

J. GAŃCZARCZYK i J. SUSCHKA

DOŚWIADCZALNA OCENA RUSZTÓW NAPONIEWRZAJĄCYCH
SYSTEMU INKA

Na podstawie wyników doświadczeń przedstawionych przez autorów w dwóch poprzednio ogłoszonych pracach (1) (2) oraz na podstawie danych N.C.H. Fischerström'a (3) przypuszczać można, że rozwiązania konstrukcyjne rusztów napowietrzających wywierają znaczny wpływ na wskaźniki technologiczne systemu napowietrzania Inka. Dlatego też w niniejszej pracy poddano bliższym badaniom szereg wariantów rusztów napowietrzających o różnym rozmieszczeniu poszczególnych rur perforowanych i otworów perforacyjnych w tych rurach.

Część doświadczalna1. Aparatura doświadczalna

Doświadczenia przeprowadzano w poprzednio opisanej (2) aparaturze półtechnicznej przy bocznym ustawieniu rusztów na stałej głębokości zanurzenia równej 800 mm i przy zastosowaniu przegrody cyrkulacyjnej.

Badaniem poddano pięć rodzajów rusztów napowietrzających. Konstrukcję podstawowego rozwiązania rusztu, nazywanego dalej typem A, opisano już przedtem (2). Modyfikacje tego rozwiązania, odpowiadające pozostałym typom badanych rusztów (B, C, D i E), schematycznie zobrazowano na rys.1. Na rysunku tym podano rozmieszczenia rur perforowanych, rozmieszczenie otworów w poszczególnych rurach oraz sumaryczną powierzchnię otworów dla powyższych rozwiązań.

Tworzywem konstrukcyjnym badanych rusztów były rury stalowe wg PN/H 74-210. Ruszty te pokryte były ze strony zewnętrznej olejnym lakierem rdzochronnym.

Przy wszystkich badanych rozwiązaniach rusztów stosowano jednolitą średnicę otworów w rurach perforowanych wynoszącą 2,5 mm. W dalszej części pracy planuje się przeprowadzenie eksperymentów przy bardziej zróżnicowanych wymiarach otworów i specjalnym ich wykonaniu.

2. Przedmiot i metodyka pomiarów

W ramach niniejszej pracy przeprowadzono pomiary oporu przepływu powietrza przez zwilżone ruszty (tabl.1) w sposób identyczny jak mierzono tą wielkość w poprzedniej pracy autorów.

Uzyskane wielkości pomiarów przedstawiono wykreślnie na rys.2 jako funkcję szybkości wypływu powietrza przez otwory rur perforowanych przy przyjęciu wypływu pełnym przekrojem otworów.

Powyższy zestaw danych, uzupełniono porównaniem z wynikami odpowiednich pomiarów w warunkach pracy urządzenia doświadczalnego. Na rys.3 podano zależności oporów poszczególnych rusztów od ilości doprowadzanego powietrza przy zanurzeniu rusztów na głębokości 800 mm. Równocześnie w tab.2 zestawiono odpowiadające tym wielkościom wartości kinetyki natleniania wody (OC) oraz teoretyczne pobory mocy na odnośne politropowe sprężenie powietrza. Na rys.4 ujęto także graficznie zależność efektów napowietrzania od ilości powietrza doprowadzanego do poszczególnych typów rusztów.

Metodyka tych pomiarów i obliczeń była także całkowicie zgodna ze stosowaną w pierwszej części tej pracy (2).

Porównanie efektów napowietrzania i odpowiadających im teoretycznych poborów mocy pozwoliło na określenie ekonomiczności tej operacji dla poszczególnych typów rusztów. Dane te zestawiono również w tab.2 oraz podano na rys.5, jako funkcję intensywności napowietrzania, a na rys.6 jako zależność od szybkości wypływu powietrza przez otwory perforacyjne.

Omówienie wyników

Z podanych tu badaniom pięciu typów rusztów napowietrzających najbardziej godnym polecenia wydaje się typ A odznaczający się największą sumaryczną powierzchnią otworów wypływu powietrza oraz najbardziej gęstym i równomiernym rozmieszczeniem poszczególnych rur perforowanych i otworów w tych rurach.

Niemniej jednak stwierdzenie takie można uważać tylko jako wstępne ustalenie, bo trudno jest przewidzieć jak kształtować się będzie charakterystyka typów rusztów, które nie były objęte zakresem wielkości badanych zmiennych; np. ruszty o jeszcze większych otworach, jeszcze większej ilości otworów, bardziej gęstym ich rozmieszczeniem itd.

Godnym jest również uwagi zagadnienie jak kształtować się będzie charakterystyka rusztów przy specjalnych wykonaniach otworów (zmiany średnic otworów w grubości ścianki rury perforowanej).

W badanym zakresie zmian konstrukcyjnych rusztów napowietrzających nie stwierdzono prostych funkcyjnych zależności między ilością rur perforowanych w poszczególnych rusztach, ilością otworów perforacyjnych i ich rozmieszczeniem a uzyskiwanymi wartościami kinetyki napowietrzania (OC) oraz ekonomicznością tej operacji. Tak np. dwukrotne obniżenie ilości rur perforowanych w ruszcie A dla otrzymania rusztu B, powoduje bardzo wyraźną obniżkę uzyskiwanych przy użyciu tego rusztu wielkości OC, (Rys.4), czemu towarzyszy także obniżka ekonomiczności badanej operacji (Rys.5 i 6). Dalsze jednak zmniejszenie ilości ramion rusztu (typ C) powoduje nieoczekiwaną poprawę zarówno uzyskiwanych wielkości OC jak i ekonomiczności operacji.

