

Prof. IGNACY PIOTROWSKI

## Strata ciśnienia w przewodach wodociągowych

Obliczanie straty ciśnienia w przewodach wodociągowych ma podstawowe znaczenie zarówno przy projektowaniu nowych sieci wodociągowych i oddzielnych przewodów, jak i przy badaniu wykonanych już przewodów wodociągowych.

Do obliczania straty ciśnienia istnieje ponad 150 wzorów o charakterze empirycznym, z których większość ma już tylko historyczne znaczenie, nie mniej jednak liczba używanych obecnie wzorów jest bardzo pokaźna i wybór najodpowiedniejszego wzoru nie jest łatwy.

Ogólny wzór spadku ciśnienia, czyli jednostkowej straty ciśnienia w poziomym cylindrycznym przewodzie, przez który płynie ciecz kroplista, posiada postać:

$$J = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ przy czym } J = \frac{h}{l}. \quad (1)$$

We wzorze tym przyjęto oznaczenia:

- $J$  — jednostkowa strata ciśnienia, która wyraża się liczbą oderwaną,
- $h$  — strata ciśnienia na długości  $l$  w m,
- $l$  — długość przewodu w m,
- $d$  — średnica wewnętrzna przewodu w m,
- $v$  — średnia prędkość cieczy w przewodzie — w m/sek,
- $g$  — przyspieszenie ciężenia ziemskiego = 9,81 m/sek<sup>2</sup>,
- $\lambda$  — współczynnik oporu, zależny od właściwości powierzchni wewnętrznej przewodu i od właściwości cieczy, którą w przewodach wodociągowych jest woda. Współczynnik  $\lambda$  jest liczbą oderwaną.

Ruch cieczy w przewodzie może być albo

regularny (laminarny czyli uwarstwiony), albo burzliwy (turbulentny).

Jako kryterium ruchu cieczy w przewodzie przyjęto t. zw. liczbę Reynoldsa — ( $Re$ ), która wyraża stosunek energii kinetycznej do pracy sił tarcia.

Liczbę Reynoldsa wyraża wzór:

$$Re = \frac{vd}{\nu}, \quad (2)$$

w którym  $v$  oznacza prędkość cieczy,  $d$  — średnicę wewnętrzną przewodu,  $\nu$  — lepkość kinematyczną cieczy.

Jeżeli prędkość  $v$  wyrażona jest w m/sek i  $d$  — w m, to  $\nu$  — wyraża się w m<sup>2</sup>/sek.

Ponieważ w przewodzie o przekroju kołowym

$$v = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{d^2} = 1,2732 \frac{Q}{d^2}, \quad (3)$$

to wstawiając do wzoru dla  $Re$  zamiast  $v$  jej równowartość, otrzymamy drugi wzór dla wyrażenia liczby Reynoldsa:

$$Re = 1,2732 \frac{Q}{\nu d}. \quad (4)$$

We wzorze tym  $Q$  oznacza objętość przepływającej cieczy przez przewód (natężenie przepływu) w m<sup>3</sup>/sek, a  $d$ , jak poprzednio, średnicę wewnętrzną przewodu w m.

$Re$  wyraża się liczbą oderwaną.

Lepkość kinematyczna wody zależna jest od temperatury i wartość jej dla różnych temperatur oraz ciężar właściwy wody podane są według „Hydrauliki przewodów rurowych“ H. Richtera w następującej tabeli Nr. 1.

<sup>1)</sup> We wzorze tym zakładamy, że ciężar właściwy cieczy i średnia prędkość jej na długości  $l$  mają stałą wartość.



Tabela Nr 1.

Ciężar właściwy i lepkość kinematyczna czystej wody, nie zawierającej powietrza.

| t° C | $\gamma$ Kg/m <sup>3</sup> | 10 <sup>6</sup> $\nu$ m <sup>2</sup> /sek | t° C | $\gamma$ Kg/m <sup>3</sup> | 10 <sup>6</sup> $\nu$ m <sup>2</sup> /sek |
|------|----------------------------|-------------------------------------------|------|----------------------------|-------------------------------------------|
| 0    | 999,9                      | 1,789                                     | 18   | 998,6                      | 1,060                                     |
| 1    | 1000,0                     | 1,725                                     | 19   | 998,4                      | 1,033                                     |
| 2    | 1000,0                     | 1,670                                     | 20   | 998,2                      | 1,007                                     |
| 3    | 1000,0                     | 1,615                                     | 21   | 998,0                      | 0,9850                                    |
| 4    | 1000,0                     | 1,565                                     | 22   | 997,8                      | 0,9650                                    |
| 5    | 1000,0                     | 1,516                                     | 23   | 997,6                      | 0,9350                                    |
| 6    | 1000,0                     | 1,468                                     | 24   | 997,3                      | 0,9160                                    |
| 7    | 999,9                      | 1,425                                     | 25   | 997,1                      | 0,8986                                    |
| 8    | 999,9                      | 1,385                                     | 26   | 996,8                      | 0,8785                                    |
| 9    | 999,8                      | 1,345                                     | 27   | 996,6                      | 0,8602                                    |
| 10   | 999,7                      | 1,306                                     | 28   | 996,3                      | 0,8419                                    |
| 11   | 999,6                      | 1,272                                     | 29   | 996,0                      | 0,8236                                    |
| 12   | 999,5                      | 1,235                                     | 30   | 995,7                      | 0,8054                                    |
| 13   | 999,4                      | 1,206                                     | 32,5 | 994,9                      | 0,7650                                    |
| 14   | 999,3                      | 1,172                                     | 35   | 994,1                      | 0,7248                                    |
| 15   | 999,1                      | 1,142                                     | 40   | 992,2                      | 0,6584                                    |
| 16   | 999,0                      | 1,112                                     | 45   | 990,0                      | 0,6017                                    |
| 17   | 998,8                      | 1,085                                     | 50   | 988,1                      | 0,5563                                    |

W przypadku ruchu regularnego, jak wskazują doświadczenia, współczynnik oporu  $\lambda$  nie zależy od właściwości powierzchni wewnętrznej przewodu, czyli od stopnia szorstkości ścianek przewodu i wartość jego wynosi wg. prawa Hageny—Poiseuille'a

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64 \nu}{v d} \quad (5)$$

Ogólny wzór dla jednostkowej straty ciśnienia:

$$J = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

po wstawieniu wartości  $\lambda$  przybiera następującą postać dla ruchu regularnego:

$$J = \frac{64 \nu}{dv} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{32 \nu v}{gd^2} \quad (6)$$

Jak wynika z tego wzoru, jednostkowa strata ciśnienia przy ruchu regularnym jest wprost

<sup>2)</sup>  $\gamma$  — ciężar właściwy kg/m<sup>3</sup>,  $t$  — temp. w stop. Cels.

$\delta$  — gęstość wody  $= \frac{\gamma}{g}$  = ciężar właściwy wody przyśp. cięż. ziemsk.

$\approx 102$  kg · sek<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> (dla  $t = 0^\circ$  C),

$\mu$  — lepkość dynamiczna wody =

$$\frac{0,0001832}{1 + 0,003368 t + 0,000221 t^2} \text{ kg} \cdot \text{sek/m}^2,$$

$\nu$  — lepkość kinematyczna wody  $= \frac{\mu}{\delta}$  m<sup>2</sup>/sek.

proporcjonalna do prędkości cieczy i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu wewnętrznej średnicy przewodu.

Ruch regularny cieczy w przewodzie może istnieć dopóty, dopóki prędkość jej nie przekroczy pewnej wartości, a mianowicie t. zw. prędkości krytycznej<sup>3)</sup>, powyżej której występuje ruch burzliwy.

Prędkość krytyczna równa się:

$$v_k = \frac{Re_k \nu}{d} \quad (7)$$

Na podstawie doświadczeń wartość krytyczna liczby Reynoldsa została określona na:

$$Re_k = 2320, \quad (8)$$

wobec czego prędkość krytyczna wynosi:

$$v_k = \frac{2320 \nu}{d} \quad (9)$$

Z wzoru tego wynika, że prędkość krytyczna jest tym mniejsza, im większa jest średnica przewodu, a wartość jej dla średnic stosowanych w sieciach wodociagowych jest wogóle bardzo mała; np. dla  $d = 0,1$  m prędkość krytyczna dla wody o temperaturze  $t = 12^\circ$  C wynosi  $v_k = 0,029$  m/sek, a dla  $d = 1,0$  w — zaledwie  $v_k = 0,003$  m/sek.

W normalnych warunkach prędkość wody w przewodach wodociagowych znacznie przekracza przytoczone wyżej prędkości krytyczne, tak że w praktyce wodociagowej mamy do czynienia przeważnie z ruchem burzliwym.

Przypadki ruchu regularnego zdarzają się oczywiście w każdej sieci wodociagowej, nie mają one jednak żadnego istotnego znaczenia zarówno przy wyznaczaniu średnic przewodów wodociagowych, jak i przy obliczaniu straty ciśnienia w nich, wobec czego za podstawę do tych obliczeń przyjmuje się ruch burzliwy.

Gdyby we wzorze jednostkowej straty ciśnienia przyjąć, że współczynnik oporu jest wielkością stałą, jak to czynili dawniej niektórzy autorowie, to strata ciśnienia byłaby wprost proporcjonalna do kwadratu prędkości i odwrotnie proporcjonalna do średnicy wewnętrznej przewodu.

Dalsze jednak badania wykazały, że zależność ta nie jest tak prosta i że współczynnik  $\lambda$

<sup>3)</sup> W rzeczywistości ruch regularny jak i burzliwy mogą odbywać się w pewnych granicach i powyżej i poniżej krytycznej prędkości, są to t. zw. zjawiska przekroczenia.



zależy, jak to już było wspomniane wyżej, i od właściwości powierzchni wewnętrznej przewodu i od właściwości cieczy i od prędkości jej, a nawet od średnicy przewodu.

W ostatnich latach zostały przeprowadzone przez szereg uczonych wyczerpujące badania ruchu wody w idealnie gładkich rurach, i została przez nich określona zależność współczynnika oporu od liczby Reynoldsa zarówno dla ruchu regularnego jak i burzliwego. Na podstawie tych badań został opracowany przez różnych autorów dla współczynnika  $\lambda$  dla rur gładkich szereg wzorów, których ze względu na brak zastosowania w praktyce wodociągowej nie przytaczam.

Rury technicznie szorstkie, do których zalicza się rury stalowe, żeliwne, betonowe, eternitowe i drewniane, pomimo, że z nimi wyłącznie ma się do czynienia w praktyce wodociągowej, pozostawały czas dłuższy na dalszym planie pod względem badań. Wynikało to przede wszystkim z powodu trudności ścisłej charakterystyki szorstkości wewnętrznej powierzchni rur, i z braku ustalonych metod badania szorstkości, jak również z powodu bardziej skomplikowanego ruchu cieczy w rurach szorstkich.

Dopiero rozległe i niezmiernie dokładne badania, przeprowadzone w latach 1930—1933 przez Nikuradsego i Prandtla<sup>4)</sup> przy zastosowaniu rur szorstkich ze sztucznie wytworzoną szorstkością różnych stopni<sup>5)</sup>, którą można było dokładnie wymierzać, rzuciły nowe światło na zjawiska ruchu cieczy w tych rurach. Do oceny szorstkości wprowadzili wspomniani autorowie

pojęcie szorstkości względnej  $\varepsilon = \frac{e}{r}$ , gdzie  $e$  oznacza wysokość występow tworzących szorstkość, a  $r = \frac{d}{2}$  — promień rury ( $\varepsilon$  jest wielkością oderwaną, ponieważ  $e$  i  $r$  wyraża się w m).

