

Antoni GUZIK  
Jerzy IDZIK  
Roman ULBRICH

Zakład Techniki Ciepłej i Aparatury Chemicznej  
Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu

#### BADANIA HYDRAULICZNE HELIKOIDALNYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

Streszczenie. W pracy przedstawiono przebieg i wyniki badań charakterystyk hydraulicznych wymienników ciepła typu JAD i WWB-1 w stanie fabrycznie nowym i po pewnym okresie eksploatacji. Podano również wyniki badań charakterystyk poszczególnych węzownic stanowiących elementy wymienników JAD 6/50. Wyniki badań wymienników porównano z danymi literaturowymi. Omówiono wpływ warunków eksploatacji na charakterystykę wymiennika. Stwierdzono różnice charakterystyk poszczególnych węzownic i wskazano możliwości ich zmniejszenia.

#### Spis oznaczeń

A	- stała charakterystyki hydraulicznej	$\text{kPa}/(\text{kg/s})^n$
d	- średnica	mm
g	- przyspieszenie ziemskie	$\text{m/s}^2$
$\dot{G}$	- strumień wody	$\text{kg/s}$
h	- wysokość	mm
l	- długość	m
n	- wykładnik charakterystyki hydraulicznej	-
p	- ciśnienie	kPa
t	- temperatura	$^{\circ}\text{C}$
$\delta$	- strata	-
$\Delta$	- przyrost	-
$\xi$	- liczba oporu lokalnego	-
$\lambda_f$	- liczba oporu przepływu	-
$\rho$	- gęstość substancji	$\text{kg/m}^3$

Indeksy oznaczają

- d - dopływ,
- o - wielkość obliczeniową,
- w - wypływ,
- zm - wielkość zmierzoną.

## 1. Wprowadzenie

Wprowadzone do ogrzewnictwa małogabarytowe wymienniki ciepła typu JAD i WWB bywają łączone równolegle w baterie dla uzyskania wymaganej mocy cieplnej. Aby zapewnić w miarę równomierne obciążenie cieplne poszczególnych wymienników, należy łączyć jednostki o zbliżonej charakterystyce hydraulicznej. Stąd wynika potrzeba znajomości charakterystyki. Znajomość zmiany charakterystyki w trakcie eksploatacji wymiennika może być przydatna do oceny stanu zanieczyszczenia powierzchni przepływu ciepła, a więc do określania terminu poddania wymiennika okresowemu oczyszczeniu chemicznemu.

Podstawowymi elementami badanych wymienników są węzownice utworzone z rurek o małej średnicy, zwinięte śrubowo. Średnica podziałowa i skok linii śrubowej są różne. różna jest też deformacja przekroju rurek powstająca podczas zwijania. Można więc domniemywać, że i charakterystyka hydrauliczna poszczególnych rurek może być różna. Pociąga to za sobą niejednakową prędkość przepływu w rurkach, a więc różną wartość współczynnika przenikania ciepła i różną skłonność do odkładania się zanieczyszczeń w rurkach.

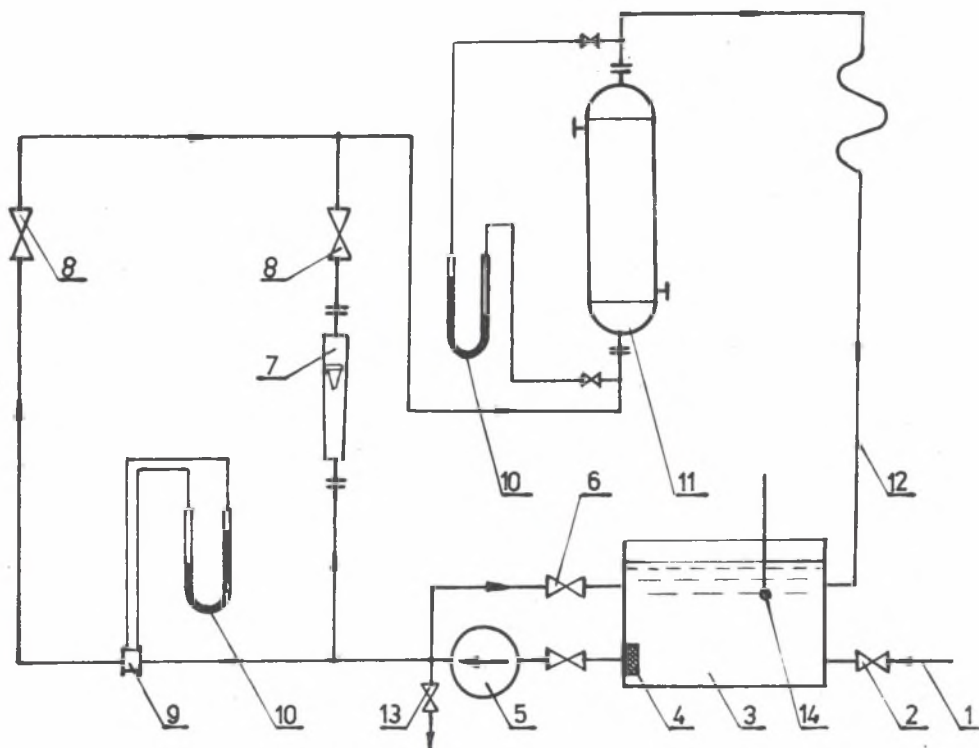
Celem więc niniejszej pracy jest określenie charakterystyki hydraulicznej ujmowanej w postaci [1, 2, 3]