Zmniejszenie ilości otworów perforacyjnych przez zmianę ich rozmieszczenia w poszczególnych rurach perforowanych, przy zachowaniu stałej ilości ramion rusztów (seria typów: A, E i D) nie pozwala również na wyprowadzenie szerszych uogólnień. Stwierdzono tutaj co prawda obniżkę wartości OC dla rusztu D i E w porównaniu z rusztem A, lecz odpowiednie wartości dla rusztu E są korzystniejsze niż dla typu D mimo większej ilości otworów w ruszcie D niż w ruszcie E. Podobnie charakter i wielkość ekonomiczności badanej operacji napowietrzania dla rusztu E odbiega bardzo wyraźnie dla odpowiednich danych dla rusztu A i D.

Przy analizie kształtowania się zmienności ekonomiczności operacji napowietrzania przy użyciu poszczególnych typów rusztów, stwierdzono zasadniczo odmienny charakter odpowiednich zależności dla rusztów B, C i E w porównaniu z rusztem A (Rys.5 i 6). Nie stwierdzono tu występowania charakterystycznego optimum dla określonej szybkości wypływu powietrza względnie określonej intensywności napowietrzania (2). Jedynie kształt krzywych dla rusztu D zdradza pewne podobieństwo z przebiegiem zależności dla rusztu A. Równocześnie jednak w świetle danych dla innych rusztów, pochodzenie tego podobieństwa jest całkowicie niejasne.

Wyraźna obniżka ekonomiczności napowietrzania, obserwowana w przypadkach wszystkich badanych tutaj rodzajów rusztów, po przekroczeniu szybkości wypływu powietrza przez otwory perforacyjne rzędu 30 m/sek, wydaje się jedyną stwierdzoną prawidłowością. Uzyskiwane w tym zakresie wartości liczbowe ekonomiczności operacji zdają się być zbieżne.

W dalszym ciągu interpretacji niniejszych danych pomiarowych porównano, podobnie jak w poprzednich publikacjach autorów dotyczących tego tematu (1) (2), opory wypływu powietrza przez zwilżone ruszty i analogiczne wielkości w warunkach pracy urządzenia, pomniejszone o ciśnienie hydrostatyczne warstwy wody i powietrza nad rusztem. Wydaje się, że wielkości uzyskanych obniżek oporów wypływu powietrza z otworów perforacyjnych (h_c) w znacznym stopniu odpowiadają charakterystyce ruchu cieczy w napowietrzanej części doświadczalnej komory. Szczególne zainteresowanie budzi duża różnorodność wyników uzyskanych dla różnych typów rusztów oraz zróżnicowany charakter zależności tych wartości od intensywności napowietrzania (rys.7).

Dla przypadków rusztów A i B, różniących się ilością rur perforowanych przy jednakowym bardziej gęstym rozstawieniu otworów perforacyjnych powyższa zależność ma charakter podobny, odpowiadający wzrostowi obniżek oporów wypływu wraz ze wzrostem intensywności napowietrzania. Przy tym jednak wartości te dla rusztu B (mniejsza ilość rur perforowanych) są zdecydowanie większe niż w przypadku rusztu A. Odwrotnie przedstawia się równocześnie stosunek wielkości OC oraz ekonomiczności napowietrzania dla tych dwóch typów rusztów.

Omawiana zależność dla pozostałych typów rusztów ma całkowicie inny charakter: po początkowym wzroście obniżek oporów wypływu wraz ze wzrostem intensywności napowietrzania, zjawisko to zanika w stopniu bardzo znacznym. Powyższy przebieg zjawiska odznacza się wyraźnym podobieństwem do znanego powszechnie przypadku gwałtownej obniżki wydajności pomp marmutowych po przekroczeniu pewnych granicznych ilości doprowadzanego powietrza. Taka jakościowa zmiana charakteru zależności została wywołana dwoma całkowicie różnymi zmianami w rozwiązaniach konstrukcyjnych rusztów: w przypadku rusztu C - dalszym jeszcze zmniejszeniem ilości rur perforowanych niż w ruszcie B, a w przypadku rusztów D i E - zmniejszeniem ilości otworów perforacyjnych przy zachowaniu tej samej ilości rur.

Dla przypadków tego przebiegu zależności nie stwierdzono żadnych wyraźnych korelacji między wartościami OC i ekonomiczności napowietrzania a wielkościami obniżki oporów wypływu powietrza z otworów perforacyjnych.

Reasumując wyniki przedstawionych tu badań stwierdzić należy, że w ramach przeprowadzonych pomiarów nie uzyskano danych pozwalających na wyprowadzenie jakichkolwiek szerszych uogólnień w zakresie rozwiązań konstrukcyjnych rusztów napowietrzających systemu Inka. Wydaje się, że szczególna

złożoność zjawisk fizycznych towarzyszących tej operacji powoduje nadal konieczność opierania się na doświadczalnym doborze tych urządzeń. Podobnie zresztą układa się sytuacja w zakresie innych urządzeń do napowietrzania jak np. szczotki Kessenera (4).

Niemniej jednak należy bez wątpienia kontynuować dalej badania w obranym kierunku. Interesujące jest szczególnie uzyskanie bliższej orientacji o przebiegu badanych zależności w zakresie mniejszych intensywności napowietrzania, przy użyciu rusztów o większych średnicach otworów perforacyjnych oraz przy użyciu rusztów o otworach wykonanych w sposób specjalny.