Z badań tych wyjaśniło się, że aż do prędkości krytycznej, czyli przy wartościach  $Re = 2000$  do 2300 (w przybliżeniu), ruchem regularnym w rurach szorstkich rządzą te same prawa, jak

w rurach gładkich, wobec czego współczynnik oporu rur szorstkich wynosi również:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

(I cz. krzywej na niżej podanym wykresie)

Przy dalszym wzroście  $Re$  w przybliżeniu w granicach od 2000 do 3000 współczynnik oporu rur szorstkich szybko wzrasta, ale również nie zależy od szorstkości ścianek rury i równa się w dalszym ciągu współczynnikowi oporu rur gładkich (II cz. krzywej).

Dopiero mniej więcej od  $Re = 3000$  zaczyna występować coraz wyraźniej wpływ szorstkości względnej.

Przy dużej wartości szorstkości względnej współczynnik  $\lambda$  szybko wzrasta ze wzrostem liczby  $Re$ , a przy średnich i małych wartościach szorstkości względnej współczynnik  $\lambda$  z początku maleje w pewnych granicach, zależnych od wartości  $\varepsilon$ , pozostaje jednak wciąż jeszcze równy współczynnikowi oporu rur gładkich przy tejże samej wartości  $Re$ . Taka zależność (pierwszy obszar przejściowy) istnieje aż do wartości liczby Reynoldsa:

$$Re_1^{(6)} < \frac{59,5}{\varepsilon^{1,143}} \quad (\text{III cz. krzywej}), \quad (10)$$

innymi słowy aż do wartości  $Re_1$  zależnie od szorstkości względnej:

|                 |      |       |       |       |        |
|-----------------|------|-------|-------|-------|--------|
| $\varepsilon =$ | 0,02 | 0,01  | 0,004 | 0,002 | 0,001  |
| $Re_1 =$        | 5200 | 11500 | 32750 | 72300 | 160000 |

W granicach  $4000 < Re_1 < 100000$  dla określenia wartości współczynnika oporu ma zastosowanie wzór Blasiusa:

$$\lambda = 0,3164 Re^{-0,25} \quad (III \text{ cz. krzywej}) \quad (11)$$

a dla  $Re_1 > 100000$  — wzór Blasiusa—Nikuradsego:

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 Re^{-0,237} \quad (12)$$

<sup>6)</sup> Jeżeli przyjąć dla rur stalowych:  $e = 0,2 \cdot 10^{-3}$ , a dla rur żeliwnych:  $e = 0,3 \cdot 10^{-3}$ , to wzory dla granicznych wartości  $Re_1$  w zależności od średnicy będą następujące:

$$a) \text{ rury stalowe } Re_1 \leq 445000 d^{1,143} \quad (10a)$$

$$b) \text{ rury żeliwne } Re_1 \leq 286500 d^{1,143} \quad (10b)$$

<sup>7)</sup> Wzory 11 i 12 wyprowadzone były dla rur gładkich.

<sup>8)</sup> Inż. Wilhelm Wiederhold, Hildesheim (GWF, H 15/1941, Str. 232—236) zaleca dla rur stalowych nieasfaltowanych stosować wzór: (d. c. odsyłacza patrz str. 306 u dołu)

<sup>4)</sup> Badania prowadzone były w Instytucie badania zjawisk ruchu cieczy w Göttingen.

<sup>5)</sup> Szorstkość różnych stopni otrzymał Nikuradse przez pokrycie wewnętrznej powierzchni mosiężnych rur odpowiedniej wielkości ziarnkami piasku, umocowanymi za pomocą specjalnego lepnika.



Przy dalszym wzroście liczby Reynoldsa (drugi obszar przejściowy) w granicach:

$$\frac{665,4 - 764,8 \lg \varepsilon}{\varepsilon} > Re_2 > \frac{59,5}{\varepsilon^{1,143}} \quad (\text{IV cz. krzywej}) \quad (13)$$

innymi słowy przy zwiększaniu się  $Re_2$  aż do niżej podanych wartości zależnie od szorstkości względnej:

|                 |       |       |       |        |        |         |         |
|-----------------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| $\varepsilon =$ | 0,1   | 0,04  | 0,02  | 0,01   | 0,004  | 0,002   | 0,001   |
| $Re_2 =$        | 14300 | 43400 | 98000 | 219500 | 625000 | 1362000 | 2960000 |

współczynnik  $\lambda$  dąży do pewnej granicy, odrębnej dla każdej szorstkości względnej.

Wartości graniczne dla  $Re_1$  i  $Re_2$  dla rur stalowych i żeliwnych przy przyjętych wyżej wartościach  $\varepsilon$  wypadną następujące dla różnych średnic:

a) dla rur stalowych:

$$Re_1 = 445000 d^{1,143}; Re_2 = 8,16 \cdot 10^6 (1 + 0,234 \lg d) d \quad (13a)$$

|          |        |         |         |         |
|----------|--------|---------|---------|---------|
| $d =$    | 0,10   | 0,25    | 0,50    | 1,00    |
| $Re_1 =$ | 32200  | 92000   | 202000  | 445000  |
| $Re_2 =$ | 625000 | 1754000 | 3794000 | 8160000 |

b) dla rur żeliwnych:

$$Re_1 = 286500 d^{1,143}; Re_2 = 5,216 \cdot 10^6 (1 + 0,244 \lg d) d \quad (13b)$$

|          |        |         |         |         |
|----------|--------|---------|---------|---------|
| $d =$    | 0,10   | 0,25    | 0,50    | 1,00    |
| $Re_1 =$ | 20610  | 58740   | 129700  | 286500  |
| $Re_2 =$ | 394320 | 1112300 | 2417600 | 5216000 |

W tym obszarze współczynnik oporu rur szorstkich zależy zarówno od  $Re$ , jak i od  $\varepsilon$  i pozostaje już stale większym od współczynnika  $\lambda$  dla rur gładkich.

Do tego obszaru ma zastosowanie wzór Nikuradsego

$$\lambda = \frac{1}{[a' + b \lg(Re \sqrt{\lambda}) + c' \lg \varepsilon]^2} \quad (\text{IV cz. krzywej}) \quad (14)$$

$$\lambda = \lambda_{\text{gład.}} + \frac{0,86 \cdot 10^{-3}}{d^{0,28}} \left( \lg \frac{Re/d^{1,1}}{10^{5,5}} \right)^{1,75}$$

$$\lambda_{\text{gład.}} = 0,0032 + 0,221 Re^{-0,237} \quad \text{dla } (Re > 100.000)$$

Parametry  $a'$ ,  $b$  i  $c'$  posiadają następujące wartości dla różnych części (I—V) krzywej:

$$\text{I przy } 7,1 \leq \varepsilon Re \sqrt{\lambda} \leq 20,1; a' = -0,8; b = +2,0; c' = 0;$$

$$\text{II przy } 20,1 \leq \varepsilon Re \sqrt{\lambda} \leq 40,0; a' = +0,33; b = +1,13; c' = -0,87;$$

$$\text{III przy } 40,0 \leq \varepsilon Re \sqrt{\lambda} \leq 79,9; a' = +2,14; b = 0; c' = -2,0;$$

$$\text{IV przy } 79,9 \leq \varepsilon Re \sqrt{\lambda} \leq 382,4; a' = +3,25; b = -0,588; c' = -2,588;$$

$$\text{V}^9) \text{ przy } \varepsilon Re \sqrt{\lambda} \geq 382,4; a' = +1,74; b = 0; c' = -2,0;$$

Ponieważ we wzorze dla współczynnika  $\lambda$  występuje również  $\lambda$ , należy najpierw obliczyć wartość  $\lambda$  z przybliżonego wzoru:

$$\lambda = \frac{1}{(2,11 - 2 \lg \varepsilon)^2} \quad (15)$$

i otrzymaną przybliżoną wartość wstawić do mianownika dokładnego wzoru (14). Chcąc zaś otrzymać wynik dokładniejszy, należy obliczenie współczynnika  $\lambda$  za pomocą wzoru (14) powtórzyć, wstawiając do mianownika tego wzoru wartość  $\lambda$ , otrzymaną z drugiego obliczenia. Różnica jednak w wyniku wypadnie bardzo nieznaczna.

Wreszcie po osiągnięciu przez współczynnik  $\lambda$  wspomnianej wyżej granicy przy wartości liczby Reynoldsa:

$$Re = \frac{665,4 - 764,8 \lg \varepsilon}{\varepsilon} \quad (13c)$$

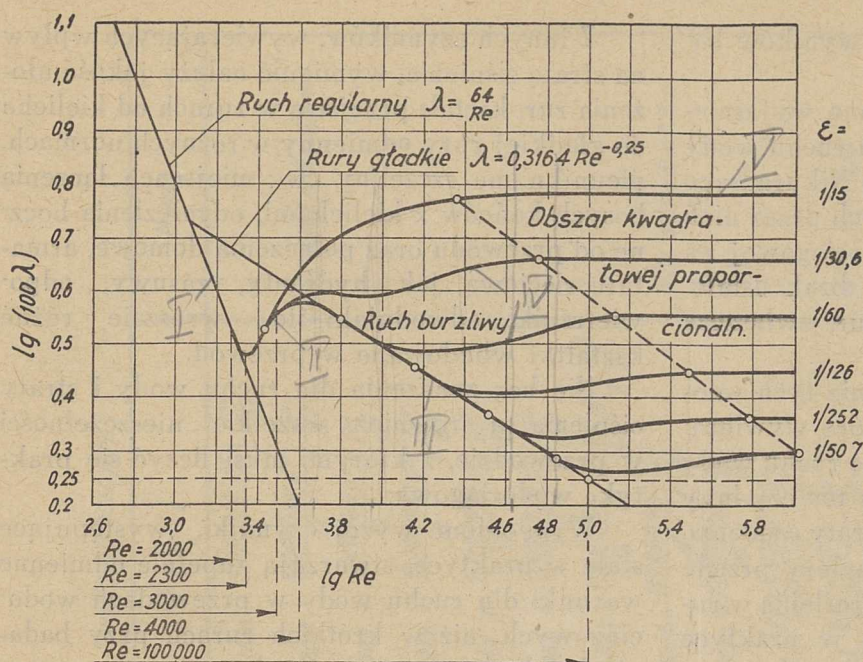
współczynnik oporu dla rur szorstkich zatracą zależność od  $Re$ , zachowując jednak zależność od  $\varepsilon$ , i przybiera wartość stałą, odrębną dla każdej szorstkości względnej (V cz. krzywej).

Strata ciśnienia w tym obszarze jest wprost proporcjonalna do kwadratu średniej prędkości cieczy w przewodzie (prawo proporcjonalności kwadratowej).

Przebieg zmienności współczynnika oporu  $\lambda$  przedstawiony jest na załączonym niżej wykresie, który jak i zasada podanej interpretacji wykresu zaczerpnięte są z pracy H. Richtera: „Hydraulika przewodów rurowych“ (tłumaczenie rosyjskie z uzupełnieniami inż. E. P. Szubina, 1936 r.).

<sup>9)</sup> Warunek (V) wyznacza właściwie nowy obszar kwadratowej proporcjonalności, w którym  $\lambda$  nie zależy od  $Re$ .





W obszarze proporcjonalności kwadratowej ma zastosowanie wzór:

$$\lambda = \frac{1}{(1,74 - 2 \lg \varepsilon)^2} \quad (16)$$

otrzymany z wzoru (14), po wstawieniu do niego wartości parametrów  $a'$ ,  $b$  i  $c'$  z warunku (V).

W praktyce wodociągowej nie mamy na ogół do czynienia z tym obszarem, ponieważ obejmuje on zbyt duże prędkości, nie stosowane w przewodach wodociągowych.