$$\delta p = A \dot{G}^n \quad (1)$$

dla przestrzeni rurekowej i płaszczowej wymienników zarówno fabrycznie nowych jak i po pewnym okresie eksploatacji oraz dla pojedynczych rurek stosowanych w typie JAD 6/50. W tym celu przeprowadzono badania straty ciśnienia  $\delta p$  w funkcji strumienia  $\dot{G}$  wody, na odpowiednich stanowiskach badawczych.

## 2. Stanowiska badawcze

Stanowisko do zdejmowania charakterystyki wymienników (rys. 1) składa się z układu zasilającego (zbiornik, pompa, przewody, zawory) oraz układu



Rys. 1. Schemat stanowiska do badania wymienników ciepła

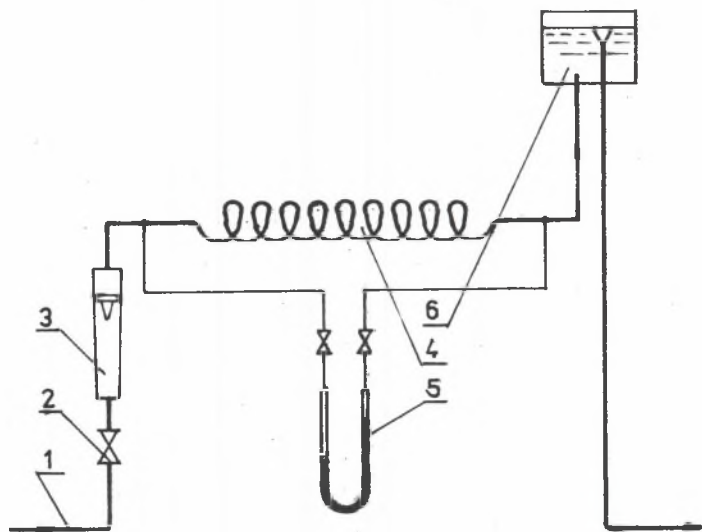
1 - wodociąg, 2, 8 - zawór regulacyjny, 3 - zbiornik, 4 - filtr, 5 - pompa, 6 - zawór obejściowy, 7 - rotametr, 9 - kryza, 10 - manometr, 11 - badany wymiennik, 12 - przewód powrotny, 13 - zawór upustowy, 14 - termometr

Fig. 1. Diagram of the stand for testing heat exchangers

1 - water supply system, 2, 8 - control valve, 3 - tank, 4 - filter, 5 - pump, 6 - by-pass valve, 7 - rotameter, 9 - orifice, 10 - pressure gage, 11 - tested heat exchanger, 12 - return conduit, 13 - release valve, 14 - thermometer

pomiarowego (rotametr, kryza, manometry)<sup>1)</sup>). Do badań użyto wody krążącej w obiegu. Temperaturę wody w układzie utrzymano na wysokości  $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  przez upuszczanie wody podgrzanej działaniem pompy i zastępowanie jej chłodną wodą wodociągową (zawory 13 i 2).

<sup>1)</sup> Stanowisko zbudowano przy współpracy z Wojewódzkim Przedsiębiorstwem Energetyki Ciepłej w Opolu, które zleciło prowadzenie badań [4, 6].