Ze względu na charakter pomiarów objętych niniejszą pracą i stosunkowo krótki jej okres nie można było określić przebiegu zmian oporu rusztów napowietrzających w miarę czasu eksploatacji odpowiednich urządzeń. Niewątpliwie wskaźnik ten jest także bardzo ważny i może mieć decydujące znaczenie przy wyborze rusztu.

Zestawienie wyników

1. Skonstruowano pięć rodzajów rusztów napowietrzających systemu Inka różniących się rozmieszczeniem rur perforowanych i otworów perforacyjnych w tych rurach.

2. Wykonano pomiary oporów wypływu różnych ilości powietrza przez otwory perforacyjne w poszczególnych rusztach w warunkach zwilżenia oraz w warunkach działaniach przy bocznym zanurzeniu na głębokości 800 mm.

3. Wykonano pomiary kinetyki natleniania wody przy użyciu poszczególnych rodzajów rusztów oraz obliczono ekonomizację tej operacji.

4. W badanym zakresie wielkości nie stwierdzono prostej zależności między wyraźnymi różnicami efektów napowietrzania uzyskiwanych przy użyciu badanych rusztów a zmiennością ich cech konstrukcyjnych.

5. W sposób równie złożony przedstawia się zmienność ekonomizacji powyższych efektów napowietrzania.

6. Najlepsze wyniki uzyskano dla rusztu o największej ilości rur perforowanych i otworów perforacyjnych w tych rurach. Dla pozostałych typów rusztów nie uzyskano porównywalnych wskaźników dla proporcjonalnie mniejszych intensywności napowietrzania.

7. Podobnie, nie stwierdzono przy stosowaniu tych rusztów występowania optimum ekonomiczności dla szczególnych szybkości wypływu powietrza przez otwory perforacyjne, co miało wyraźnie miejsce w przypadku pierwszym.

8. Na podstawie zróżnicowania obniżek oporów wypływu powietrza z otworów perforacyjnych poszczególnych typów rusztów przypuszczać można, że charakterystyka hydrauliczna tego rodzaju komór napowietrzania jest bardzo złożona i że brak jest prostej zależności ruchu cieczy w tych komorach i uzyskiwanych efektów napowietrzania.

9. Wydaje się, że wskazane jest kontynuowanie niniejszych badań:

- a) w zakresie mniejszych intensywności napowietrzania,
- b) przy użyciu rusztów o większych średnicach otworów perforacyjnych,
- c) przy użyciu rusztów o otworach wykonanych w sposób specjalny.

Tablica 1


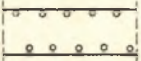
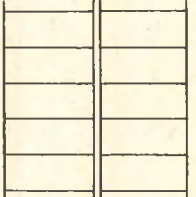

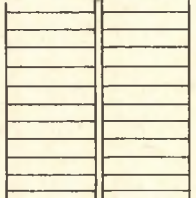
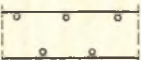
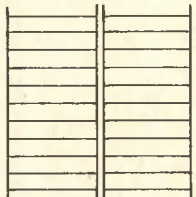
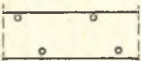
Opory przepływu powietrza przez zwilżone ruszty

Typ rusztu	Ilość powietrza		Opór rusztu H ₃	Prędkość przepływu powietrza przez ruszt
	m ³ /h	m ³ /m ³ m	mm H ₂ O	m/s
A	303	58,2	130	17,8
	370	68,5	154	21,7
	500	92,5	240	29,3
	825	153,0	579	48,4
	994	184,0	828	58,3
	1032	195,0	934	61,8
B	220	37,0	132	23,7
	226	41,9	163	24,3
	243	45,0	186	26,2
	394	73,0	376	42,4
	500	92,5	541	53,8
	631	117,0	852	67,9
C	167	30,9	220	26,1
	183	33,9	248	28,7
	220	40,7	330	34,5
	239	44,3	368	37,5
	416	77,1	966	65,1
D	207	38,4	154	24,2
	230	42,6	185	26,9
	242	44,7	205	28,3
	265	49,2	246	31,0
	288	53,4	286	33,7
	316	58,5	358	37,0
	510	94,5	854	59,7
E	171	31,7	229	28,5
	190	35,2	259	31,7
	221	40,9	350	36,9
	225	41,7	359	37,6
	300	55,5	604	50,1
	378	70,1	880	63,2