Początkowe prędkości tego obszaru dla rur stalowych i żeliwnych przy przyjętych wartościach  $\varepsilon$  wynoszą dla różnych średnic:

a) dla rur stalowych:

$$v_{st} = 10,08 + 2,36 \lg d^{10} \quad (17)$$

|       |      |      |      |       |
|-------|------|------|------|-------|
| $d =$ | 0,10 | 0,25 | 0,50 | 1,00  |
| $v =$ | 7,72 | 8,66 | 9,37 | 10,08 |

b) dla rur żeliwnych:

$$v_{żlw} = 6,44 + 1,57 \lg d^{10} \quad (18)$$

|       |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|
| $d =$ | 0,10 | 0,25 | 0,50 | 1,00 |
| $v =$ | 4,87 | 5,50 | 5,97 | 6,44 |

<sup>10)</sup> Wzory 17 i 18 wyprowadzone są dla temperatury wody  $T = 12^\circ \text{C}$ .

Podany wyżej przebieg zmienności współczynnika oporu  $\lambda$  wraz z wykresem może mieć zastosowanie do rur szorstkich, żeliwnych lub stalowych, tylko w stanie surowym, czyli nie asfaltowanych, gdyż tylko w rurach surowych szorstkość może być upodobniona w pewnym stopniu do sztucznej szorstkości, stosowanej przez Nikuradsego przy wspomnianych badaniach.

Asfaltowanie gruntownie zmienia właściwości powierzchni rury, zmniejszając znacznie stopień szorstkości z powodu wyrównania nierówności przez cienką a zarazem gładką powłokę asfaltową, oraz dzięki zwiększeniu odległości między występami, tworzącymi szorstkość.

Z tych też względów stopień szorstkości asfaltowanych rur stalowych i żeliwnych sprowadza się praktycznie do jednego poziomu, tym bardziej, jeżeli ma się do czynienia z rurami żeliwnymi odśrodkowo lanymi w formach stalowych.

Jak widać z poprzednich uwag, przebieg ruchu wody w rurach szorstkich dzięki pracom Nikuradsego i Prandtla został w znacznym stopniu wyjaśniony, prawa jednak przez nich wykryte nie mogą mieć na razie praktycznego zastosowania do asfaltowanych rur żeliwnych i stalowych, charakter bowiem szorstkości naturalnej tych rur jest zupełnie odmienny od szorstkości sztucznej, stosowanej w badaniach Nikuradsego i Prandtla.

Nie pozostaje więc na razie nic innego, jak stosować w praktyce wodociągowej wzory empiryczne, wybierając z nich najbardziej odpowiednie.

Mogą się zdarzyć oczywiście w praktyce wyjątkowe przypadki, kiedy przy obliczaniu przewidywanej straty ciśnienia w przewodzie wodociągowym, przeznaczonym do pracy w warunkach specjalnych, wymagana będzie możliwie duża dokładność. Wtedy szczegółowa analiza warunków pracy przewodu, np. koniecznych do uwzględnienia wahań prędkości, albo zmian temperatury wody, wykaże, czy nie wypadnie



rozważyć zagadnienia pod kątem wyników badań Nikuradsego.

Wyżej wspomniałem, że pomimo wyjaśnienia w znacznym stopniu przebiegu ruchu wody w rurach szorstkich dzięki pracom Nikuradsego i Prandtla, stosowanie opracowanych przez nich wzorów natrafia w praktyce wodociągowej na znaczne trudności ze względu na brak ustalonych metod oceny szorstkości rur, zwłaszcza asfaltowanych.

Poza tym utrudnia zastosowanie tych wzorów szereg innych czynników, które wywierają duży wpływ na kształtowanie się ruchu wody w przewodach wodociągowych i w ten czy inny sposób odbijają się na wielkości straty ciśnienia.

Do tych czynników zaliczyć należy przede wszystkim trudność dokładnego określenia w rurze średnicy wewnętrznej, która w praktyce ani nie bywa jednakową na całej długości przewodu, ani też nie równa się dokładnie średnicy nominalnej, przyjmowanej za podstawę do obliczeń. Normy niektórych państw przewidują wprawdzie dopuszczalne uchybienia wewnętrznej średnicy rur, większość jednak norm ogranicza się do określenia dopuszczalnych uchybień tylko dla zewnętrznej średnicy, zupełnie obojętnej pod względem hydraulicznym dla ruchu wody wewnątrz przewodu. Pomimo coraz większych postępów w produkcji rur wodociągowych żeliwnych i stalowych nie posiadają one zwykle na całej długości idealnie jednakowej średnicy, a rury tej samej nominalnej średnicy, nawet pochodzące z tej samej wytwórni i z tej samej partii, mogą wykazywać pewne różnice w średnicy wewnętrznej, z którymi praktyka wodociągowa zupełnie godzi się, które jednak powinny być brane pod uwagę przy dokładnych badaniach. Różnice te wprawdzie nie są zbyt duże i żadnymi ujemnymi konsekwencjami nie grożą wodociągom, nie mniej jednak wywierają pewien wpływ na kształtowanie się ruchu wody w przewodach, oczywiście tym większy im mniejsza jest średnica przewodu. Przy małej bowiem średnicy rury nawet 1–2-milimetrowe różnice wywierają już spory wpływ na wielkość straty ciśnienia<sup>11)</sup>. Poza tym sama technika pomiaru średnicy wewnętrznej w długich rurach stosowanych w praktyce bynajmniej nie jest łatwa.

<sup>11)</sup> Straty ciśnienia przy jednakowych przepływach są w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalne do piątych potęg średnic wewnętrznych.

Z innych czynników, wywierających wpływ na stratę ciśnienia, wymienić należy jakoś ułożenia rur, kształt przejścia w rurach od kielicha do gładkiej rury odmienny w różnych normach, nieuniknione szczeliny w miejscach łączenia bosych końców z kielichami, odgałęzienia boczne od przewodu oraz połączenia domowe, armaturę sieciową, jak hydranty, zasuwy, odpowietrzniki, odwodniaki itd., wreszcie różne kształtki wbudowane w przewód.

Nie bez znaczenia dla ruchu wody i straty ciśnienia są również wszelkie nieszczelności w przewodzie, z którymi musi liczyć się praktyka wodociągowa.

Wymienione wyżej czynniki, występujące stale w praktyce, stwarzają zupełnie odmienne warunki dla ruchu wody w przewodach wodociągowych, niż w krótkich rurach przy badaniach laboratoryjnych, wobec czego wzory, otrzymane na podstawie tych badań, nie mogą być bez zastrzeżeń stosowane do celów praktycznych, ani też nie mogą zapewnić w praktyce tej dokładności, jaka może być osiągnięta w warunkach laboratoryjnych.

Z powyższych względów wzory Nikuradsego dla rur szorstkich nie znajdują na razie zastosowania w praktyce wodociągowej, tym bardziej, że są bardziej skomplikowane od wielu używanych dawniejszych wzorów empirycznych, zwłaszcza o postaci logarytmicznej. Nie mniej jednak wzory Nikuradsego mogą służyć jako pewne kryterium przy ocenie stosowanych obecnie w praktyce wzorów empirycznych.

Dla umożliwienia krytycznego przeglądu bardziej znanych dawniejszych oraz nowszych wzorów dla straty ciśnienia podane są one w tabelarycznym zestawieniu (tabela Nr 2), przy czym dla ułatwienia porównania i łatwiejszego stosowania do obliczeń sprowadzone są wzory do 2-ech typowych postaci:

$$1) J = f(v, d) \text{ i } 2) J = f(Q, d).$$

Poza tym podane są w tejże tabeli Nr. 2 wartości lub wzory dla współczynnika oporu  $\lambda$ .

Wchodzące w skład wzorów wielkości:  $d$ ,  $v$  i  $Q$  wyrażone są w przyjętym w praktyce wodociągowej metrycznym układzie miar, a mianowicie:

$d$  — średnica wewnętrzna przewodu w m

$v$  — średnia prędkość wody w przewodzie „ m/sek

$Q$  — przepływ (objętość wody, przepływająca w ciągu 1 sek) „ m<sup>3</sup>/sek



**TABELA Nr. 2**  
Wzory dla jednostkowej straty ciśnienia w przewodach wodociągowych

| Nr. | Autor          | $J = \frac{\lambda}{2g} \cdot \frac{v^2}{d}$                                   | $J = f(v, d)$                                                                          | $J = f(Q, d)$                                                                                  | Uwagi                   |
|-----|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1   | Eytelwein 1794 | $\lambda = 0,021974 + \frac{0,0017266}{v}$                                     | $J = \left(0,001120 + \frac{0,000088}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,001816 + \frac{0,000112 d^2}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           | dla $0,125 < d < 0,5 m$ |
| 2   | Prony 1804     | $\lambda = 0,027331 + \frac{0,0013538}{v}$                                     | $J = \left(0,001393 + \frac{0,000069}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,002258 + \frac{0,000088 d^2}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           |                         |
| 3   | Dupuit 1854    | $\lambda = 0,030226 + \frac{0,001401}{v}$                                      | $J = \left(0,001541 + \frac{0,000071}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,002500 + \frac{0,000091 d^2}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           |                         |
| 4   | d'Aubuisson    | $\lambda = 0,026841 + \frac{0,0014126}{v}$                                     | $J = \left(0,001368 + \frac{0,000072}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,002218 + \frac{0,000092 d^2}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           |                         |
| 5   | Weisbach 1855  | $\lambda = 0,01439 + \frac{0,0094711}{v}$                                      | $J = \left(0,000733 + \frac{0,000483}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,001189 + \frac{0,000694 d^2}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           |                         |
| 6   | Zeuner 1855    | $\lambda = 0,014312 + \frac{0,010327}{v}$                                      | $J = \left(0,000729 + \frac{0,000526}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,001183 + \frac{0,000756 d^2}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           |                         |
| 7   | Cox            | $\lambda = 0,001 \left( 7,881 + \frac{69124}{v} - \frac{0,8306}{v^2} \right)$  | $J = 0,001 \left( 0,911 + \frac{0,347}{v} - \frac{0,042}{v^2} \right) \frac{v^2}{d^5}$ | $J = 0,001 \left( 1,477 + \frac{0,442 d^2}{Q} - \frac{0,042 d^4}{Q^2} \right) \frac{Q^2}{d^5}$ | dla $0,13 < d < 0,5 m$  |
| 8   | Darcy 1856     | $\lambda = 0,01989 + \frac{0,000508}{v}$                                       | $J = \left(0,001014 + \frac{0,000026}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,001644 + \frac{0,000042}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                               |                         |
| 9   | Darcy-Bazin    | $\lambda = 0,014911 + \frac{0,000000}{v}$                                      | $J = \left(0,000760 + \frac{0,000213}{v^2}\right) \frac{v^2}{d^5}$                     | $J = \left(0,001232 + \frac{0,000345}{Q}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                               | dla $m = 0,15$          |
| 10  | Kutter 1870    | $\lambda = 19,62 \left( \frac{P}{50} + \frac{2m + 1}{P} \right) \frac{P}{d^2}$ | $J = \left( \frac{P}{2m + 1} + \frac{P}{50} \right) \frac{v^2}{d^5}$                   | $J = 1,621 \left( \frac{P}{1291} + \frac{P}{50} \right) \frac{Q^2}{d^5}$                       |                         |
| 11  | Bazin          | $\lambda = 19,62 \left( \frac{P}{50} + \frac{2m + 1}{P} \right) \frac{P}{d^2}$ | $J = \left( \frac{P}{2m + 1} + \frac{P}{50} \right) \frac{v^2}{d^5}$                   | $J = 1,621 \left( \frac{P}{1291} + \frac{P}{50} \right) \frac{Q^2}{d^5}$                       | dla $d < 0,5 m$         |
| 12  | Knauf          | $\lambda = 0,006486 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{P}{d^2}$             | $J = 0,000330 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{v^2}{d^5}$                         | $J = 0,000536 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{Q^2}{d^5}$                                 | dla $d \geq 0,5 m$      |
| 12a | Knauf          | $\lambda = 0,007393 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{P}{d^2}$             | $J = 0,000377 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{v^2}{d^5}$                         | $J = 0,000611 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{Q^2}{d^5}$                                 |                         |
| 13  | Gorbaczow 1909 | $\lambda = 19,62 \left( \frac{P}{50} + \frac{2m + 1}{P} \right) \frac{P}{d^2}$ | $J = \left( \frac{P}{0,32 + 21} + \frac{P}{7010} \right) \frac{v^2}{d^5}$              | $J = 1,621 \left( \frac{P}{1291} + \frac{P}{50} \right) \frac{Q^2}{d^5}$                       | dla rur starych         |
| 14  | Fantoli        | $\lambda = 0,010379 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{P}{d^2}$             | $J = 0,000529 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{v^2}{d^5}$                         | $J = 0,00088 \left( \frac{P}{50} + 1 \right) \frac{Q^2}{d^5}$                                  | dla rur nowych          |
| 15  | Lévy           |                                                                                | $J = \frac{0,0051}{1 + 3\sqrt{v}} \cdot \frac{v^2}{d^5}$                               | $J = \frac{0,00247}{0,000000} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$                                           |                         |