Rys. 2. Schemat stanowiska do badania wężownicy

1 - wodociąg, 2 - zawór regulacyjny, 3 - rotametr, 4 - badana wężownica,  
5 - manometr, 6 - naczynia przelewowe

Fig. 2. Diagram of the stand for coil testing

1 - water supply system, 2 - control valve, 3 - rotameter, 4 - tested  
coil, 5 - pressure gauge, 6 - overflow vessels

Strumień wody przy małym przepływie określono za pomocą rotametu (7) przy większym - kryzy (9, 10) przy największym - rotametu i kryzy. Do pomiaru spadku ciśnienia zarówno na kryzie jak i w wymienniku użyto manometrów ciśnieniowych (0-1200 mm) napełnionych rtęcią.

Stanowisko do badania wężownicy (rys. 2) nie zawiera odrębnego układu zasilającego, wodę czerpie się wprost z wodociągu. Dla utrzymania niezmiennego ciśnienia w badanej wężownicy zastosowano zbiornik przelewowy. W skład układu pomiarowego wchodzi rotametr i manometr cieczowy (0-1200 mm) napełniony rtęcią [5].

### 3. Program i przebieg badań

Badaniami objęto wymienniki nowe i eksploatowane (tabl. 1) oraz po 2 nowe rurki ze wszystkich 6 warstw wężownicy wymiennika 3AD 6/50 (tabl. 2). Badania wymienników przeprowadzono przy pełnym zakresie wydajności pompy (przestrzeń płaszczowa) bądź przy pełnym zakresie manometru (przestrzeń rurkowa oraz pojedyncze rurki). Podczas badania wymienników wykonywano

Tabela 1

## Wymienniki ciepła objęte badaniami

Typ	Nr fabr.	Nr bad.	Stan	Typ	Nr fabr.	Nr bad.	Stan
JAD 3/18	305	1	nowy	JAD 6/50	388	2	2 lata eksploatacji, podgrzewacz wody użytkowej
"-	1560	2	"-				
"-	2083	3	"-				
JAD 6/50	1593	1	"-	WWB - 1	-	4	1 rok eksploatacji, podgrzewacz wody CO
WWB - 1	1804	1	"-	"-	1840	5	
"-	1903	2	"-	"-	1964	6	
"-	1972	3	"-	"-	1967	7	

Tabela 2

Wężownice objęte badaniami  
(średn. rurki: wawn. 6,5 mm, zewn. 8,0 mm)

Numer		Zwoje		Długość w części		Deform. przekroju		
warstwy	wężownicy	średn. mm	liczba	śrub. mm	prostej mm	d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	d <sub>2</sub> /d <sub>1</sub>
1	1	50	27,5	4550	390	6,2	9,7	1,56
	2		27,3	4510	320	6,5	9,5	1,46
2	3	70	20,8	4780	460	7,0	9,0	1,29
	4		21,1	4860	340	7,1	9,0	1,28
3	5	85	16,5	4590	330	7,2	8,8	1,22
	6		16,5	4590	320	7,3	8,7	1,19
4	7	100	13,5	4420	320	7,5	8,6	1,15
	8		13,5	4420	350	7,6	8,5	1,12
5	9	120	11,3	4420	340	7,6	8,4	1,11
	10		11,3	4420	350	7,7	8,3	1,08
6	11	140	9,5	4350	370	7,8	8,2	1,05
	12		9,3	4340	340	7,8	8,2	1,05

po 5 odczytów przy rosnącym strumieniu wody, podczas badania rurek po 6 odczytów (3 przy narastającym, 3 przy malejącym strumieniu). Odczytów dokonywano dla programowo założonego strumienia wody, co zezwala na łatwe zauważenie błędu grubego.

#### 4. Opracowanie wyników badań

W celu sporządzenia charakterystyki hydraulicznej wg (1) należy wielkości otrzymane z pomiaru przeliczyć, uwzględniając rodzaj i podziałkę przyrządów oraz miejsce poboru impulsu pomiaru straty ciśnienia.

Poprzez cechowanie ustalono przelicznik wskazania w % rotametrze 7 (rys. 1) na strumień  $W$  kg/s. Spiętrzenie  $\Delta h$  na kryzie pomiarowej 9 (rys. 1) przeliczono na strumień wody wg normy [7].