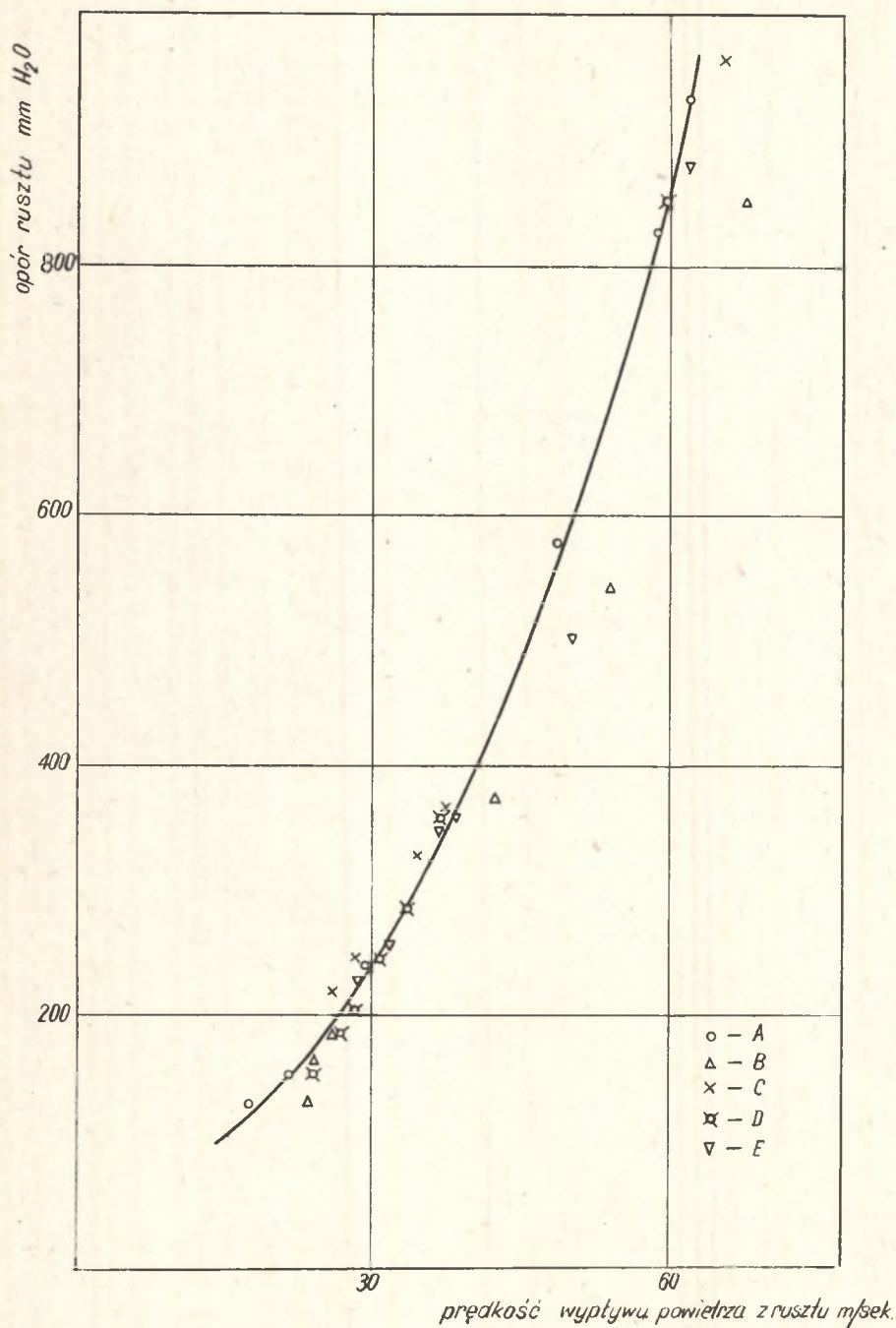
Tablica 2

Zestawienie wyników działania poszczególnych typów rusztów przy sanurzeniu 800 mm

