cyfrowych. Z tego właśnie powodu zagadnienie kluczowe problemu generatora KWZ przesuwa się w innym kierunku, przede wszystkim w kierunku ustalenia bilansu przepływu energii promienistej w komorze generatora.



Rys. 1. Układ półek sitowych ogrzewanych od zewnątrz



Rys. 2. Układ półek sitowych ogrzewanych od wewnątrz

Komora generatora ma kształt pierścienia powstałego przez obrót prostokąta dookoła osi, równoległej do jednego z boków. Z punktu widzenia geometrii jest to zatem układ zamknięty, złożony z czterech powierzchni, z których dwie są płaskimi pierścieniami, a pozostałe powierzchniami cylindrycznymi. Ponieważ powierzchnie płaskie mają jednakową temperaturę - układ taki można traktować jako trójpowierzchniowy, bowiem obie powierzchnie płaskie uważamy za jedną. Ze względu na to, że stosunek konfiguracji jednej powierzchni płaskiej względem drugiej jest różny od zera -

będzie to układ złożony z dwu powierzchni wklęsłych (walec o większym promieniu i obie powierzchnie płaskich pierścieni) i jednej wypukłej (walec o mniejszym promieniu). Zgodnie z tezą SURINOWa każdą powierzchnię wklęsłą można zastąpić przez płaską o odpowiednio zmodyfikowanych właściwościach. Np. zdolność absorpcji a' po zastąpieniu powierzchni wklęsłej przez płaską ujmuje wzór

$$a' = \frac{a}{1 - \varphi_{A-A} R}$$

gdzie:

a - zdolność absorpcji powierzchni wklęsłej,

φ_{A-A} - stosunek konfiguracji powierzchni wklęsłej,

R - zdolność refleksji powierzchni wklęsłej.

Również i wielkość pola przy transformacji powierzchni ulega zmianie. W przypadku gdy powierzchnia wklęsła da się zamknąć szczelnie za pomocą płaszczyzny, można zastosować następujący wzór:

$$A' = A (1 - \varphi_{A-A})$$

gdzie:

A - pole powierzchni wklęsłej,

A - pole płaszczyzny zamykającej.

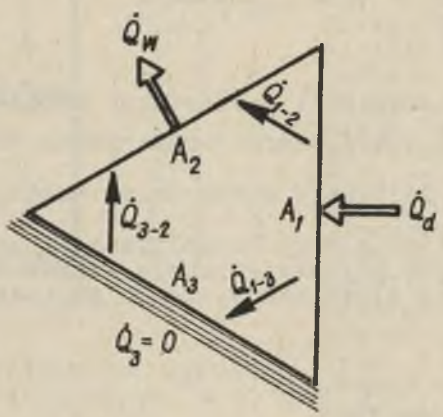
Wzór powyższy łatwo udowodnić dla przypadku np. czaszy kulistej oraz walca. W ogólniejszym przypadku należałoby zastosować jedną z metod operacyjnych, np. metodę jasności. Stanowi to jednak odrębne zagadnienie, które wymagałoby osobnego opracowania. Po przeprowadzeniu dwukrotnie takich operacji "spłaszczenia" obu powierzchni wklęsłych będziemy mieli do czynienia z zamkniętym układem trójpowierzchniowym, który można schematycznie przedstawić jak na rys. 3. W układzie tym powierzchnia A_1 jest źródłem (nadajnikiem) energii promienistej, powierzchnia A_2 - odbiornikiem natomiast adiatermiczna powierzchnia A_3 nie jest ani źródłem ani odbiornikiem, odgrywa ona jedynie rolę niedoskonałego zwierciadła.

Nasuwają się dwa pytania:

1. Czy można przyjmować temperaturę powierzchni adiatermicznej dowolnie, czy też jest ona dokładnie określona?

2. Jaki wpływ na bilans energii promienistej mają właściwości fizyczne powierzchni A_3, tzn. jaką rolę odgrywają zdolności absorpcji A_3 i refleksji R_3 powierzchni adiatermicznej?

Te dwa zagadnienia będą przedmiotem rozważań w niniejszej pracy.



Rys. 3. Schemat rozpływu energii promienistej po transformacji układu

2. Temperatura powierzchni adiatermicznej

W celu określenia temperatury powierzchni adiatermicznej należy początkowo ustalić bilans energetyczny tej powierzchni. Bilans ten ustalamy przy następujących założeniach upraszczających.