Ponieważ impuls ciśnienia jest pobierany z przyłącza poza kołnierzem wymiennika, więc dla określenia straty ciśnienia  $\delta p$  w wymienniku należy od straty ciśnienia zmierzonej odjąć lokalną stratę spowodowaną skokową zmianą średnicy króćców na wlocie i wylocie wymiennika. Więc

$$\delta p = \delta h g (\rho_{\text{Hg}} - \rho_{\text{H}_2\text{O}}) - \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \frac{\dot{G}^2}{2 \rho_{\text{H}_2\text{O}} d_o^{-4}} (\xi_d + \xi_w), \quad (2)$$

Po podstawieniu;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $\rho_{\text{Hg}} = 13546$ ,  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 998 \text{ kg/m}^3$  oraz wskazania manometru  $\delta h$  i średnicy obliczeniowej  $d_o$  w mm, strata ciśnienia w kPa

$$\delta p = 0,1231 \delta h - 8,122 \cdot 10^5 \dot{G}^2 d_o^{-4} (\xi_d + \xi_w). \quad (3)$$

Wartość średnicy obliczeniowej i liczb oporu lokalnego podano w tabeli 3.

W stanowisku do badania węzownic rotametr jest wyskalowany w l/h. Obliczając stratę ciśnienia  $\delta p_{\text{gr}}$  na części śrubowej, należy od zmierzonej wartości odjąć stratę lokalną w połączeniu węzownicy z przewodem instalacji oraz stratę w prostych odcinkach węzownicy na wlocie i wylocie.

Tabela 3

Średnica obliczeniowa i liczba oporu lokalnego [8]

Typ wymiennika	Przeźródź					
	rurkowa			płaszczowa		
	$d_o$ mm	$\xi_d$	$\xi_w$	$d_o$ mm	$\xi_d$	$\xi_w$
JAD 3/18	36	0,22	0,11	44	0	0
JAD 6/50	44	0,10	0,20	44	0,60	0,41
WW3 - 1	42	0,06	0,01	44	0,08	0,19

Tabela 4

Przykładowe wyniki obliczeń dla wymiennika JAD 6/50 nr 1593

Prze- strzenna	Wskazanie		Strumień $G$ kg/s	Strata ciśnienia kPa		Błąd BW (%) ( $\delta p$ ) %
	rotam %	kryzy $\Delta h, mm$		zmierzona $\delta p_{zm}$	obliczona $\delta p_o$	
rurkowe: $A=8,272$ , $n=1,707$	20	-	0,333	1,46	1,270	-13,58
	40	-	0,555	3,05	3,032	-0,82
	60	-	0,777	5,13	5,380	4,87
	80	-	0,999	7,78	8,260	6,05
	100	-	1,220	11,17	11,632	4,05
	-	56	1,281	11,58	12,629	8,98
	-	111	1,799	21,13	22,558	6,73
	-	222	2,541	39,51	40,667	2,92
	-	332	3,105	57,25	57,284	0,05
	-	444	3,590	74,90	73,399	-2,01
	-	556	4,017	91,79	88,931	-3,11
	-	670	4,410	107,55	104,282	-3,04
	20	444	3,924	87,21	85,429	-2,04
	40	444	4,146	95,26	93,836	-1,50
	60	444	4,368	103,78	102,568	-1,17
	80	444	4,589	113,53	111,620	-1,68
100	444	4,811	124,03	120,986	-2,45	
płaszczowa: $A=1,185$ , $n=1,968$	50	-	0,666	0,51	0,533	2,92
	100	-	1,220	1,76	1,756	-0,55
	-	56	1,281	1,73	1,931	11,41
	-	111	1,799	3,67	3,769	2,62
	-	222	2,541	8,65	7,437	-14,08
	-	332	3,105	12,34	11,039	-10,54
	-	444	3,590	15,79	14,692	-6,95
	-	556	4,017	19,19	18,331	-4,47
	-	670	4,410	22,33	22,025	-1,37
	-	782	4,765	25,53	25,645	0,43
	-	893	5,092	28,66	29,225	1,93
	-	1005	5,402	31,67	32,830	3,64
	50	782	5,431	31,63	33,184	4,91
	100	782	5,986	37,90	40,183	6,02
100	840	6,159	39,55	42,509	7,46	