TABELA Nr. 2 (dalszy ciąg)

| Nr. | Autor                                                                                                       | $J = \frac{\lambda}{2g} \cdot \frac{v^2}{d}$                                                                                                                                                                                                                                                                      | $J = f(v, d)$                                                                                     | $J = f(Q, d)$                                                                                              | Uwagi                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16  | Frank                                                                                                       | $\lambda = 0,010045 + \frac{0,007548}{\sqrt{d}}$                                                                                                                                                                                                                                                                  | $J = \left(0,000512 + \frac{0,0003847}{\sqrt{d}}\right) \frac{v^2}{d}$                            | $J = \left(0,000830 + \frac{0,000624}{\sqrt{d}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                                    | $\left\{ \begin{array}{l} \text{dla } \alpha = 0,015; \\ t = 12^\circ\text{C} \\ \nu = 1,235 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek.} \\ d, \text{ średnica wewnętrzna rury} \\ \text{zanieczyszczonej} \end{array} \right.$ |
| 17  | Sonne                                                                                                       | $\lambda = 0,001 \left( 17,07 + \frac{2,3534}{\sqrt{d}} + \frac{0,5886}{d} \right)$                                                                                                                                                                                                                               | $J = \frac{0,87d + 0,12\sqrt{d} + 0,03}{1000d} \cdot \frac{v^2}{d}$                               | $J = \frac{1,4104d + 0,19454\sqrt{d} + 0,04864}{1000d} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$                              |                                                                                                                                                                                                                           |
| 18  | Lang<br>dla rur bardzo gładkich<br>$\alpha = 0,011$ do $0,012$<br>dla rur nowych żeliwnych $\alpha = 0,015$ | $\lambda = \alpha + 16 \sqrt{\frac{\alpha}{Re}}$                                                                                                                                                                                                                                                                  | $J = \left(0,000765 + \frac{0,000111}{\sqrt{d}}\right) \frac{v^2}{d}$                             | $J = \left(0,001239 + \frac{0,000159\sqrt{d}}{\sqrt{Q}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                            |                                                                                                                                                                                                                           |
| 18a | Lang: dla rur bardzo zanieczyszczonych                                                                      | $\lambda = \left(\frac{d}{d_i}\right)^5 \left(0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{d_i}}\right)$                                                                                                                                                                                                                            | $J = \left(0,001019 + \frac{0,000092}{\sqrt{d_i}}\right) \frac{d^5 v^2}{(d_i)^5 d}$               | $J = \left(0,001653 + \frac{0,000132\sqrt{d}}{\sqrt{Q_i}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                          |                                                                                                                                                                                                                           |
| 18b | Läng: wzór przybliżony                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $J = \left(0,001 + \frac{0,0001}{\sqrt{d}}\right) \frac{v^2}{d}$                                  | $J = \left(0,001621 + \frac{0,000144\sqrt{d}}{\sqrt{Q}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                            |                                                                                                                                                                                                                           |
| 19  | Biel                                                                                                        | $\lambda = 0,01962 \left( 0,48 + \frac{8f}{\sqrt{d}} + \frac{8b\gamma}{\sqrt{d}} \right)$                                                                                                                                                                                                                         | dla rur nowych żeliwnych<br>$f = 0,036$<br>$b = 0,46$                                             |                                                                                                            | dla $t = 12^\circ\text{C}$                                                                                                                                                                                                |
| 19a | Biel<br>dla rur bardzo gładkich<br>dla rur nowych stalowych<br>dla rur nowych żeliwnych                     | $\lambda = 0,00942 + \sqrt{\frac{e}{d}} + \sqrt{\frac{d}{\tau}} \cdot Re^{-1}$<br>$e = 10^{-5} \text{ m}; \quad \tau = 0,45 \cdot 10^{-6} \text{ m}$<br>$e = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}; \quad \tau = 0,80 \cdot 10^{-6} \text{ m}$<br>$e = 32 \cdot 10^{-6} \text{ m}; \quad \tau = 1,90 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ | Oba wzory Biela dają ten sam wynik                                                                | $J = 0,001 \left( 0,777 + \frac{0,467}{\sqrt{d}} + \frac{0,058d^{1,5}}{Q} \right) \frac{Q^2}{d^5}$         | $\left\{ \begin{array}{l} \text{dla } t = 12^\circ\text{C} \\ \nu = 1,235 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek.} \\ \text{dla } e = 32 \cdot 10^{-6} \\ \tau = 1,9 \cdot 10^{-6} \end{array} \right.$                      |
| 20  | Mises<br>dla asfaltowanych rur żeliw i stal<br>dla nowych rur żeliwnych<br>dla starych rur żeliwnych        | $\lambda = 0,0096 + 4 \sqrt{\frac{k}{d}} + \sqrt{\frac{3}{Re}}$<br>$10^3 k = 60$ do $120$<br>$10^3 k = 200$ do $400$<br>$10^3 k = 500$ do $1000$                                                                                                                                                                  | $J = 0,001 \left( 0,479 + \frac{0,288}{\sqrt{d}} + \frac{0,046}{v\sqrt{d}} \right) \frac{v^2}{d}$ | $J = 0,001 \left( 0,793 + \frac{0,572}{\sqrt{d}} + \frac{0,141\sqrt{d}}{\sqrt{Q}} \right) \frac{Q^2}{d^5}$ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{dla } t = 12^\circ\text{C} \\ \nu = 1,235 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek.} \\ k = 300 \cdot 10^{-8} \end{array} \right.$                                                             |
| 21  | Jacob — Erck<br>dla $100\,000 < Re < 460\,000$                                                              | $\lambda = 0,00714 + 0,0104 Re^{-0,255}$                                                                                                                                                                                                                                                                          | $J = \left(0,000364 + \frac{0,000266}{v^{0,35} d^{0,35}}\right) \frac{v^2}{d}$                    | $J = \left(0,00059 + \frac{0,000396 d^{0,255}}{Q^{0,35}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                           | dla $t = 12^\circ\text{C}$<br>$\nu = 1,235 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek}$                                                                                                                                          |
| 22  | Blasius Nikuradse<br>dla $125\,000 < Re < 3\,240\,000$                                                      | $\lambda = 0,0032 + 0,221 Re^{-0,237}$                                                                                                                                                                                                                                                                            | $J = \left(0,000163 + \frac{0,000448}{v^{0,237} d^{0,237}}\right) \frac{v^2}{d}$                  | $J = \left(0,000264 + \frac{0,000686 d^{0,237}}{Q^{0,237}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$                         | dla $t = 12^\circ\text{C}$<br>$\nu = 1,235 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek}$                                                                                                                                          |
| 23  | Nikuradse                                                                                                   | $\lambda = \frac{1}{\left[ \frac{a}{d} + b \lg \left( \frac{Re}{\sqrt{d}} \right) + c \lg \epsilon \right]^2}$                                                                                                                                                                                                    | Wartości parametrów a, b, c podane są w tekście                                                   |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                           |



TABELA Nr. 2 (dokończenie)