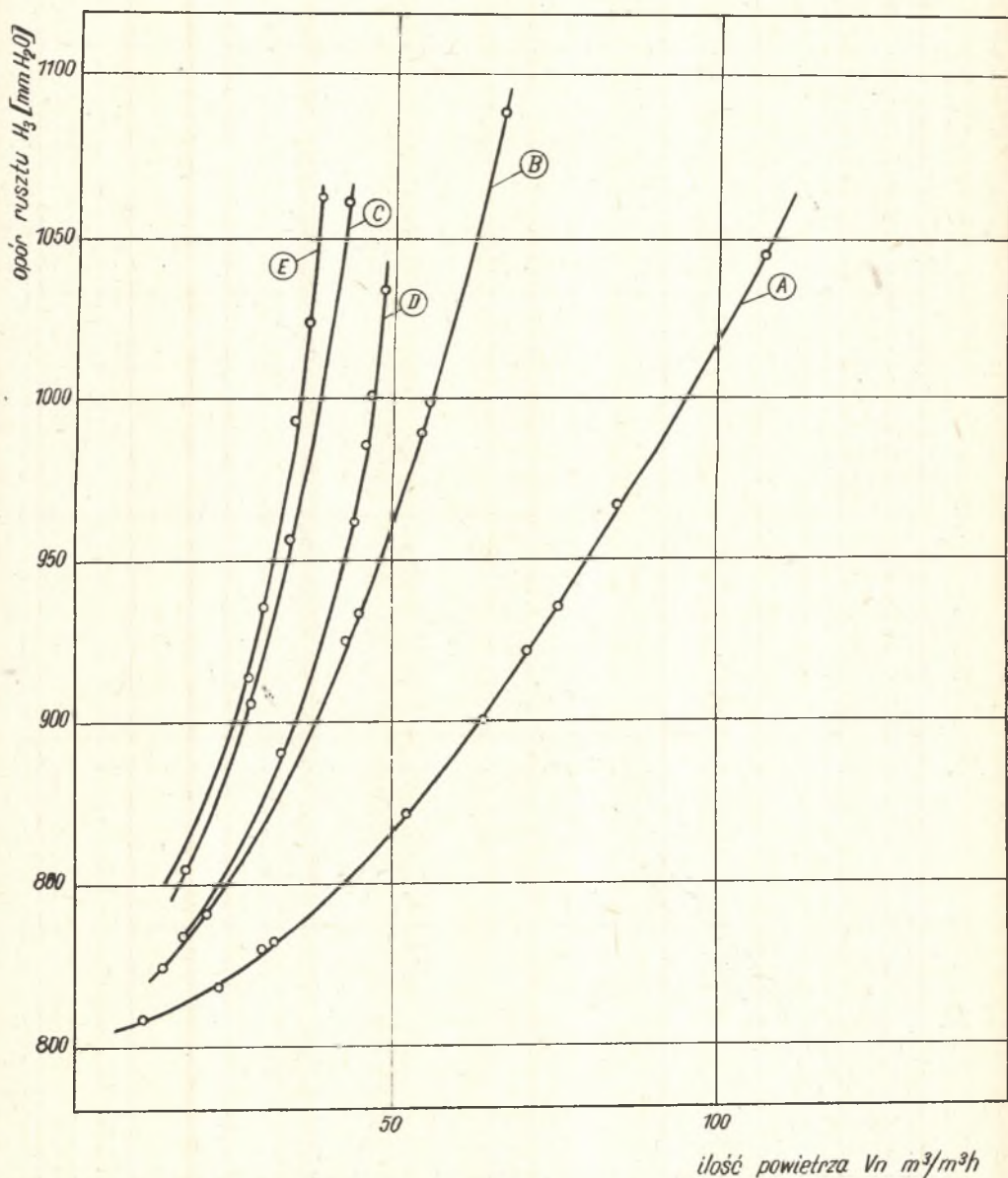
Lp.	Ilość powietrza		Zdolność wprowadzania tle- nu do reaktoru (OC)		Całkowity opór rusztu H ₂	Moc pobrana na sprężenie powietrza M _t	Ekonomiczność napowietrzania E
	m ³ /h	m ³ /m ² .h	g O ₂ /m ³ .h	g O ₂ /h	mm H ₂ O	kW	g O ₂ /kWh
Wyniki dla rusztu typu A							
1.	56	10,3	35	189	806	0,119	1590
2.	119	22,1	141	763	816	0,256	2980
3.	158	29,3	188	1015	828	0,345	2950
4.	167	31,0	203	1095	830	0,366	2990
5.	277	51,4	360	1940	870	0,637	3045
6.	343	63,5	500	2700	899	0,810	3330
7.	382	70,8	543	2940	920	0,930	3160
8.	406	75,4	585	3160	934	1,005	3140
9.	457	84,7	633	3420	963	1,155	2960
10.	576	107,0	728	3930	1042	1,570	2500
Wyniki dla rusztu typu B							
11.	110	20,4	111	600	839	0,244	2450
12.	230	42,6	237	1280	923	0,559	2290
13.	238	44,1	247	1335	932	0,582	2290
14.	291	53,8	344	1858	988	0,755	2465
15.	297	55,0	348	1890	998	0,779	2420
16.	360	66,7	446	2245	1088	1,022	2200
Wyniki dla rusztu typu C							
17.	93	17,2	96	518	853	0,209	2470
18.	147	27,2	169	912	904	0,349	2610
19.	182	33,7	215	1160	955	0,456	2545
20.	229	42,4	273	1475	1060	0,635	2312
Wyniki dla rusztu typu D							
21.	74	13,7	43	232	822	0,160	1440
22.	176	32,6	171	923	889	0,412	2240
23.	236	43,7	271	1462	960	0,594	2470
24.	246	45,5	303	1036	984	0,635	2580
25.	247	46,0	305	1645	1000	0,650	2530
26.	259	48,0	328	1770	1033	0,704	2510
Wyniki dla rusztu typu E							
27.	98	18,1	103	557	856	0,220	2580
28.	148	27,4	161	870	912	0,357	2440
29.	185	34,2	219	1182	992	0,482	2450
30.	197	36,5	226	1222	1023	0,589	2313
31.	206	38,2	256	1350	1062	0,574	2350

Typ rusztu	Schemat rusztu	Rozmieszczenie otworów w rurach perforowanych	Sumaryczna powierzchnia otworów $F(\frac{cm^2}{m^2})$
A			47,4
B		jak w typie A	25,9
C		jak w typie A	17,8
D			23,7
E			16,6