Tabela 5

Przykładowe wyniki obliczeń dla węzownicy nr 2

Strum. Ġ kg/s	Strata ciśn. kPa		Błąd BW ( $\delta p$ ) %	Strum. Ġ kg/s	Strata ciśn. kPa		Błąd BW( $\delta p$ ) %
	zmiarz. $\delta p_{zm}$	oblicz. $\delta p_o$			zmiarz. $\delta p_{zm}$	oblicz. $\delta p_o$	
0,013	2,8	3,0	6,5	0,116	125,1	128,9	2,9
0,016	3,9	4,1	3,8	0,100	93,8	98,2	4,4
0,019	5,2	5,4	3,8	0,083	68,8	71,2	3,3
0,022	6,9	6,9	0	0,072	54,7	55,3	1,0
0,027	10,4	10,2	-1,5	0,061	42,3	41,1	-2,7
0,031	13,4	13,1	-2,6	0,051	31,5	30,3	-4,1
0,037	17,6	17,3	-1,1	0,044	24,3	23,4	-3,5
0,044	23,9	23,4	-2,1	0,037	17,9	17,3	-3,0
0,051	31,2	30,3	-2,9	0,031	13,8	13,1	-5,4
0,061	41,8	41,1	-1,5	0,027	10,6	10,2	-4,3
0,072	54,6	55,3	1,1	0,022	7,0	6,9	-2,2
0,083	70,2	71,2	1,2	0,019	5,5	5,4	-2,2
0,100	95,0	98,2	3,2	0,016	4,0	4,1	1,8
0,113	122,3	123,5	1,0	0,013	2,8	3,0	4,0

Tabela 6

Stałe równania charakterystyki (1) wymienników

Typ	Numer		Stan	Rurki			Płaszcz		
	fabr.	bad.		A	n	r	A	n	r
JAD 3/18	305	1	nowy	35,132	1,670	0,9972	6,055	1,841	0,9998
- "	1560	2	- "	36,797	1,664	0,9972	5,061	1,885	0,9997
- "	2083	3	- "	36,474	1,663	0,9968	6,661	1,882	0,9998
JAD 6/50	1593	1	- "	8,272	1,707	0,9993	1,185	1,968	0,9986
- "	388	2	po 2 latach eksploatacji	10,126	1,588	0,9944	2,445	1,806	0,9997
VWB - 1	1804	1	nowy	9,428	1,628	0,9979	1,799	1,799	0,9978
- "	1903	2	- "	9,747	1,628	0,9985	1,734	1,886	0,9989
- "	1972	3	- "	8,343	1,638	0,9980	1,572	1,837	0,9981
- "	-	4	po 1 roku eksploatacji	8,262	1,651	0,9992	1,989	1,843	0,9982
- "	1840	5	- "	8,717	1,694	0,9993	1,676	1,922	0,9998
- "	1964	6	- "	8,035	1,646	0,9990	1,579	1,927	0,9999
- "	1967	7	- "	7,482	1,690	0,9993	1,639	1,922	0,9999



Tabela 7

Stałe równania charakterystyki (1) dla węzownic

Nr	Średnica zwojów, mm	A	n	r	Nr	Średnica zwojów, mm	A	n	r
2	50	5714,0	1,764	0,9996	8	100	4650,6	1,805	0,9997
4	70	5210,8	1,800	0,9981	9	120	5190,8	1,840	0,9998
5	85	5326,0	1,810	0,9997	12	140	4215,9	1,815	0,9998

Podstawiając podobnie jak w (2) znane wartości, strata ciśnienia w kPa

$$\delta p_{sr} = 0,1231 \delta h - 454 \dot{G} (0,68 + 0,154 \lambda_f L_{pr}), \quad (4)$$

gdzie  $L_{pr}$  w mm.

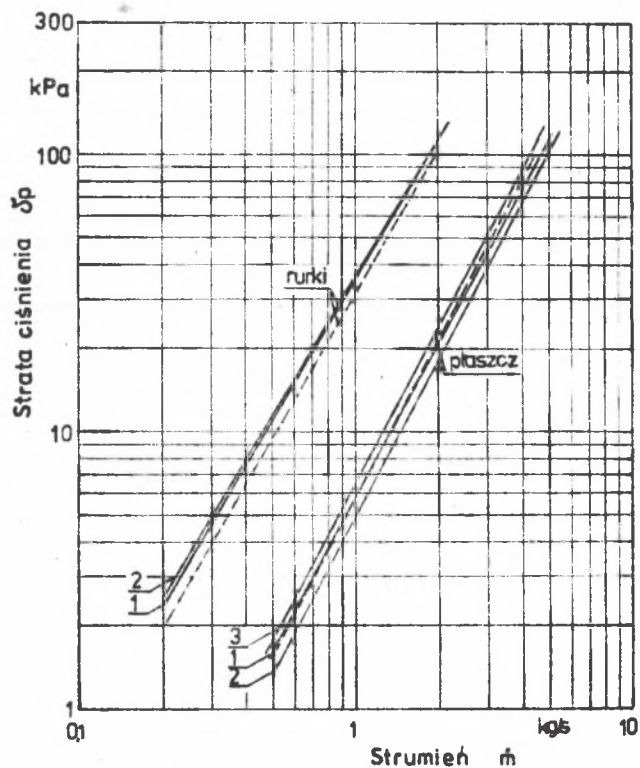
Liczba oporu przepływu w prostym odcinku rurki, po wykorzystaniu wzoru Blasiusa [8] i po podstawieniu znanych wartości ( $d_o = 6,5$  mm,  $\eta_{H_2O} = 1100 \cdot 10^{-6}$  Pa·s)