| Nr. | Autor                                                                                                  | $J = \frac{\lambda}{2g} \cdot \frac{v^2}{d}$        | $J = f(v, d)$                                                                                 | $J = f(Q, d)$                                                                                 | Uwagi                                   |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 24  | Dupuit 1854                                                                                            | $\lambda = 0,030215$                                | $J = 0,00154 \frac{v^2}{d}$                                                                   | $J = 0,0025 \frac{Q^2}{d^5}$                                                                  | rury stare                              |
| 25  | Bress                                                                                                  | $\lambda = 0,039240$                                | $J = 0,002 \frac{v^2}{d}$                                                                     | $J = 0,00324 \frac{Q^2}{d^5}$                                                                 | rury stare żeliwne<br>d = 0,10 do 0,125 |
| 26  | Christen 1903                                                                                          | $\lambda = 0,019522 \frac{1}{d^{0,25}}$             | $J = 0,000995 \frac{v^2}{d^{1,25}}$                                                           | $J = 0,001613 \frac{Q^2}{d^{5,25}}$                                                           |                                         |
| 27  | Frochheimer                                                                                            | $\lambda = 0,016147 \frac{1}{d^{0,4}}$              | $J = 0,000823 \frac{v^2}{d^{1,4}}$                                                            | $J = 0,001334 \frac{Q^2}{d^{5,4}}$                                                            |                                         |
| 28  | Manning 1890                                                                                           | $\lambda = 124,587 \frac{n^2}{\sqrt{d}}$            |                                                                                               |                                                                                               |                                         |
|     | dla rur żeliw. nowych $n=0,01$<br>" " " starych $n=0,012$                                              | $\lambda = 0,012459 \frac{1}{\sqrt{d}}$             | $J = \begin{cases} 0,000635 \frac{v^2}{d^{1,333}} \\ 0,000914 - \text{"} - \end{cases}$       | $J = \begin{cases} 0,0010294 \frac{Q^2}{d^{5,333}} \\ 0,0014822 - \text{"} - \end{cases}$     | rury nowe<br>rury stare                 |
| 29  | Lummert                                                                                                | $\lambda = 0,022543 \frac{1}{d^{0,46}}$             | $J = 0,001149 \frac{v^2}{d^{1,46}}$                                                           | $J = 0,001863 \frac{Q^2}{d^{5,46}}$                                                           | rury stare                              |
| 30  | Pawłowski                                                                                              | $\lambda = 0,017854 \frac{1}{\sqrt{d}}$             | $J = 0,000910 \frac{v^2}{d^{1,333}}$                                                          | $J = 0,001476 \frac{Q^2}{d^{5,333}}$                                                          | rury stare                              |
| 31  | Vallot-Lévy                                                                                            | $\lambda = 0,029685 \frac{1}{\sqrt{d}}$             | $J = 0,001513 \frac{v^2}{d^{1,333}}$                                                          | $J = 0,002452 \frac{Q^2}{d^{5,333}}$                                                          | rury stare                              |
| 32  | Saint-Venant 1851                                                                                      | $\lambda = 0,023190 \frac{1}{v^{2/7}}$              | $J = 0,001182 \frac{v^{12/7}}{d}$                                                             | $J = 0,001789 \frac{Q^{12/7}}{d^{31/7}}$                                                      |                                         |
| 33  | Biegeleisen-Bukowski                                                                                   | $\lambda = 0,023544 \frac{1}{d^{0,1} v^{0,1}}$      | $J = \begin{cases} 0,0012 \frac{v^{1,9}}{d^{1,1}} \\ 0,002567 - \text{"} - \end{cases}$       | $J = \begin{cases} 0,0019 \frac{Q^{1,9}}{d^{4,9}} \\ 0,004061 - \text{"} - \end{cases}$       | rury nowe<br>rury stare                 |
| 34  | Tutton                                                                                                 | $\lambda = 0,18620 \frac{1}{d^{0,25} v^{0,039}}$    | $J = 0,000949 \frac{v^{1,961}}{d^{1,294}}$                                                    | $J = 0,001524 \frac{Q^{1,961}}{d^{5,216}}$                                                    |                                         |
| 35  | Flamant                                                                                                | $\lambda = 0,014519 \frac{1}{d^{0,25} v^{0,25}}$    | $J = \begin{cases} 0,00074 \frac{v^{1,75}}{d^{1,25}} \\ 0,00092 - \text{"} - \end{cases}$     | $J = \begin{cases} 0,00113 \frac{Q^{1,75}}{d^{4,75}} \\ 0,0014 - \text{"} - \end{cases}$      | rury nowe<br>rury stare                 |
| 36  | Lampe 1873                                                                                             | $\lambda = 0,014833 \frac{1}{d^{0,25} v^{0,198}}$   | $J = 0,000756 \frac{v^{1,802}}{d^{1,25}}$                                                     | $J = 0,001168 \frac{Q^{1,802}}{d^{4,856}}$                                                    |                                         |
| 37  | Lindley                                                                                                | $\lambda = 0,0133 \frac{1}{d^{0,25} v^{0,2}}$       | $J = \begin{cases} 0,000678 \frac{v^{1,5}}{d^{1,25}} \\ 0,001018 - \text{"} - \end{cases}$    | $J = \begin{cases} 0,001047 \frac{Q^{1,8}}{d^{4,85}} \\ 0,001573 - \text{"} - \end{cases}$    | rury nowe<br>rury stare                 |
| 38  | Brinkhaus                                                                                              | $\lambda = 0,018031 \frac{1}{d^{0,23} v^{0,23}}$    | $J = 0,000919 \frac{v^{1,77}}{d^{1,23}}$                                                      | $J = 0,001409 \frac{Q^{1,77}}{d^{4,77}}$                                                      |                                         |
| 39  | Lang-Behrens                                                                                           | $\lambda = 0,015206 \frac{1}{d^{0,35} v^{0,13}}$    | $J = 0,000775 \frac{v^{1,87}}{d^{1,36}}$                                                      | $J = 0,001218 \frac{Q^{1,87}}{d^{5,10}}$                                                      |                                         |
| 40  | Brabbée                                                                                                | $\lambda = 0,008766 \frac{1}{d^{0,29} v^{0,219}}$   | $J = 0,000447 \frac{v^{1,781}}{d^{1,298}}$                                                    | $J = 0,000687 \frac{Q^{1,781}}{d^{4,86}}$                                                     | rury nowe żeliwne                       |
| 41  | Foss 1894                                                                                              | $\lambda = 0,014833 \frac{1}{d^{1/3} v^{1/6}}$      | $J = 0,000756 \frac{v^{11/6}}{d^{4/3}}$                                                       | $J = 0,001177 \frac{Q^{11/6}}{d^5}$                                                           |                                         |
| 42  | Hazen-Williams                                                                                         | $\lambda = 0,014205 \frac{1}{d^{10/167} v^{0,148}}$ | $J = \begin{cases} 0,000724 \frac{v^{1,852}}{d^{1,167}} \\ 0,000963 - \text{"} - \end{cases}$ | $J = \begin{cases} 0,001132 \frac{Q^{1,825}}{d^{4,871}} \\ 0,001506 - \text{"} - \end{cases}$ | rury gładkie<br>rury stare              |
| 43  | Wegmann-Aeryns                                                                                         | $\lambda = 0,106 Re^{-0,145} d^{0,196}$             |                                                                                               |                                                                                               |                                         |
|     | dla $20\,000 < Re < 200\,000$                                                                          | $\lambda = 0,014743 \frac{1}{d^{0,34} v^{0,145}}$   | $J = 0,000751 \frac{v^{1,855}}{d^{1,341}}$                                                    | $J = 0,001176 \frac{Q^{1,855}}{d^{5,051}}$                                                    | dla $t = 12^\circ C$                    |
| 44  | Hopf-Form                                                                                              | $\lambda = 0,01 \left( \frac{k}{d} \right)^{0,314}$ |                                                                                               |                                                                                               |                                         |
|     | rury asfalt. stal. $k=1,5$<br>" nowe żeliw. $k=2,5$<br>" stare stal. $k=5,0$<br>" stare żeliw. $k=7,0$ | $\lambda = 0,013342 \frac{1}{d^{0,314}}$            | $J = 0,000680 \frac{v^2}{d^{1,314}}$<br>$J = 0,000939 \frac{v^2}{d^{1,314}}$                  | $J = 0,001102 \frac{Q^2}{d^{5,314}}$<br>$J = 0,001522 \frac{Q^2}{d^{5,314}}$                  | rury nowe żeliwne<br>rury stare żeliwne |
| 45  | Blasius 1913                                                                                           | $\lambda = 0,3164 Re^{-0,25}$                       |                                                                                               |                                                                                               |                                         |
|     | dla $4000 < Re < 100\,000$                                                                             | $\lambda = 0,010550 \frac{1}{d^{0,25} v^{0,25}}$    | $J = 0,0005377 \frac{v^{1,75}}{d^{1,25}}$                                                     | $J = 0,000820 \frac{Q^{1,75}}{d^{4,75}}$                                                      | dla $t = 12^\circ C$                    |



$J$  — jednostkowa strata ciśnienia w  
m. sł. w, na dług, 1 m „ m/m

Wartości występujących w niektórych wzorach parametrów podane są przy odpowiednich wzorach.

Zestawienie tabelaryczne (tabela 2) obejmuje wzory przeważnie dla nowych asfaltowanych rur żeliwnych. Jeżeli autorzy wyznaczyli odrębne współczynniki dla rur starych, to podane są w tabeli oba wzory — dla rur nowych i starych. Wartość współczynnika  $\lambda$  z braku miejsca podana jest tylko dla jednego stanu rur.

W tych przypadkach, gdzie to było możliwe, podany jest rok ogłoszenia wzoru.

Wzory zebrane są w 2-ch grupach: do pierwszej włączone są wzory wyrażone w postaci nielogarytmicznej, do drugiej — wzory w postaci logarytmicznej.

Przy końcu każdej grupy podane są najnowsze wzory.

Wzory, oparte na liczbie Reynoldsa ( $Re$ ) obliczone zostały dla temperatury  $12^{\circ}\text{C}$ , którą w przybliżeniu można uważać za średnią roczną temperaturę wody w sieci większości wodociągów. W przypadkach specjalnych wypadnie przeliczyć odpowiedni wzór dla właściwej temperatury.

Przytoczone w tabeli Nr. 2 wzory można podzielić na następujące typy w zależności od funkcyjnego charakteru współczynnika  $\lambda$ :

- 1) Współczynnik oporu jest wielkością stałą  $\lambda = \text{const.}$ , wzory 24 i 25.
- 2) Współczynnik oporu zależny jest tylko od średnicy przewodu:  $\lambda = f(d)$ , wzory 8 do 17, oraz 26 do 31.
- 3) Współczynnik oporu zależny jest tylko od prędkości wody w przewodzie  $\lambda = f(v)$  wzory 1 do 7, oraz 32.
- 4) Współczynnik oporu zależny jest od średnicy i od prędkości:  $\lambda = f(d, v)$ , wzory 18a, 18b oraz 33 do 43.
- 5) W nowych wzorach współczynnik oporu jest funkcją bądź szorstkości względnej:  $\lambda = f(\epsilon)$  — wzór 44, bądź liczby Reynoldsa:  $\lambda = f(Re)$ , wzory 18, 21, 22 i 45, bądź wreszcie obu tych wielkości:  $\lambda = f(Re, \epsilon)$ , wzory 19, 20 i 23.

Dla łatwiejszego porównania zestawione są w tabeli Nr. 3 wartości straty ciśnienia, wyrażone w ‰, obliczone według różnych wzorów dla średnic przewodów:  $d = 0,10\text{ m}$ ,  $0,25\text{ m}$ ,  $0,50\text{ m}$  i  $1,00\text{ m}$ , oraz dla prędkości wody w przewodach:  $v = 0,10\text{ m/sek}$ ,  $0,50\text{ m/sek}$ ,  $1,00\text{ m/sek}$  i  $1,50\text{ m/sek}$ .

W tabeli Nr. 3 dla orientacji czytelników i ułatwienia im obliczeń przytoczone są dodatkowe dane a mianowicie: 1) zaokrąglone wartości liczby Reynoldsa dla każdej średnicy i prędkości przy temperaturze  $T = 12^{\circ}\text{C}$ , 2) wartości liczby Reynoldsa  $Re_1$  — dla poszczególnych średnic nowych rur żeliwnych przy wartości szorstkości bezwzględnej (wysokości występow):  $e_1 = 0,3 \cdot 10^{-3}$  w celu ułatwienia określenia obszaru, wg którego ma być obliczony współczynnik oporu  $\lambda$  we wzorze Nikuradsego, 3) Wartości szorstkości względnej  $\epsilon_1$  dla poszczególnych średnic nowych rur żeliwnych przy przyjętej szorstkości bezwzględnej:  $e_1 = 0,3 \cdot 10^{-3}$ , 4) to samo dla szorstkości bezwzględnej dwukrotnie większej:  $e_2 = 0,6 \cdot 10^{-3}$ , 5) najmniejsze i największe wartości współczynnika oporu we wzorze Nikuradsego Nr. 23 —  $(\lambda_1)_{\min}$  i  $(\lambda_1)_{\max}$  dla szorstkości bezwzględnej:  $e_1 = 0,3 \cdot 10^{-3}$ , w celu ułatwienia próbnych obliczeń współczynnika oporu wg wzoru Nikuradsego Nr. 23, 6) to samo, czyli  $(\lambda_2)_{\min}$  i  $(\lambda_2)_{\max}$ , dla szorstkości bezwzględnej dwukrotnie większej:  $e_2 = 0,6 \cdot 10^{-3}$ .

Z zestawienia tego wynika, że znaczna większość wzorów daje straty ciśnienia większe niż wzór Nikuradsego Nr. 23 i że wogóle straty ciśnienia, obliczone na podstawie różnych wzorów, różnią się między sobą naogół bardzo znacznie.

Z punktu widzenia badań Nikuradsego wzory typu pierwszego oraz drugiego, jako spełniające prawo kwadratowej proporcjonalności, nadają się tylko do ostatniego obszaru zmienności współczynnika  $\lambda$ , który to obszar obejmuje, jak to już było wyżej wspomniane, duże prędkości, nie stosowane w praktyce wodociągowej. Wzory te poza tym byłyby odpowiednie tylko dla pewnej określonej wartości szorstkości względnej.

Wzory typu trzeciego i czwartego z punktu widzenia badań Nikuradsego mogą być odpo-

Administracja „Gazu, Wody i Techniki Sanitarnej“ uprzejmie prosi o uregulowanie prenumeraty za IV kwartał 1947 r.

Przy wpłatach na P. K. O. prosimy o czytelne wypełnianie blankietów z dokładnym podaniem nazwiska wpłacającego (wzgl. nazwy instytucji), adresu oraz z wskazaniem za co wpłata jest uskuteczniata.