1. Układ jest złożony wyłącznie z powierzchni doskonale szarych, tzn. takich, które emitują i odbijają energię promienistą zgodnie z prawem Lamberta.

2. Temperatury wszystkich powierzchni są wyrównane, tj. mamy do czynienia z powierzchniami izotermicznymi.

3. Układ znajduje się w stanie ustalonym.

Niezbędne jest ustalenie pewnych pojęć podstawowych, używanych w przypadku układu trójpowierzchniowego [2]. Są to następujące:

a) Stosunek wymiany energii promienistej $\mathcal{E}_{1-k}$ dla układu trójpowierzchniowego. Wielkość ta jest określona wzorem

$$\mathcal{E}_{1-k} = \varepsilon_1 \, \varepsilon_k \, \psi_{1-k} \frac{1}{D_n} \tag{2.1}$$

gdzie:

ε_i - zdolność emisji powierzchni A_i,

ε_k - zdolność emisji powierzchni A_k,

ψ_{i-k} - rozszerzony stosunek konfiguracji pomiędzy powierzchniami A_i oraz A_k. Wielkość ta oprócz zwykłego stosunku konfiguracji φ_{i-k} uwzględnia wpływ powierzchni trzeciej, która odgrywa rolę niedoskonałego lustra,

D_n - wielkość uwzględniająca wielokrotne odbicie w układzie trójpowierzchniowym.

Oba ostatnie pojęcia są określone za pomocą wzorów

$$\psi_{i-k} = \varphi_{i-k} + \varphi_{i-n} R_n \varphi_{n-k} \tag{2.2}$$

$$D_n = 1 - R_1 R_2 R_3 \left(\frac{\varphi_{1-2}\varphi_{2-1}}{R_3} + \frac{\varphi_{1-3}\varphi_{3-1}}{R_2} + \frac{\varphi_{2-3}\varphi_{3-2}}{R_1} + 2\varphi_c\right) \tag{2.3}$$

gdzie

$$\varphi_c = \varphi_{1-2}\varphi_{2-3}\varphi_{3-1} \tag{2.4}$$

Stosunek wymiany energii promienistej ε_{i-k} jest niezbędny do obliczenia przepływu energii promienistej pomiędzy powierzchniami A_i oraz A_k. Strumień tej energii jest określony wzorem

$$\dot{Q}_{i-k} = A_i \varepsilon_{i-k} C_o (B_i - B_k) \tag{2.5}$$

gdzie B_i, B_k są skrótami mającymi następujące znaczenie

$$B_i = \left(\frac{T_i}{100}\right)^4 \qquad B_k = \left(\frac{T_k}{100}\right)^4 \tag{2.6}$$

natomiast C_o jest stałą promieniowania ciała doskonale czarnego.

Bilans energii promienistej w odniesieniu do powierzchni adiatermicznej ma następującą postać

$$\dot{Q}_{1-3} = \dot{Q}_{3-2} \tag{2.7}$$

Należy to rozumieć w ten sposób, że powierzchnia adiatermiczna A_3 całą otrzymaną z powierzchni A_1 energię promienistą oddaje do powierzchni A_2. Po uwzględnieniu zależności 2.5) bilans ten przyjmuje postać

$$A_1 \varepsilon_{1-3} C_0)B_1 - B_3) = A_3 \varepsilon_{3-2} C_0(B_3 - B_2) \tag{2.8}$$

Po wykorzystaniu równania (2.1) otrzymujemy

$$B_3 = \frac{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} B_1 + A_2 \varepsilon_2 \psi_{3-2} B_2}{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} + A_3 \varepsilon_2 \psi_{3-2}} \tag{2.9}$$

Jak łatwo się zorientować B_3, a więc i T_3 nie są zależne od ε_3 oraz tym samym od R_3, bowiem zgodnie z równaniem 2.2 wielkości te nie występują w równaniu (2.9). Oznacza to, że temperatura powierzchni adiatermicznej nie może być dobierana dowolnie. Jest ona ściśle określona za pomocą równania (2.9), które wynika z bilansu energetycznego. Wynik ten stanowi odpowiedź na pierwsze pytanie postawione na wstępie, w podrozdziale 1.

Przed przystąpieniem do określenia przepływu energii promienistej pomiędzy powierzchniami A_1 i A_2 należy początkowo ustalić pewne zależności wynikające z zasady wzajemności w odniesieniu do trzech powierzchni tworzących układ zamknięty.