$$\lambda_f = 0,0154 \dot{G}^{-0,25}. \quad (5)$$

Wykonanie obliczeń wg (3)-(5) zaprogramowano dla minikomputera WANG 2200. Przykładowe wyniki obliczeń podano w tabeli 4 i 5. Zaprogramowano również obliczenie (metodą najmniejszych kwadratów) stałych A i n po zlogarytmowaniu równania aproksymacyjnego (1) oraz obliczenie różnicy (błędu względnego) straty ciśnienia zmierzonej  $\delta p_{zm}$  i obliczonej  $\delta p_o$  wg (1)

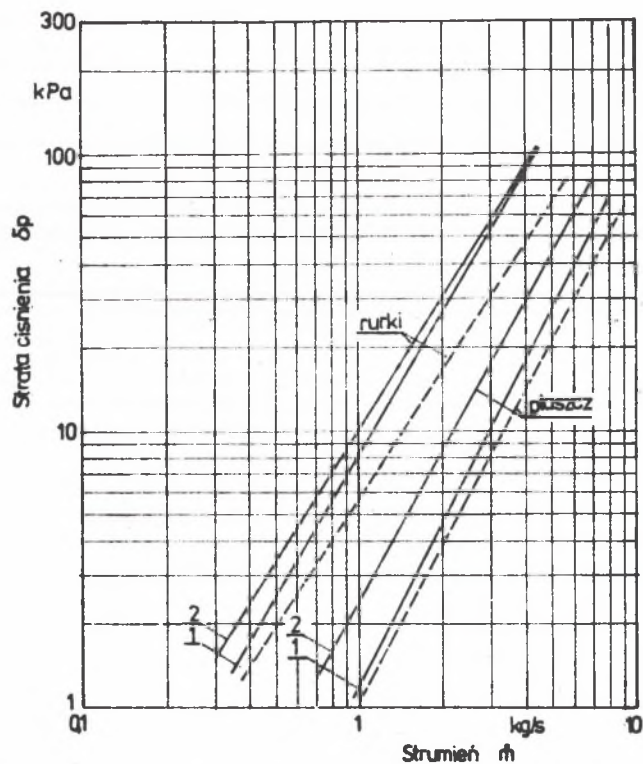
$$BW(\delta p) = 1 - \delta p_{zm} / \delta p_o. \quad (6)$$

Zestawienie stałych A oraz n dla wszystkich przebadanych wymienników zawiera tabela 6, dla węzownic - tabela 7. W tabelach tych podano również wartości wskaźnika regresji r równania (1). Charakterystyki hydrauliczne wg (1) przedstawiono na rys. 3-6. Na rysunkach linię przerywaną przedstawiono charakterystyki wg pracy [1] (rys. 3 i 4) oraz pracy [2] (rys. 5). By nie zaciemniać rysunków przedstawiono wybrane charakterystyki, wśród nich najbardziej różniące się.