Tabela Nr 3. Strata ciśnienia w ‰.

| Nr                                                                                                                                                                                                                                    | Autor wzoru<br>$v =$           | $\varnothing$ 0,10                     |                |                |                 | $\varnothing$ 0,25                      |                |                |                | $\varnothing$ 0,50                       |                |                |                | $\varnothing$ 1,00                       |                |                |                 | Uwagi    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------|
|                                                                                                                                                                                                                                       |                                | 0,10                                   | 0,50           | 1,00           | 1,50            | 0,10                                    | 0,50           | 1,00           | 1,50           | 0,10                                     | 0,50           | 1,00           | 1,50           | 0,10                                     | 0,50           | 1,00           | 1,50            |          |
| 5                                                                                                                                                                                                                                     | Weisbach . . . . .             | 0,23                                   | 3,54           | 12,16          | 25,40           | 0,09                                    | 1,42           | 4,86           | 10,15          | 0,045                                    | 0,71           | 2,43           | 5,07           | 0,023                                    | 0,35           | 1,22           | 2,54            |          |
| 8                                                                                                                                                                                                                                     | Darcy . . . . .                | 0,13                                   | 3,19           | 12,74          | 28,67           | 0,04                                    | 1,12           | 4,47           | 10,06          | 0,02                                     | 0,53           | 2,13           | 4,80           | 0,01                                     | 0,26           | 1,04           | 2,34            |          |
| 9                                                                                                                                                                                                                                     | Darcy-Bazin . . . . .          | 0,29                                   | 7,23           | 28,9           | 65,03           | 0,06                                    | 1,61           | 6,45           | 14,51          | 0,02                                     | 0,59           | 2,37           | 5,34           | 0,01                                     | 0,24           | 0,97           | 2,19            |          |
| 10                                                                                                                                                                                                                                    | Kutter . . . . .               | 0,15                                   | 3,80           | 15,19          | 34,17           | 0,04                                    | 1,02           | 4,10           | 9,22           | 0,02                                     | 0,41           | 1,62           | 3,65           | 0,007                                    | 0,17           | 0,68           | 1,52            | m=0,15   |
|                                                                                                                                                                                                                                       | " . . . . .                    | 0,27                                   | 6,67           | 26,65          | 60,00           | 0,06                                    | 1,60           | 6,40           | 14,40          | 0,02                                     | 0,59           | 2,33           | 5,26           | 0,009                                    | 0,23           | 0,90           | 2,03            | m=0,25   |
| 11                                                                                                                                                                                                                                    | Bazin . . . . .                | 0,21                                   | 5,35           | 21,39          | 48,13           | 0,06                                    | 1,42           | 5,69           | 12,79          | 0,02                                     | 0,56           | 2,23           | 5,01           | 0,009                                    | 0,23           | 0,92           | 2,07            |          |
| 13                                                                                                                                                                                                                                    | Gorbaczow (m=0,32) . . . . .   | 0,17                                   | 4,36           | 17,45          | 39,25           | 0,06                                    | 1,42           | 5,69           | 12,87          | 0,02                                     | 0,61           | 2,46           | 5,52           | 0,01                                     | 0,27           | 1,10           | 2,47            |          |
| 14                                                                                                                                                                                                                                    | Fantoli . . . . .              | 0,32                                   | 7,97           | 31,86          | 71,69           | 0,08                                    | 1,95           | 7,80           | 17,55          | 0,03                                     | 0,72           | 2,89           | 6,49           | 0,01                                     | 0,28           | 1,13           | 2,54            |          |
| 15                                                                                                                                                                                                                                    | Levy . . . . .                 | 0,09                                   | 2,26           | 9,04           | 20,33           | 0,03                                    | 0,73           | 2,93           | 6,60           | 0,01                                     | 0,30           | 1,21           | 2,72           | 0,005                                    | 0,12           | 0,48           | 1,09            |          |
| 16                                                                                                                                                                                                                                    | Frank . . . . .                | 0,17                                   | 4,32           | 17,29          | 38,90           | 0,05                                    | 1,28           | 5,13           | 11,53          | 0,02                                     | 0,53           | 2,11           | 4,75           | 0,009                                    | 0,22           | 0,90           | 2,02            |          |
| 17                                                                                                                                                                                                                                    | Sonne . . . . .                | 0,16                                   | 3,87           | 15,50          | 34,87           | 0,05                                    | 1,23           | 4,92           | 11,07          | 0,02                                     | 0,55           | 2,20           | 4,95           | 0,01                                     | 0,26           | 1,02           | 2,30            |          |
| 18                                                                                                                                                                                                                                    | Lang . . . . .                 | 0,19                                   | 3,15           | 11,16          | 23,66           | 0,06                                    | 1,08           | 3,95           | 8,51           | 0,03                                     | 0,49           | 1,84           | 4,02           | 0,01                                     | 0,23           | 0,88           | 1,83            |          |
| 19                                                                                                                                                                                                                                    | Biel . . . . .                 | 0,28                                   | 4,20           | 15,35          | 33,45           | 0,05                                    | 1,24           | 4,59           | 10,05          | 0,03                                     | 0,51           | 1,90           | 4,19           | 0,01                                     | 0,21           | 0,81           | 1,79            |          |
| 20                                                                                                                                                                                                                                    | Mises . . . . .                | 0,26                                   | 5,11           | 19,15          | 41,82           | 0,07                                    | 1,47           | 5,56           | 12,20          | 0,03                                     | 0,59           | 2,25           | 4,96           | 0,01                                     | 0,25           | 0,94           | 2,08            |          |
| 26                                                                                                                                                                                                                                    | Christen . . . . .             | 0,18                                   | 4,42           | 17,69          | 39,81           | 0,06                                    | 1,41           | 5,63           | 12,66          | 0,02                                     | 0,59           | 2,37           | 5,33           | 0,01                                     | 0,25           | 1,00           | 2,24            |          |
| 27                                                                                                                                                                                                                                    | Forchheimer . . . . .          | 0,21                                   | 5,17           | 20,67          | 46,51           | 0,06                                    | 1,43           | 5,73           | 12,90          | 0,02                                     | 0,54           | 2,17           | 4,89           | 0,008                                    | 0,21           | 0,82           | 1,85            |          |
| 28                                                                                                                                                                                                                                    | Manning . . . . .              | 0,14                                   | 3,39           | 13,58          | 30,55           | 0,04                                    | 1,00           | 4,01           | 9,03           | 0,016                                    | 0,40           | 1,60           | 3,59           | 0,006                                    | 0,16           | 0,64           | 1,43            | n=0,010  |
|                                                                                                                                                                                                                                       | " . . . . .                    | 0,20                                   | 4,89           | 19,55          | 43,99           | 0,06                                    | 1,44           | 5,78           | 13,00          | 0,029                                    | 0,58           | 2,30           | 5,17           | 0,009                                    | 0,23           | 0,91           | 2,06            | n=0,012  |
| 33                                                                                                                                                                                                                                    | Biegeleisen-Bukowski . . . . . | 0,19                                   | 4,05           | 15,11          | 32,64           | 0,67                                    | 1,48           | 5,51           | 11,91          | 0,03                                     | 0,69           | 2,57           | 5,56           | 0,02                                     | 0,32           | 1,20           | 2,59            |          |
| 35                                                                                                                                                                                                                                    | Flamant . . . . .              | 0,23                                   | 3,91           | 13,16          | 26,75           | 0,07                                    | 1,25           | 4,19           | 8,51           | 0,03                                     | 0,52           | 1,76           | 3,58           | 0,014                                    | 0,22           | 0,74           | 1,50            |          |
| 37                                                                                                                                                                                                                                    | Lindley . . . . .              | 0,29                                   | 5,20           | 18,13          | 37,56           | 0,09                                    | 1,65           | 5,76           | 11,95          | 0,04                                     | 0,70           | 2,42           | 5,02           | 0,016                                    | 0,29           | 1,02           | 2,11            |          |
| 38                                                                                                                                                                                                                                    | Brinkhaus . . . . .            | 0,27                                   | 4,58           | 15,61          | 31,99           | 0,09                                    | 1,48           | 5,07           | 10,36          | 0,04                                     | 0,63           | 2,16           | 4,42           | 0,016                                    | 0,27           | 0,92           | 1,88            |          |
| 39                                                                                                                                                                                                                                    | Lang-Behrens . . . . .         | 0,24                                   | 4,86           | 17,75          | 37,90           | 0,07                                    | 1,40           | 5,11           | 10,90          | 0,03                                     | 0,54           | 1,99           | 4,25           | 0,01                                     | 0,21           | 0,78           | 1,65            |          |
| 41                                                                                                                                                                                                                                    | Foss . . . . .                 | 0,24                                   | 4,57           | 16,29          | 34,25           | 0,07                                    | 1,35           | 4,80           | 10,10          | 0,03                                     | 0,53           | 1,91           | 4,01           | 0,011                                    | 0,21           | 0,76           | 1,59            |          |
| 42                                                                                                                                                                                                                                    | Hazen-Williams . . . . .       | 0,17                                   | 3,38           | 12,20          | 25,85           | 0,06                                    | 1,16           | 4,19           | 8,87           | 0,026                                    | 0,52           | 1,87           | 3,95           | 0,012                                    | 0,23           | 0,83           | 1,76            | r. nowe  |
|                                                                                                                                                                                                                                       | " . . . . .                    | 0,195                                  | 3,88           | 14,00          | 29,65           | 0,069                                   | 1,33           | 4,82           | 10,17          | 0,03                                     | 0,60           | 2,14           | 4,53           | 0,014                                    | 0,262          | 0,96           | 2,02            | r. stare |
| 43                                                                                                                                                                                                                                    | Wegman-Aeryns . . . . .        | 0,23                                   | 4,55           | 16,54          | 35,09           | 0,07                                    | 1,34           | 4,84           | 10,27          | 0,03                                     | 0,53           | 1,91           | 4,05           | 0,011                                    | 0,21           | 0,75           | 1,59            |          |
| 44                                                                                                                                                                                                                                    | Hopf-From . . . . .            | 0,14                                   | 3,50           | 14,01          | 31,52           | 0,04                                    | 1,05           | 4,20           | 9,46           | 0,017                                    | 0,42           | 1,69           | 3,80           | 0,007                                    | 0,17           | 0,68           | 1,53            | k=2,5    |
|                                                                                                                                                                                                                                       | " . . . . .                    | 0,19                                   | 4,82           | 19,30          | 43,50           | 0,055                                   | 1,45           | 5,80           | 13,05          | 0,023                                    | 0,58           | 2,33           | 5,25           | 0,010                                    | 0,23           | 0,94           | 2,11            | k=7,0    |
| 45                                                                                                                                                                                                                                    | Blasius . . . . .              | 0,17                                   | 2,84           | 9,56           | 19,44           | 0,05                                    | 0,90           | 3,04           | 6,18           | 0,02                                     | 0,38           | 1,28           | 2,60           | 0,01                                     | 0,16           | 0,54           | 1,09            |          |
| 22                                                                                                                                                                                                                                    | Blasius-Nikuradse . . . . .    | 0,15                                   | 2,69           | 9,36           | 19,47           | 0,05                                    | 0,90           | 3,14           | 6,55           | 0,02                                     | 0,39           | 1,38           | 2,89           | 0,015                                    | 0,17           | 0,61           | 1,28            |          |
| 23                                                                                                                                                                                                                                    | Nikuradse . . . . .            | 0,17                                   | 2,97           | 11,76          | 27,21           | 0,05                                    | 0,96           | 3,74           | 8,57           | 0,02                                     | 0,41           | 1,60           | 3,64           | 0,01                                     | 0,18           | 0,70           | 1,56            |          |
| Dla $T = 12^{\circ}\text{C}$ $Re \approx$                                                                                                                                                                                             |                                | $8 \cdot 10^3$                         | $4 \cdot 10^4$ | $8 \cdot 10^4$ | $12 \cdot 10^4$ | $2 \cdot 10^4$                          | $1 \cdot 10^5$ | $2 \cdot 10^5$ | $3 \cdot 10^5$ | $4 \cdot 10^4$                           | $2 \cdot 10^5$ | $4 \cdot 10^5$ | $6 \cdot 10^5$ | $8 \cdot 10^4$                           | $4 \cdot 10^5$ | $8 \cdot 10^5$ | $12 \cdot 10^5$ |          |
| Dla rur żeliwn. $\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_1 = \\ \text{przy } e=0,3 \cdot 10^{-3} \\ \text{i } T_{\text{wody}}=12^{\circ}\text{C} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} Re_1 = \\ \lambda_1 = \end{array} \right.$ |                                | 0,006<br>20610<br>0,023070 do 0,026152 |                |                |                 | 0,0024<br>58740<br>0,018362 do 0,020528 |                |                |                | 0,0012<br>129700<br>0,015697 do 0,017397 |                |                |                | 0,0006<br>286500<br>0,013572 do 0,014931 |                |                |                 |          |
| Dla rur żeliwn. $\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_2 = \\ \text{przy } e=0,6 \cdot 10^{-3} \\ \text{i } T_{\text{wody}}=12^{\circ}\text{C} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} Re_1 = \\ \lambda_2 = \end{array} \right.$ |                                | 0,012<br>9337<br>0,027945 do 0,032100  |                |                |                 | 0,0048<br>26600<br>0,021774 do 0,024587 |                |                |                | 0,0024<br>58740<br>0,018362 do 0,020528  |                |                |                | 0,0012<br>129700<br>0,015697 do 0,017397 |                |                |                 |          |