3. Rozszerzona zasada wzajemności

Zasada wzajemności w odniesieniu do dwu powierzchni ma następującą postać

$$A_1 \varphi_{1-k} = A_k \varphi_{k-1} \quad \text{lub} \quad \frac{A_1}{A_k} = \frac{\varphi_{k-1}}{\varphi_{1-k}} . \tag{3.1}$$

w układzie trójpowierzchniowym wchodzę w grę rozszerzone stosunki konfiguracji, np. ψ_{1-3} i ψ_{3-1}. Zachodzi pytanie, czy czasem zasada wzajemności nie dotyczy również i tych wielkości, tzn.

$$A_2 \psi_{2-3} = A_3 \psi_{3-2} \tag{3.2}$$

Istotnie po wykorzystaniu zależności (2.2) otrzymamy

$$A_2 \varphi_{2-3} + A_2 \varphi_{2-1} R_1 \varphi_{1-3} = A_3 \varphi_{3-2} + A_3 \varphi_{3-1} R_1 \varphi_{1-2} \qquad (3.3)$$

Po trzykrotnym wykorzystaniu zasady wzajemności (3.1) otrzymamy

$$A_2 \varphi_{2-3} = A_3 \varphi_{3-2}; \quad A_2 \varphi_{2-1} = A_1 \varphi_{1-2}; \quad A_3 \varphi_{3-1} = A_1 \varphi_{1-3}$$

co po wstawieniu w równanie (3.3) i uproszczeniu prowadzi do tożsamości

$$A_1 \varphi_{1-2} \varphi_{1-3} = A_1 \varphi_{1-3} \varphi_{2-1}$$

Oznacza to, że zależność (3.2) jest prawdziwa. Zależność tę można podać w ogólniejszej formie

$$A_1 \psi_{1-k} = A_k \psi_{k-1} \qquad (3.4)$$

Po wstawieniu równania (3.2) w równanie (2.9) otrzymuje się dalszy wzór przydatny do obliczenia B_3 i tym samym temperatury T_3

$$B_3 = \frac{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} B_1 + A_2 \varepsilon_2 \psi_{2-3} B_2}{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} + A_2 \varepsilon_2 \psi_{2-3}} \qquad (3.5)$$

W dalszym ciągu można wykazać słuszność następującej równości w przypadku układu trójpowierzchniowego

$$\varphi_{1-2} \varphi_{2-3} \varphi_{3-1} = \varphi_{1-3} \varphi_{3-2} \varphi_{2-1} = \varphi_C \qquad (3.6)$$

Istotnie po trzykrotnym zastosowaniu zasady wzajemności zgodnie z równaniami (3.1) lewa strona równości (3.6) przyjmie formę

$$\frac{A_2}{A_1} \varphi_{2-1} \frac{A_3}{A_2} \varphi_{3-2} \frac{A_1}{A_3} \varphi_{1-3} = \varphi_{1-3} \varphi_{2-1} \varphi_{3-2}$$

W dalszym ciągu będzie potrzebna jeszcze jedna wielkość zdefiniowana zależnością

$$\beta = \frac{B_3 - B_2}{B_1 - B_2} \tag{3.7}$$

Wielkość ta może być wyznaczona przy użyciu równania (3.5). Po uproszczeniu i uporządkowaniu otrzymamy

$$\beta = \frac{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3}}{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} + A_2 \varepsilon_2 \psi_{2-3}} \tag{3.8}$$

Po wprowadzeniu oznaczenia

$$\Delta B = B_1 - B_2 \tag{3.9}$$

i wykorzystaniu równania (3.7) otrzymamy

$$B_3 - B_2 = \beta \Delta B \tag{3.10}$$

Wyprowadzone powyżej zależności będą potrzebne w dalszym ciągu do określenia przepływu energii promienistej w komorze generatora.

4. Przepływ energii promienistej w komorze generatora

Odbiornikiem energii promienistej jest powierzchnia A_2, do której ciepło dopływa z powierzchni A_1 jako "nadajnika" energii oraz z powierzchni A_3 jako "pośrednika". W układzie zamkniętym, tzn. takim, w którym straty promieniowania przez rozproszenie poza układ nie mają miejsca, obie te składowe można określić za pomocą wzorów

$$\dot{Q}_{1-2} = A_1 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \psi_{1-2} \Delta B \frac{C_o}{D_n} \tag{4.1}$$

$$Q_{3-2} = A_2 (1 - R_3) \varepsilon_2 \psi_{2-3} \beta \Delta B \frac{C_o}{D_n} \tag{4.2}$$