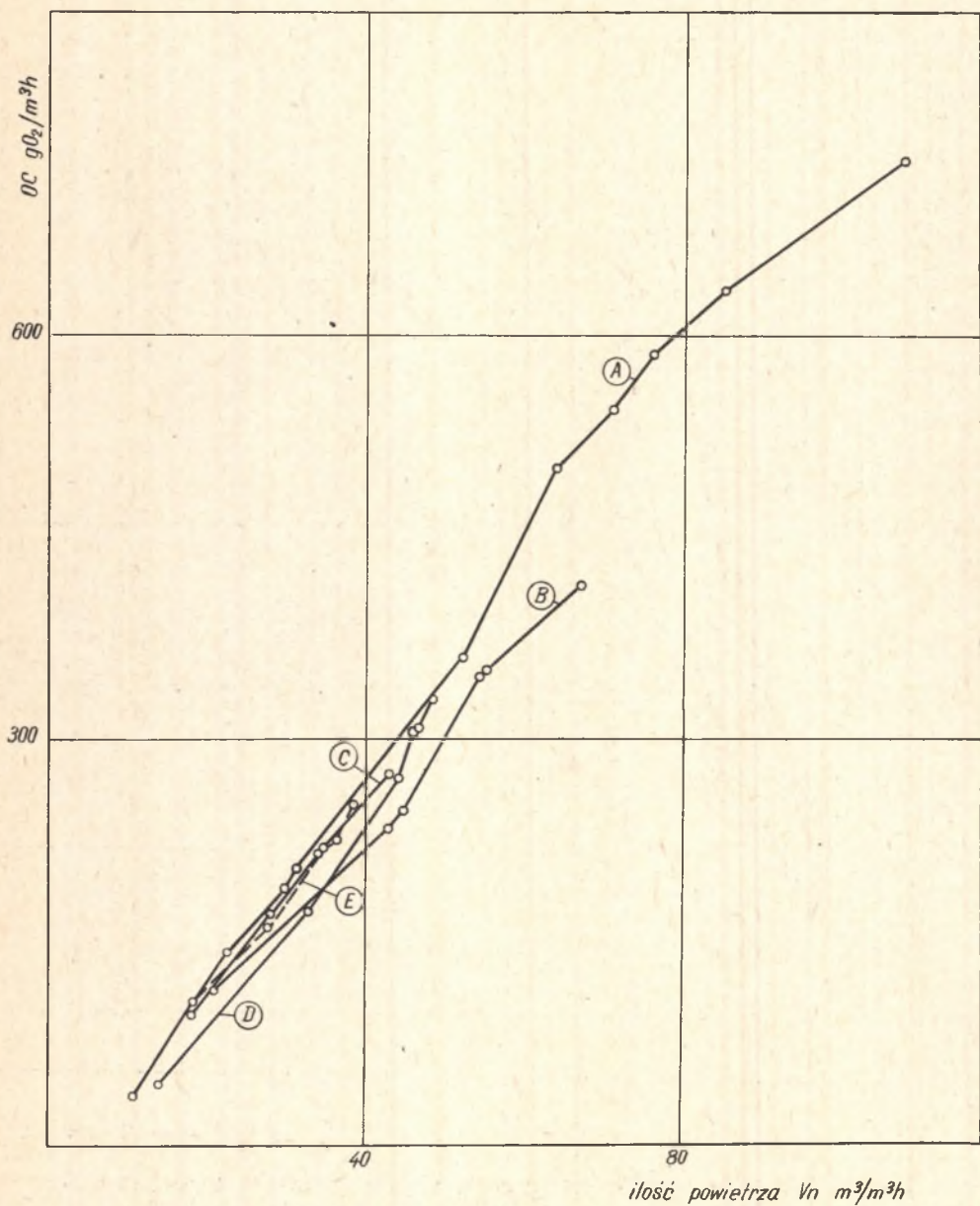
Rys.1. Schematy typów rusztów napowietrzających



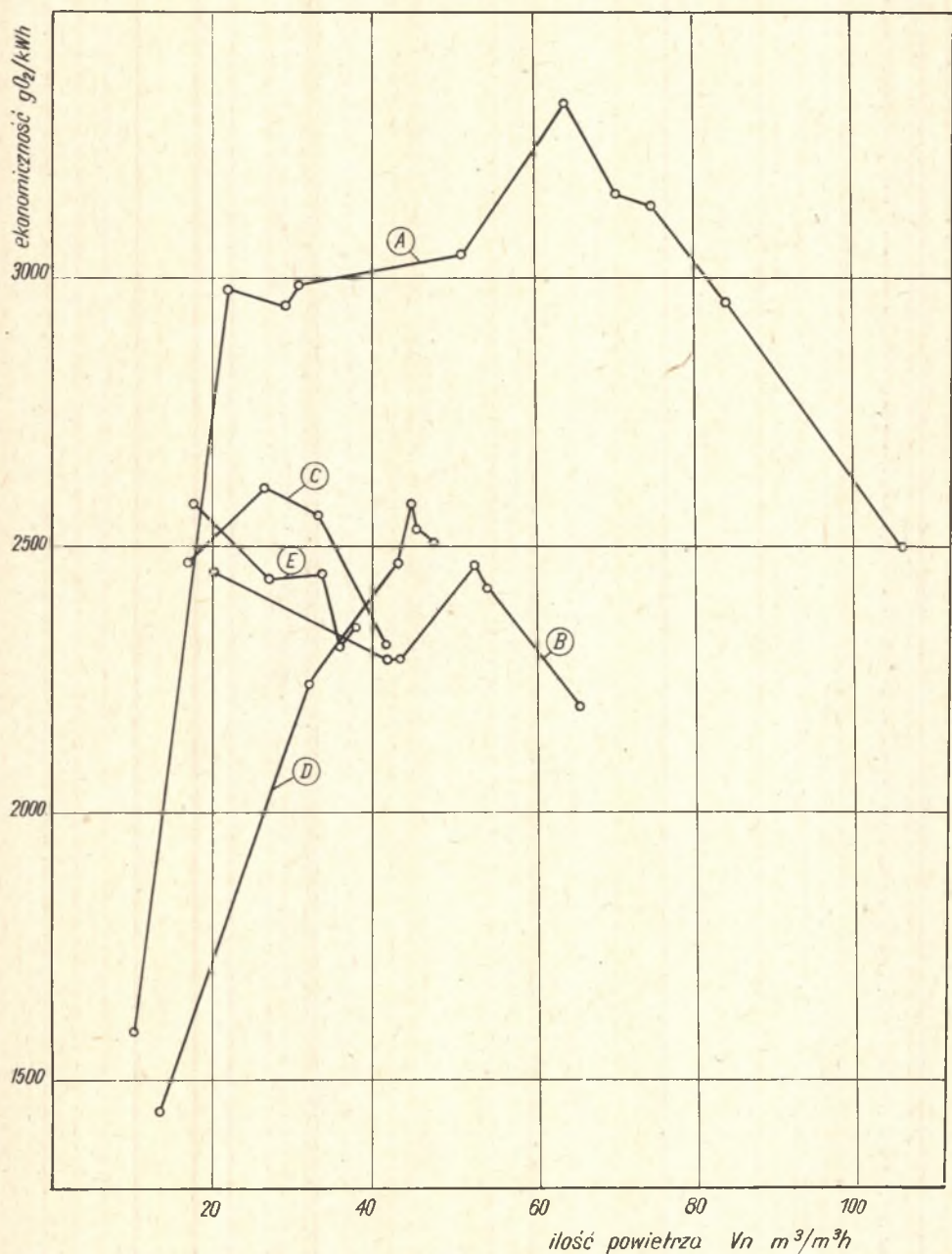
Rys.2. Zależność oporów zwilżonych rusztów od szybkości wyptywu powietrza (A, B, C, D i E - typy rusztów)