wiednie tylko dla drugiego obszaru przejściowego, który obejmuje większość przypadków ruchu wody w przewodach wodociagowych.

Wzory nowe, zwłaszcza typu:  $\lambda = f(Re, \varepsilon)$  (wzór Nr. 19 lub 19a i Nr. 20) ze względu na funkcyjny charakter współczynników oporu zasadniczo powinnyby być odpowiednie dla drugiego obszaru przejściowego na równi ze wzorem Nikuradsego Nr. 23.

Porównując straty ciśnienia, podane w tabeli Nr. 3, między sobą oraz ze stratami, obliczonymi wg wzoru Nikuradsego Nr. 23, musimy przyjść do wniosku, że właściwie żaden z zastosowanych w tabeli wzorów nie daje dla wszystkich prędkości i średnic zgodnych ze wzorem Nikuradsego wyników. Różnice prze-

ważnie w kierunku dodatnim są naogół znaczne. Zdarzają się również różnice ujemne, stosunkowo znacznie mniejsze.

Szereg autorów podaje dla straty ciśnienia w starych rurach żeliwnych bądź stalowych oddzielne wzory, a właściwie bądź inne niż dla rur nowych wartości niektórych parametrów, bądź inne wartości stałych współczynników. Tu znów występuje duża rozbieżność.

Jeżeli przez  $(\lambda_{\text{str}} : \lambda_{\text{nw}})$  oznaczymy stosunek współczynników oporu dla rur starych i nowych dla jednakowych średnic i prędkości wody, to wartości tego stosunku dla różnych wzorów, jak widać z niżej przytoczonego zestawienia, wahają się w dużych granicach: od 1,17 do 3,15.



| Nr wzoru | A u t o r   w z o r u        | Wartość<br>$\lambda_{str} : \lambda_{nu}$ |
|----------|------------------------------|-------------------------------------------|
| 8        | Darcy . . . . .              | 2,00                                      |
| 10       | Kutter dla $d = 0,1$ m . . . | 1,75                                      |
| 10       | „ „ $d = 1,0$ m . . .        | 1,33                                      |
| 15       | Levy . . . . .               | 3,15                                      |
| 16       | Frank dla $d = 0,1$ m . . .  | 1,80                                      |
| 16       | „ „ $d = 1,0$ m . . .        | 1,28                                      |
| 26       | Christen . . . . .           | 1,61                                      |
| 27       | Forchheimer . . . . .        | 1,17                                      |
| 28       | Manning . . . . .            | 1,44                                      |
| 33       | Biegeleisen-Bukowski . . .   | 2,14                                      |
| 34       | Tutton . . . . .             | 1,55                                      |
| 35       | Flamant . . . . .            | 1,24                                      |
| 42       | Hazen-Williams . . . . .     | 1,63                                      |
| 44       | Hopf-Fromm . . . . .         | 1,38                                      |

Trudno na podstawie tak rozbieżnych liczb ustalić właściwą wartość stosunku ( $\lambda_{str} : \lambda_{nu}$ ), tym bardziej, że samo pojęcie „rura stara” jest bardzo szerokie i bynajmniej nie określa, w jakim stopniu w skutek starości zmienia się w rurach ich szorstkość.

Niektórzy autorowie starają się uzależnić wartość współczynnika oporu, albo też parametru w tym współczynniku, od „wieku” rur. Tak na przykład Hazen i Williams przyjmują, że nowe rury wodociągowe dochodzą do stanu „starości”, czyli wg podanego wyżej zestawienia wykazują 1,63 razy większy opór dla ruchu wody, po różnym okresie czasu zależnie od wielkości średnicy wewnętrznej ich, a mianowicie:

| $d^{12)}$         | po latach |
|-------------------|-----------|
| 150 mm . . . . .  | 15        |
| 200 mm . . . . .  | 16        |
| 250 mm . . . . .  | 17        |
| 300 mm . . . . .  | 17        |
| 400 mm . . . . .  | 18        |
| 500 mm . . . . .  | 19        |
| 600 mm . . . . .  | 19        |
| 750 mm . . . . .  | 19        |
| 900 mm . . . . .  | 20        |
| 1000 mm . . . . . | 20        |

Podobnie jak w przytoczonym wyżej stosunku współczynników oporu dla rur starych i nowych wg różnych autorów, tak samo i w podanym wg Hazena i Williamsa okresie „starzenia się” rur jest dużo dowolności, wiadomo bowiem, jak rozmaite są warunki, w których znajdują się rury w różnych wodociągach. Jest wiele wodociągów, w których rury po 30 latach, a

nawet po dłuższym okresie czasu, wykazują najlepszy stan i pod względem hydraulicznym nie różnią się prawie od rur nowych, podczas gdy w innych już po znacznie krótszym okresie czasu, czy to w skutek agresywnych właściwości wody, czy to z powodu niedostatecznego oczyszczenia jej, albo też z powodu czynników biologicznej natury (np. z powodu rozwoju bakterii żelaznych), w rurach występują skorodowane miejsca, a same rury pokrywają się narostami, albo też mniej lub więcej równomiernymi osadami, które mogą wpłynąć nawet na zmniejszenie średnicy przewodu, a w każdym razie — na zmianę stopnia szorstkości i oporu dla ruchu wody w nim.

Nie ulega wątpliwości, że po dłuższym okresie działania przewodu wodociągowego może w nim wzrosnąć opór dla ruchu wody w skutek zmian powierzchni wewnętrznej, z czym się trzeba liczyć w praktyce wodociągowej i przy projektowaniu wodociągu. Z tych względów stosowane w praktyce wzory dla straty ciśnienia powinny zawierać w sobie pewien „zapas bezpieczeństwa” na przyszłość, i to większy dla małych średnic niż dla dużych.

Oczywiście zbyt daleko posunięta przezorność, innymi słowy stosowanie z reguły przy projektowaniu wodociągów wzorów ze zbyt dużym „zapasem bezpieczeństwa” byłoby sprzeczne z zasadą oszczędności i rentowności wodociągu, tym bardziej, że zarastanie przewodów i tworzenie się w nich osadów nie jest zjawiskiem powszechnym i nieuniknionym, a przeciwnie z chwilą stwierdzenia go powinno być niezwłocznie i jak najenergiczniej zwalczane.

Dla ostatecznego zorientowania się, które z przytoczonych wyżej wzorów byłyby bardziej odpowiednie do stosowania w praktyce wodociągowej z punktu widzenia badań Nikuradsego, podaję w tabeli Nr. 4 dla szeregu wzorów „zapas bezpieczeństwa” w % w stosunku do wzoru Nikuradsego Nr. 23 przy przyjętej dla nowych rur żeliwnych szorstkości bezwzględnej:  $e_1 = 0,3 \cdot 10^{-3}$ .

Oprócz tego w końcu tabelki podaję analogiczny „zapas bezpieczeństwa”, który daje tenże wzór Nikuradsego, o ile przyjąć w nim dwa razy większą szorstkość bezwzględną t. j.:  $e_2 = 0,6 \cdot 10^{-3}$ .

Na podstawie tabeli Nr. 4 i mając na uwadze, że „zapas bezpieczeństwa” powinien być znacz-

<sup>12)</sup> Średnice podane są w liczbach zaokrąglonych po przeliczeniu cali angielskich na milimetry.



**Tabela Nr 4.** «Zapas bezpieczeństwa» straty ciśnienia w % według różnych wzorów w porównaniu z wzorem Nikuradsego dla  $e = 0,3 \cdot 10^{-3}$

|    |                          | Ø 0,10 m |      |      |      | Ø 0,25 m |      |      |      | Ø 0,50 m |      |      |      | Ø 1,00 m |      |      |      | U w a g i<br>m/s              |
|----|--------------------------|----------|------|------|------|----------|------|------|------|----------|------|------|------|----------|------|------|------|-------------------------------|
|    |                          | v =      | 0,10 | 0,50 | 1,00 | 1,50     | 0,10 | 0,50 | 1,00 | 1,50     | 0,10 | 0,50 | 1,00 | 1,50     | 0,10 | 0,50 | 1,00 |                               |
| 10 | Kutter . . . . .         | —        | 28   | 29   | 29   | —        | 6    | 10   | 7    | —        | 0    | 1    | 0    | —        | —5   | —3   | —3   | m = 0,15                      |
|    | " . . . . .              | —        | 124  | 126  | 120  | —        | 67   | 71   | 68   | —        | 44   | 46   | 44   | —        | 28   | 28   | 24   | m = 0,25                      |
| 18 | Lang . . . . .           | —        | 6    | —5   | —14  | —        | 13   | 5    | —1   | —        | 19   | 15   | 10   | —        | 28   | 25   | 17   |                               |
| 19 | Biel . . . . .           | —        | 41   | 30   | 23   | —        | 31   | 23   | 17   | —        | 24   | 19   | 12   | —        | 17   | 16   | 15   |                               |
| 28 | Manning . . . . .        | —        | 14   | 15   | 12   | —        | 4    | 7    | 5    | —        | —2   | 0    | —2   | —        | —11  | —8   | —8   | n = 0,010                     |
|    | " . . . . .              | —        | 65   | 66   | 62   | —        | 50   | 55   | 52   | —        | 39   | 44   | 42   | —        | 28   | 30   | 32   | n = 0,012                     |
| 35 | Flamant . . . . .        | —        | 31   | 12   | —5   | —        | 30   | 12   | —1   | —        | 27   | 10   | —2   | —        | 22   | 6    | —4   |                               |
| 37 | Lindley . . . . .        | —        | 75   | 54   | 36   | —        | 74   | 54   | 39   | —        | 71   | 51   | 38   | —        | 61   | 46   | 35   |                               |
| 38 | Brinkhaus . . . . .      | —        | 54   | 33   | 18   | —        | 54   | 35   | 21   | —        | 54   | 35   | 21   | —        | 50   | 31   | 20   |                               |
| 39 | Lang Behrens . . . . .   | —        | 64   | 51   | 39   | —        | 48   | 37   | 27   | —        | 32   | 24   | 17   | —        | 17   | 11   | 6    |                               |
| 41 | Foss . . . . .           | —        | 54   | 38   | 26   | —        | 42   | 28   | 18   | —        | 29   | 19   | 10   | —        | 17   | 8    | 2    |                               |
| 42 | Hazen-Williams . . . . . | —        | 14   | 4    | 5    | —        | 22   | 12   | 3    | —        | 27   | 16   | 8    | —        | 28   | 18   | 13   | r. nowe                       |
|    | " . . . . .              | —        | 31   | 19   | 9    | —        | 39   | 29   | 19   | —        | 46   | 34   | 25   | —        | 45   | 34   | 29   | r. stare                      |
| 43 | Wegman-Aeryns . . . . .  | —        | 53   | 40   | 29   | —        | 41   | 29   | 20   | —        | 29   | 19   | 11   | —        | 17   | 7    | 2    |                               |
| 44 | Hopf-From . . . . .      | —        | 18   | 19   | 16   | —        | 11   | 12   | 10   | —        | 2    | 6    | 4    | —        | —6   | —3   | —2   | k = 2,5                       |
|    | " . . . . .              | —        | 63   | 64   | 60   | —        | 53   | 55   | 52   | —        | 41   | 46   | 44   | —        | 30   | 34   | 35   | k = 7,0                       |
| 23 | Nikuradse . . . . .      | —        | 20   | 30   | 31   | —        | 16   | 25   | 26   | —        | 13   | 21   | 24   | —        | 11   | 19   | 21   | przy e = 0,6.10 <sup>-3</sup> |