Poprzednio zostało wykazane, że temperatura powierzchni A_3 nie zależy od jej właściwości radiacyjnych, tj. nie jest funkcją ε_3 i R_3. Zachodzi podejrzenie, czy czasem również i suma obu strumieni, określonych zależnościami (4.1) i (4.2) nie jest czasem niezależna od tych samych właściwości powierzchni

A_3. We wspomnianych równaniach mamy szereg wyrażeń będących funkcjami ε_3 lub R_3 a mianowicie:

$$\psi_{1-2}, \quad 1 - R_3, \quad D_n$$

Pozostałe wielkości są od tych parametrów niezależne. Jeżeliby udało się wykazać, że po sprowadzeniu $\dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{3-2}$ do wyrażenia

$$\dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{3-2} = \frac{A' - B' R_3}{C - D R_3} \tag{4.3}$$

w którym wielkości A', B', C i D są niezależne od ε_3 i R_3, zachodzi zależność

$$A'D = B'C \tag{4.4}$$

to wówczas, jak łatwo sprawdzić prostym rachunkiem, suma $\dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{3-2}$ przestaje być funkcją ε_3 lub R_3.

Wykazanie prawdziwości równania (4.4) jest bardzo żmudne i czasochłonne, dlatego podajemy tylko tok postępowania. W celu skrócenia bardzo długiego zapisu, zastosujemy następujące skróty

$$\gamma = \frac{A_1 \psi_{2-3} \psi_{1-3}}{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} + A_2 \varepsilon_2 \varphi_{2-3}} \tag{4.5}$$

$$C_1 = R_1 \varphi_{1-3} \varphi_{3-1} + R_2 \varphi_{2-3} \varphi_{3-2} + 2 R_1 R_2 \varphi_C \tag{4.6}$$

$$C_2 = 1 - R_1 R_2 \varphi_{1-2} \varphi_{2-3} \tag{4.7}$$

Po wykorzystaniu równań od (4.1) kolejno do (4.7) iloczyn krzyżowy $A'D = B'C$ da się przedstawić w następującej formie.

$$(\gamma + \varphi_{2-1}) C_1 = (\gamma - \varphi_{2-3} \varphi_{3-1}) C_2$$

lub

$$\gamma = \frac{C_1 \varphi_{2-1} + C_2 \varphi_{2-3} \varphi_{3-1}}{C_2 - C_1} \tag{4.8}$$

Z drugiej jednak strony wyrażenie γ da się ściśle zdefiniować po wykorzystaniu równań (3.8) i (4.5).

Stąd wynika wniosek, że jeżeli wartość γ wyznaczona z iloczynu krzyżowego (4.4) pokrywa się, tzn. jest identyczna z wartością wynikającą z definicji (4.9), to wówczas równanie (4.4) jest słuszne.

$$\gamma = \frac{A_1 \psi_{1-3} \psi_{2-3}}{A_1 \varepsilon_1 \psi_{1-3} + A_2 \varepsilon_2 \psi_{2-3}} \tag{4.9}$$

Inaczej mówiąc, gdyby udało się zidentyfikować równanie (4.8) i (4.9), to zostałoby udowodnione, że przepływ energii promienistej pomiędzy powierzchniami A_1 i A_2 nie zależy od właściwości radiacyjnych powierzchni A_3, tzn. nie jest funkcją ε_3, R_3.

W obu wspomnianych równaniach mamy do czynienia z czterema rodzajami wielkości. Są to a) wyrazy wolne, b) wyrazy zawierające R_1, c) wyrazy zawierające R_2 i wreszcie d) wyrazy zawierające iloczyn $R_1 \cdot R_2$. Wielkości te ujmuje zestawienie, z którego wynika, że odpowiadające sobie wyrażenia w liczniku i mianowniku równań (4.8) i (4.9) są identyczne. Oznacza to, że przepływ ciepła pomiędzy powierzchniami A_1 i A_2 jest całkowicie niezależny od właściwości powierzchni A_3 ujętych wielkością R_3.