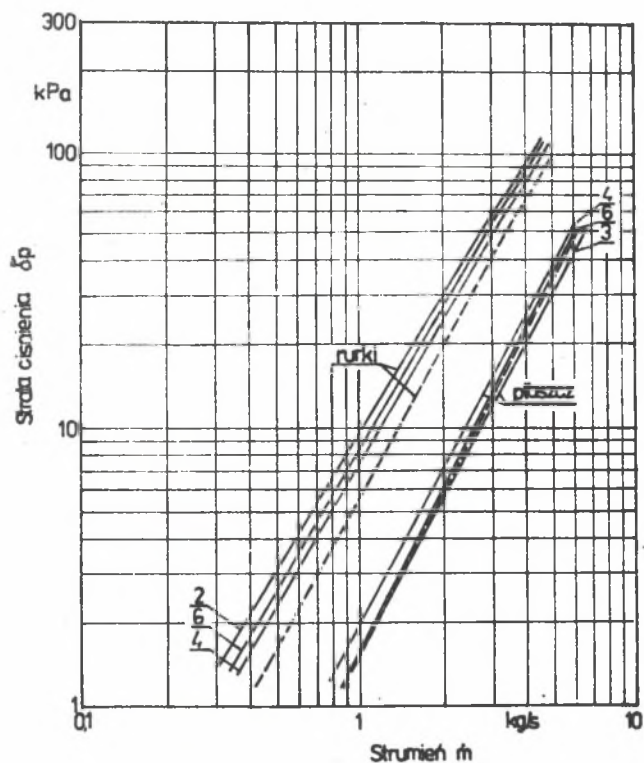
Rys. 3. Charakterystyki wymienników typu JAD-3/18  
Linia ciągła - wg badań, linia przerywana - wg [1]  
Numeracja wg tab. 1

Fig. 3. Characteristics of JAD-3/18 heat exchangers  
Solid line - according to the tests, broken line -  
according to [1]  
Numeration according to Table 1



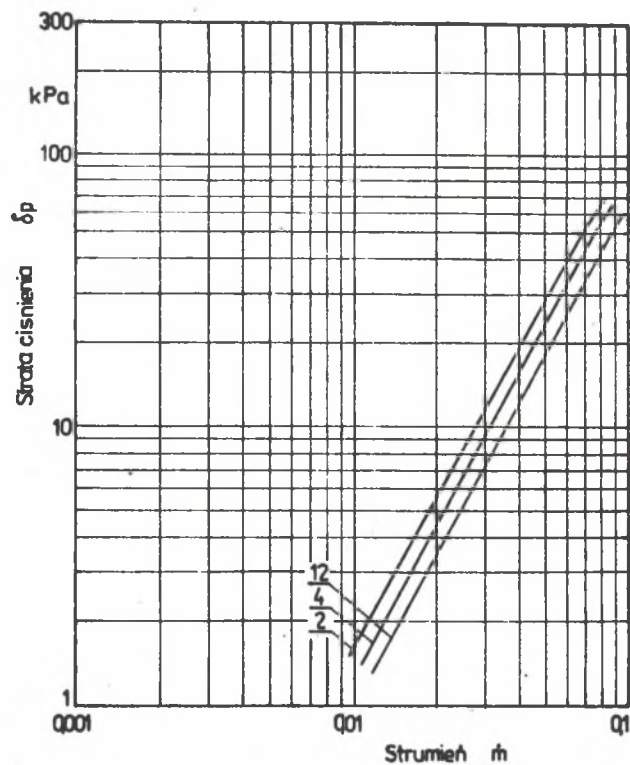
Rys. 4. Charakterystyki wymienników typu JAD-6/50  
Linia ciągła - wg badań, linia przerywana - wg [1]  
Numeracja wg tab.1

Fig. 4. Characteristics of JAD-6/50 heat exchangers  
Solid line - according to the tests, broken line -  
according to [1]  
Numeration according to Table 1



Rys. 5. Charakterystyki wymienników typu VWB-1  
Linia ciągła - wg badań, linia przerywana - wg [2]  
Numeracja wg tab. 1

Fig. 5. Characteristics of VWB-1 heat exchangers  
Solid line - according to the tests, broken line -  
- according to [2]  
Numeration according to Table 1



Rys. 6. Charakterystyki wybranych wężownic  
Numeracja wg tab. 2

Fig. 6. Characteristics of selected coils  
Numeration according to Table 2

## 5. Dyskusja wyników i wnioski

Charakterystyki wymienników JAD 3/18 wykazują dla przestrzeni rurkowej bardzo dobrą zgodność (rys. 3; charakterystyka wymiennika nr 3 mieści się między 1 i 2). Większa rozbieżność występuje dla przestrzeni płaszczowej. Przy równoległym włączeniu największa różnica strumieni wynosi ok. 16%. Charakterystyki eksploatowanego wymiennika JAD 6/50 leżą wyraźnie wyżej aniżeli nowego (rys. 4), co świadczy o zanieczyszczeniu, zwłaszcza w przestrzeni płaszczowej, w której była nagrzewana woda użytkowa zawierająca znaczną ilość zanieczyszczeń. Eksploatacja natomiast wymienników VWB-1 nie wpłynęła w sposób istotny na przebiegi charakterystyk (rys. 5). W wymiennikach tych ogrzewano preparowaną wodę obiegu grzejnego. Charakterystyki poszczególnych węzownic (rys. 6) różnią się i przy tej samej stracie ciśnienia maksymalna różnica strumienia wynosi ok. 30%. Różnica prędkości może być jednak mniejsza, gdyż największy opór wykazują rurki o największej deformacji przekroju powodującej jego zmniejszenie, co daje zwiększenie prędkości.