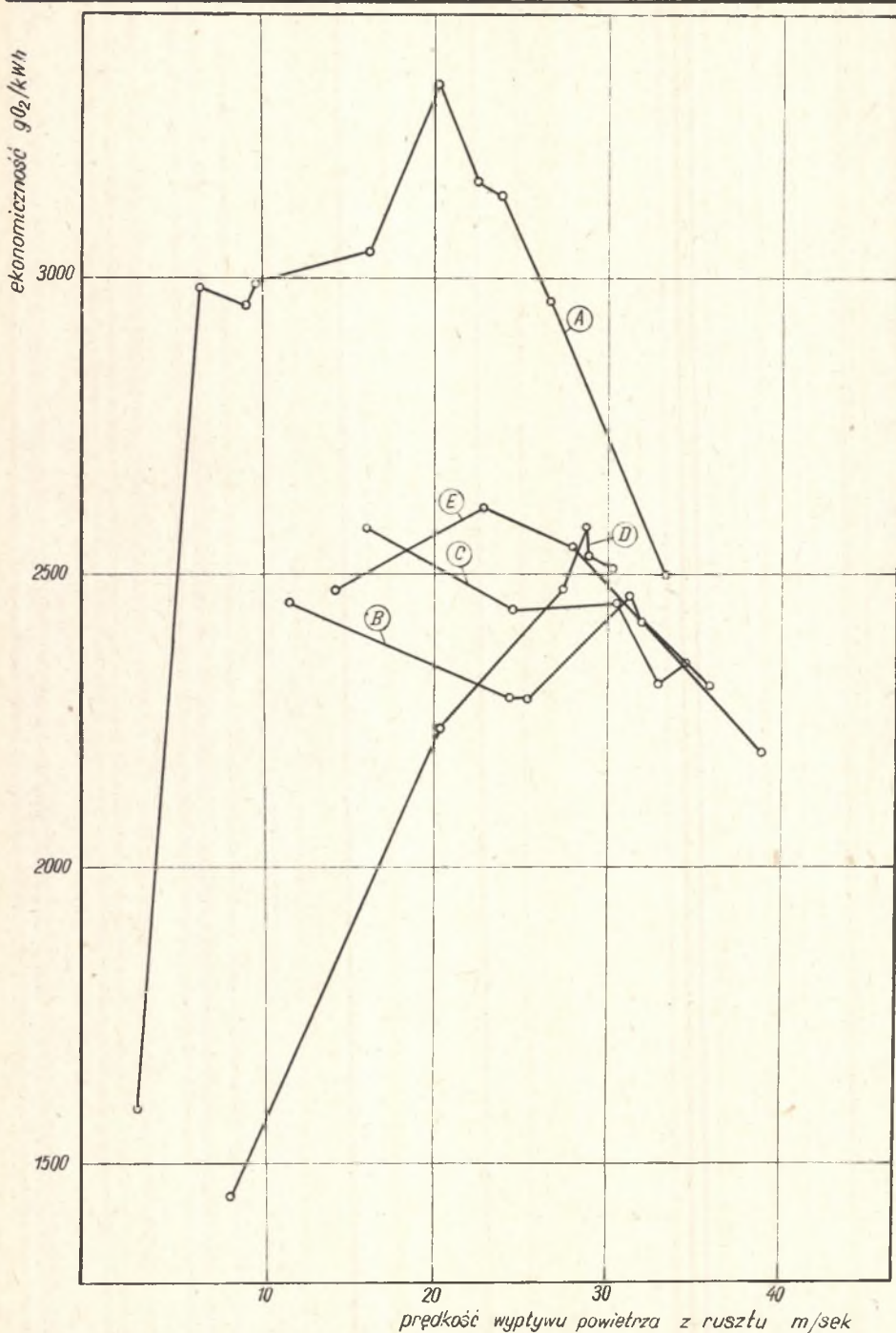
Rys.3. Porównanie oporów badanych typów rusztów w zależności od przepływu powietrza w warunkach pracy urządzenia (A, B, C, D i E - typy rusztów)