Wielkość przepływu energii promienistej przepływającej pomiędzy powierzchniami A_1 i A_2 nie ulegnie zmianie, jeżeli zgodnie z tym co wykazano poprzednio, położymy $R_3 = 1$. Wówczas, jak to wynika z równania (4.2), składowa Q_{2-3}, tj. emisja własna powierzchni A_3 staje się równa zeru. W tym przypadku przepływ jest określony jednym tylko równaniem (4.1), w którym należy przyjąć

$$\psi_{1-2} = \varphi_{1-2} + \varphi_{1-3} \varphi_{3-2} \tag{4.10}$$

oraz

$$D_n = 1 - R_1 R_2 (\varphi_{1-2} \varphi_{2-1} + \frac{\varphi_{2-3} \varphi_{3-2}}{R_1} + \frac{\varphi_{1-3} \varphi_{3-2}}{R_2} + 2\varphi_C \tag{4.11}$$

5. Przykład

Po transformacji zgodnie z metodą zalecaną przez SURINOWa komora reakcyjna generatora KWZ ma następujące cechy: $B_1 = 10\,000\ (grd)^4$ $(T_1 = 1000\ ^oK)$, $B_2 = 4096 (grd)^4$ $(T_2 = 500\ ^oK)$

Powierzchnia	ε	R		
$A_1 = 1\ m^2$	0,8	P,2	$\varphi_{1-2} = 0,5$	$\varphi_{1-3} = 0,5$
$A_2 = 2\ m^2$	0,8	0,2	$\varphi_{2-1} = 0,25$	$\varphi_{2-3} = 0,75$
$A_3 = 2\ m^2$	-	-	$\varphi_{3-2} = 0,75$	$\varphi_{3-1} = 0,25$

Należy obliczyć: 1) temperaturę T_3 powierzchni A_3 i 2) przepływ energii promienistej pomiędzy powierzchniami A_1 oraz A_2 przyjmując dla kontroli trzy alternatywne wartości określające R_3:

a) $R_3 = 0,4$; b) $R_3 = 0$ oraz c) $R_3 = 1$.

Rozwiązanie

Początkowo obliczamy wspólne dla trzech alternatyw wielkości. Są to:

$$\psi_{1-3} = 0,5 + 0,50.0,2.0,75 = 0,575 \quad \text{z równ. (2.2)}$$

$$\psi_{2-3} = 0,75 + 0,25.0,2.0,5 = 0,775 \quad \text{z równ. (2.2)}$$

$$\psi_{3-2} = 0,75 + 0,25.0,2.0,5 = 0,775 \quad \text{z równ. (2.2)}$$

$$\varphi_C = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,25 = 0,09375 \quad \text{z równ. (2.4)}$$

$$A_1\varepsilon_1\ \psi_{1-3} = 1.0,8.0,575 = 0,46$$

$$A_2\varepsilon_2\ \psi_{2-3} = 2.0,8.0,775 = 1,24$$

$$B_3 = \frac{0,46.10000 + 1,24.4096}{0,46 + 1,24} = 5693,55\ (grd)^4 \quad \text{z równ. (3.5)}$$

$$T_3 = 100 \sqrt[4]{B_3} = 100, \sqrt[4]{5693,55} = 870\ ^oK \quad \text{z równ. (2.6)}$$

$$\beta = \frac{5693,55 - 4096}{10000 - 4096} = 0,333 \quad \sqrt{\beta \cdot \Delta\beta} = 1597,55$$

$$\gamma = \frac{1.0,575.0.775}{1.0,8.0,575 + 2.0,8.0,775} = 0,26212$$

Alternatywa a) $R_3 = 0,4$

$$D_n = 1 - 0,2.0,2.0,4\left[\frac{0,5.0,25}{0,4} + \frac{0,75.0,75}{0,2} + \frac{0,5.0,25}{0,2} + \right.$$

$$\left. + 2.0,09375\right] = 0,937 \quad \text{z równ. (2.3)}$$

$$\psi_{1-2} = 0,5 + 0,5.0,4.0,75 = 0,65$$

$$\dot{Q}_{1-2} = 1.0,8.0,8.0,65.(10000 - 4096)\frac{C_o}{0,937} = 2621,2\ C_o$$

z równ. (4.1)

$$\dot{Q}_{3-2} = 2.(1 - 0,4).0,8.0,775.1597,45\ \frac{C_o}{0,937} = 1268,4\ C_o$$

$$\dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{3-2} = 38889,6\ C_o$$

Alternatywa b) $R_3 = 0$

$$D_n = 1 - R_1R_2\,\varphi_{1.2}\,\varphi_{2-1} = 1 - 0,2.0,2.0,5.0,25 = 0,995$$

z równ. (2.3)