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Zmiana charakterystyki (przyrost oporu przepływu) może być wskaźnikiem stopnia zanieczyszczenia wymiennika. Chcąc znaleźć graniczny przyrost oporu wymagający poddania wymiennika oczyszczeniu, należałoby przeprowadzić systematyczne, odpowiednio dłuższe badania eksploatacyjne.

2. Woda bardziej zanieczyszczona powinna przepływać przez przestrzeń płaszczową łatwiej dostępną do oczyszczania chemicznego.

3. Na utratę drożności spowodowaną zanieczyszczeniem są narażone przede wszystkim węzownice o najmniejszej średnicy podziałowej zwojów. Dla zbliżenia charakterystyk należałoby skrócić długość tych węzownic, a więc zwiększyć skok linii śrubowej.

4. Porównując otrzymane wyniki z danymi literaturowymi [1, 2] stwierdza się dużą zgodność charakterystyk dla wymienników JAD 3/18 i VWB-1 lecz tylko w przestrzeni płaszczowej. Dla przestrzeni rurkowej charakterystyki wg literatury leżą niżej aniżeli uzyskane w niniejszej pracy (rys. 3 i 5). Dla wymiennika natomiast JAD 6/50 (rys. 4) charakterystyka wg literatury leży niżej zarówno dla przestrzeni płaszczowej jak i zwłaszcza rurkowej. Dla tej przestrzeni i dla dużego strumienia różnica straty ciśnienia przekracza 70%. Nasuwa się potrzeba wykonania badań większej liczby tego typu wymienników.

## LITERATURA

- [1] Basaj A.: Wymienniki ciepła typu JAD, wytyczne stosowania i zasady doboru, Wyd. II, Branżowy Ośrodek Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej, Warszawa 1988.
- [2] Dembecki F. i inni: Badania cieplno-hydrauliczne wymienników typu WWB-1, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 1983 nr 9.
- [3] Dembecki F i inni: Badania cieplno-hydrauliczne prototypowych wymienników ciepła typu WWB-2, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 1983 nr 11.
- [4] Badania eksploatacyjne wymienników ciepła, WSI w Opolu, 1984, Raport 40/84.
- [5] Siwicki M., Tomalik Cz.: Badania wymienników ciepła typu JAD 6/50 i WWB-1, praca dyplomowa, 1985, WSI, Opole.
- [6] Badania hydrauliczne wymienników ciepła, WSI, Opole, 1986, Raport 19/86.
- [7] PN-65/M-53950: Pomiar za pomocą zwęzek natężenia przepływu płynów, Wyd. Normalizacyjne, Warszawa 1986.
- [8] Hobler T.: Ruch ciepła i wymienniki, WNT, Warszawa 1968.

Recenzent: prof. dr inż. Jan Szargut

Wpłynęło do redakcji w marcu 1989 r.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕЛИКОИДНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

## Р е з ю м е

Представлен ход и результаты исследований гидравлических характеристик теплообменников типа JAD и WWB-1 непосредственно после изготовления и после определенного периода эксплуатации. Даны также результаты исследований характеристик отдельных эмеевиков выступающих в теплообменниках JAD6/50. Результаты исследований сравнены с литературными данными. Обсуждается влияние условий эксплуатации на характеристику теплообменника. Установлено различие характеристик отдельных эмеевиков и указаны возможности его уменьшения.

## HYDRAULIC TESTS OF HELICOIDAL HEAT EXCHANGERS

## S u m m a r y

The course and results of testing the hydraulic characteristics of heat exchangers JAD and WWB-1 have been presented for the state immediately after fabrication and after some period of service. The tests results of the hydraulic characteristics of particular coils making parts of the heat exchanger JAD 6/50 are presented too. The measurement results have

been compared with bibliographic data. The influence of the service conditions has been discussed. The differences of hydraulic characteristics of particular coils have been found and the possibilities of their reduction have been presented.