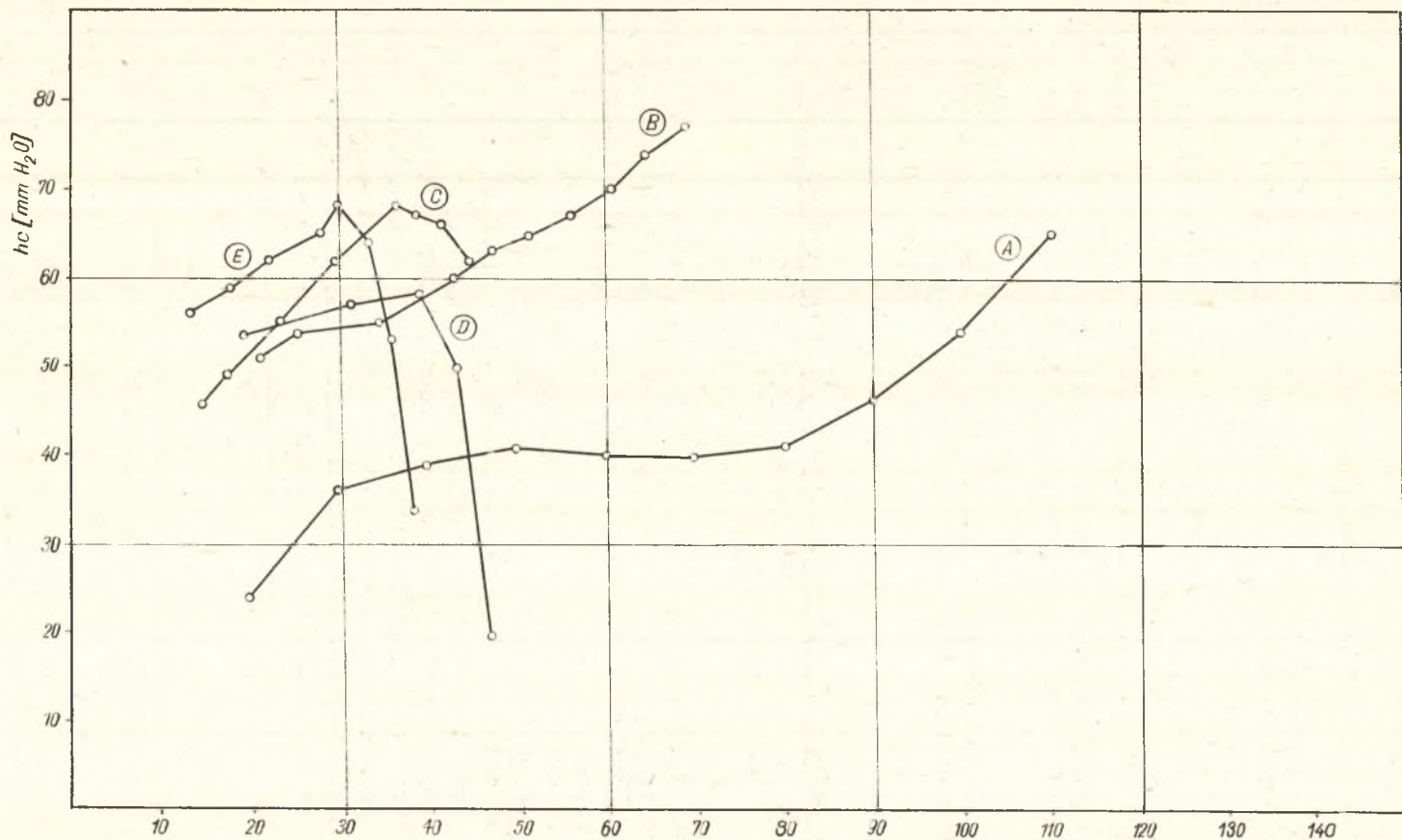
Rys.4. Zależność efektów napowietrzania od ilości doprowadzanego powietrza dla różnych typów rusztów (A, B, C, D i E - typy rusztów)



Rys.5. Porównanie efektów ekonomicznych napowietrzania dla różnych typów rusztów przy ich zanurzeniu 800 mm (A,B,C, D i E - typy rusztów)



Rys.6. Zależność efektów ekonomicznych napowietrzania od prędkości przepływu powietrza przez różne typy rusztów przy 800 mm zanurzenia (A,B,C,D i E - typy rusztów)



Rys.7. Zależność obniżek oporów wypływu powietrza i otworów perforacyjnych i intensywności napowietrzania (A,B,C,D i E - typy rusztów)

Piśmiennictwo

1. GAŃCZARCZYK J. i SUSCHKA J.: "Wstępne badania nad kinetyką napowietrzania sprężonym powietrzem o niskim nadciśnieniu" - Gaz, Woda i Techn. Sanit. 34, 248 (1960).
2. GAŃCZARCZYK J. i SUSCHKA J.: "Doświadczenia półtechniczne nad napowietrzaniem według systemu Inka" - Gaz, Woda i Techn. Sanit. 35, Nr 6 (1961).
3. FISCHERSTROM, N.C.H.: "Low Pressure Aeration of Water and Sewage" - Jour. Amer. Civ. Eng. 86, SA 5, 2607 (1960).
4. BAARS J.K., MUSKAT J.: "Zuurstoftoevoer aan water met behulp van roterende lichamen", Instituut voor gezondheidstechniek TNO, Rapport no. 28 (1959).

Experimental Valuation of Air Distributors in Inka
Aeration System

(English Summary)

Five types of Inka air distributors were constructed and studied in pilot - plant scale. Particular units differ each other in the number of perforated pipes and perforations in these pipes.

There were taken the measurements of air head loses by flow through these distributors in wet state in the conditions of working. Also measurements of concerning OC - values were made and aeration economy values were calculated.

No simple correlation between construction pattern of air distributors and the effects of their working was stated. It is suggested that nowadays only experiments are the suitable means for selection of Inka air distributors.

Futher investigations in this field are needed.