$$\psi_{1-2} = \varphi_{1-2} = 0,5$$

$$\dot{Q}_{1-2} = 1.0,8.0,5.5904 \cdot \frac{C_o}{0,995} = 1898,9\ C_o$$

$$\dot{Q}_{3-2} = 2.1.0,8.0,775.1597,55 \cdot \frac{C_o}{0,995} = 1990,9\ C_o$$

$$\dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{3-2} = 3889,7\ C_o$$

Alternatywa c) $R_3 = 1$

$$D_n = 1 - 0{,}2.0{,}2(0{,}5.0{,}25) + \frac{0{,}75.0{,}75}{0{,}2} + \frac{0{,}5.0{,}25}{0{,}2} + 2.0{,}09375) = 0{,}85 \quad \text{z równ. (4.11)}$$

$$\psi_{1-2} = 0{,}5 + 0{,}5.0{,}75 = 0{,}875 \quad \text{z równ. (4.10)}$$

$$\dot{Q}_{1-2} = 1.0{,}8.0{,}8.0{,}875.5904, \frac{C_0}{0{,}85} = 3889{,}5\ C_0 \quad \text{z równ. (4.1)}$$

$$\dot{Q}_{3-2} = 0$$

$$\dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{3-2} = 3889{,}6\ C_0$$

6. Zakończenie

Nowe podejście do problemu przepływu energii promienistej w komorze reakcyjnej generatora KWZ ujawniło pewne specyficzne cechy tego zjawiska. W wyniku zastosowania metody bilansowania energetycznego wyszło na jaw, że obliczenie powinno być przeprowadzone nieco odmiennie niż to wyglądałoby na pierwszy rzut oka. Chodzi tu o dwa aspekty zagadnienia:

1) czy temperaturę powierzchni pośredniczącej jedynie przy przepływie można obliczyć czy też wystarczy ją przyjąć w pewnych granicach,

2) jaki wpływ na przepływ energii mają własności powierzchni pośredniczącej, tzn. czy należy wprowadzać do obliczeń wielkość np. R_3,

3) jak należy liczyć przepływ energii promienistej pomiędzy powierzchnią A_1 i powierzchnią A_2.

Z przytoczonych rozważań wynikają następujące wnioski:

1) Temperatura powierzchni pośredniczącej jest niezależna od jej własności (od R_3) i może być pobezpośrednio obliczona za pomocą wzoru (2.9) lub (3.5).

2. Własności powierzchni pośredniczącej w przepływie nie mają żadnego wpływu na strumień energii przepływającej od powierzchni A_1 do A_2.

3. Wielkość tego strumienia może być obliczona przy dowolnie obranej wartości R_3, najprościej jednak przy $R_3 = 1$, za pomocą wzoru (4.1). W tym przypadku powierzchnia pośrednicząca nie emituje żadnej energii promienistej, lecz jedynie ją

odbija nie pochłaniając. Można zatem przyjąć sztuczne założenie, że powierzchnia pośrednicząca jest doskonałym zwierciadłem i mimo to nie zmieni to w niczym przepływu energii promienistej.

LITERATURA

[1] Ochęduszko St.: Teoria maszyn cieplnych, cz.III, Warszawa 1955, PWT.

[2] Około-Kułak W.: Wymiana ciepła przez promieniowanie w układzie trzech powierzchni doskonale szarych, w ośrodku diatermicznym, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Energetyka, z. 2, 1957.

[3] Суринов Ю.А.: Лучистнй теплообмен в излучающей системе состоящей из трех серых тел, И.А.Н. СССР, О.Т.Н. 5. 1952.

Praca wpłynęła do Redakcji w dniu 1 lutego 1966 r.

ТЕПЛООБМЕН ЛУЧЕИСПУСКАНИЕМ В ГЕНЕРАТОРЕ КВЗ

Р е з ю м е

Новая конструкция генератора, действующего на базе лучеиспускания, ставит перед конструктором несколько новых проблем. В работе предложено метод расчета температуры внешней стены генератора, учитывая, что эта стена очень хорошо изолирована. Приведено метод расчета количества лучистой энергии, получаемой катализатором. Приведено примерный расчет распределения лучистой энергии.

THE FLOW OF THE RADIATION ENERGY IN THE KWZ GENERATOR

S u m m a r y

The new type of the generator, based mainly on the flowing of radiation energy, makes up new problems which must be solved by constructors. In this paper the way for calculation at the assumption of the adiabatic conditions, is presented. Moreover, the method for evaluation of the energy stream flowing into the catalizator, is given. Interesting conclusions regarding the influence of the adiabatic surface characteristics and the method of the energy flowing evaluation, are explained in the numerical example.