nie większy dla małych średnic niż dla dużych, przyjdziemy do wniosku, że najbardziej odpowiednim będzie wzór Biela Nr. 19, w którym „zapas bezpieczeństwa” waha się zależnie od prędkości w granicach od 41—23% (dla średnicy 0,10 m) do 17—15% dla średnicy 1,00 m).

Na drugim miejscu należy postawić wzory: Manninga Nr. 28 dla  $n = 0,012$  i Hopf-Fromma Nr. 44 dla  $k = 7$ .

Dalej idą wzory Brinkhausa Nr 38, Lang-Be-hrensa Nr 39, wreszcie Wegman-Aerynsa Nr. 43 i Fossa Nr. 41, w których jednak „zapas bezpieczeństwa” dla rur dużych średnic wypada co-  
kolwiek za mały.

Wreszcie należy wspomnieć jeszcze i o wzorze Lindleya r. 37, który był stosowany przez niego do obliczania szeregu wodociągów. Wzór ten daje na ogół dość znaczny „zapas bezpieczeństwa”, ale i mniej więcej równomierny dla różnych średnic, co jest jednak sprzeczne z poprzednimi uwagami.

Inne wzory w porównaniu z wzorem Nikuradsego Nr. 23 dają „zapas bezpieczeństwa” bądź niedostateczny, bądź nawet ujemny.

Być może, że oprócz kilku przytoczonych przeze mnie w wyniku moich uwag wzorów, które wydają się mi najbardziej odpowiednimi do stosowania w praktyce wodociągowej, można wskazać jeszcze szereg innych niemniej odpowiednich, czy to z pośród nie przytoczo-  
nych przeze mnie, czy też nawet z pośród przy-  
toczonych wzorów po pewnej modyfikacji współczynników oporu.

Zdaje sobie również sprawę z tego, że poru-  
szonego przeze mnie obszernego tematu ani nie  
wyczerpałem całkowicie, ani też nie oświetliłem  
dostatecznie, to też prawdopodobnie powrócę  
jeszcze do niego, a być może wyrezy mi  
w tym który z czytelników, interesujący się ty-  
mi zjawiskami.

Dzieląc się jednak z czytelnikami swoimi  
uwagami, miałem na myśli wyciągnięcie prak-  
tycznych korzyści z doniosłych badań Nikurad-  
sego i Prandtla. Czy mi się to udało i czy wogóle  
mój punkt widzenia jest słuszny, niech ocenia  
to czytelnicy.

Sądzę, że poruszona przeze mnie sprawa,  
pomimo niezmiernie obszernego w tej dziedzi-  
nie piśmiennictwa, z którego przytaczam tylko  
drobną cząstkę, i pomimo bardzo licznych do-  
konanych już badań, wciąż pozostaje nie za-  
kończoną i nie rozstrzygniętą i, być może, do-  
piero ustalenie nowych metod oceny szorstkości  
rur pozwoli doprowadzić ją do pomyślnego  
końca.

### Piśmiennictwo

1. V. Mann. Rohre, 1928,
2. Schwedler F. — v. Jürgenson H, Handbuch der Rohr-  
leitungen. Drugie wydanie 1939 r.
3. H. Richter. Dr. Ing, Rohrhydraulik, 1934:
4. A. Flamant. Hydraulique, 1909,
5. L. Bonnet, Ing. Traité pratique des distributions d'eau  
et des égouts, Hydraulique. 1921.
6. J. Gilbert et E. Mondon, Traité d'adductions et de distri-  
butions d'eau. 1928.
7. Babbitt M. S. and J. J. Doland, B. S., C. E. Water Supply  
Engineering. 1929.



8. Water Works Practice. A Manual. Issued by the American Water Works Association. 1925.
9. D. N. Wienikow. Ob opredienienii potieri napora w wodoprowodnych trubach. Referat wygłoszony na V wszechrosyjskim Zjeździe wodociągowym w Kijowie w 1901 r.
10. Sprawocznik inżyniera-projekciowszczyka promyslenych sooruzenij. Tom VI Wodprowod i kanalizacja. Redaktorzy: B. S. Tikunow i prof. N. I. Falkowskij. 1933.
11. H. Richter, Dr. Ing. Gidrawlika truboprowodow. Tłumaczenie rosyjskie z uzupełnieniami inż. E. P. Szubin'a. 1936.
12. L. Prandtl. Neue Ergebnisse der Turbulenzforschung. Z. VDI (1933), S. 105/14.
13. I. Nikuradse, VDI — Forschungsheft Nr. 281 (1926).
14. I. Nikuradse. Gesetzmässigkeiten der turbulenten Strömung in glatten Rohren. VDI — Forschungsheft 356. Berlin 1932.
15. I. Nikuradse, Strömungsgesetze in rauchen Rohren VDI — Forschungsheft 361, 1939.
16. F. Homann, Der Uebergang zwischen den den Strömungsgesetzen für glatte und rauhe Rohre. Z. VDI 82/1938, S. 405/06.
17. E. Zimmermann, Strömungswiderstand von geraden Rohren und Formstücken. Z. VDI 83/1939, S. 1288/89.
18. J. Vuskovic, Mitt. hydraul. Inst. T. H, München. München u. Berlin 1939.
19. E. Zimmermann, Druckabfall in Stahlrohrleitungen. Z. VDI 84/1940. S. 760/61. Wärme und Strömung, GWF 83/1940, S. 581/82.
20. W. Merkel, Wasserführung grosser Leitungen bei verschiedenen Temperaturen GWF. 78/1935, S. 137/38.
21. R. Taute, Die Berechnung des Druckverlustes von Wasserrohrleitungen. GWF 80/1937, S. 268/72 u. 285/90.

Inż. STANISŁAW DOROCHOWICZ

## Proces spalania gazu węglowego

Znaczna ilość fabryk, w szczególności na Ziemiach Odzyskanych używa paliwa w postaci gazu węglowego, wytwarzanego we własnych generatorach, bądź otrzymywanego z koksowni.

Fabryki porcelany, huty szkła i emaliernie są głównymi odbiorcami gazu koksowniczego. Każda z tego rodzaju fabryk zużywa rocznie dziesiątki milionów metrów sześciennych gazu opałowego, co przy obecnej cenie, wynoszącej z górą 2.— zł za m<sup>3</sup>, stanowi wydatek, idący w dziesiątki milionów złotych.

W kosztach własnych wydatków na gaz opałowy stanowi pozycję, wahającą się w granicach 10 — 15%.

Na tę właśnie pozycję pragniemy zwrócić uwagę i rozważyć, czy oszczędności są tutaj możliwe, ewentualnie — zastanowić się, od czego zabieg oszczędnościowy rozpocząć.

W obecnym stanie rzeczy już na podstawie wstępnego badania tego zagadnienia na miejscu, w fabryce, twierdzimy, iż oszczędności są możliwe i rozpocząć je należy od sprawdzenia, czy jakość gazu odpowiada zadeklarowanym przez dostawcę właściwościom.

W pierwszym rzędzie należy zwrócić uwagę na kaloryczność, która, zgodnie z umową, winna się wahać w granicach: 3980 do 4200 kal/Nm<sup>3</sup>, w rzeczywistości wahania te są daleko większe i wychylenia osiągają wartości: 3.600 do 4.200 kal/Nm<sup>3</sup>. Straty stąd powstałe wynoszą około 3,7%, co przy rocznym zużyciu w wysokości

10 milionów m<sup>3</sup> i przy cenie około 2.— zł/Nm<sup>3</sup> dałoby oszczędność około 800000.— zł rocznie: Jest to pozycja stosunkowo niewielka: chodzi o oszczędności ważniejsze. Spadek kaloryczności, to spadek temperatury, to w konsekwencji zepsucie całego lub częściowego wsadu do pieca i tutaj występuje główne źródło strat.

Znane są dwie przyczyny, powodujące zmianę kaloryczności: pierwszą, zależną od producenta gazu i powstającą na skutek zmiany stosunku ilościowego składników gazu, druga — to właściwie nienależyte wykorzystanie kaloryczności przez nieracjonalne prowadzenie procesu spalania.

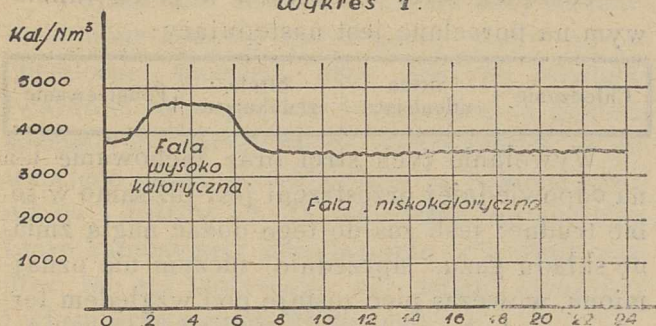
Kaloryczność gazu jest właściwością addytywną, to znaczy, iż jest ona sumą kaloryczności poszczególnych składników gazu, a te, jak wynika z poniższego zestawienia, znacznie się między sobą pod tym względem różnią i tak:

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1% obj. etanu daje          | 168 kal./Nm <sup>3</sup> ; |
| 1% obj. etylenu daje        | 153 kal./Nm <sup>3</sup> ; |
| 1% obj. propylenu daje      | 225 kal./Nm <sup>3</sup> ; |
| 1% obj. acetyleny daje      | 141 kal./Nm <sup>3</sup> ; |
| 1% obj. benzenu (pary) daje | 350 kal./Nm <sup>3</sup> ; |
| 1% obj. metanu daje         | 95 kal./Nm <sup>3</sup> ;  |
| 1% obj. wodoru daje         | 31 kal./Nm <sup>3</sup> ;  |
| 1% obj. tlenku węgla daje   | 30 kal./Nm <sup>3</sup> .  |

Jeśli zatem producent nie posiada możliwości produkowania gazu o składzie jednakowym, nie dysponując np. zbiornikami o odpowiedniej pojemności, służącymi między innymi do wyrównania składu gazu, czy kaloryczności, wów-



Wykres 1.



czas do odbiorcy dopływa gaz falami, różniący się składem, a więc falami o różnej kaloryczności.

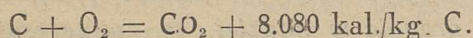
Gdyby zjawisko zmienności kaloryczności miało przebieg jak wskazuje wykres 1, wówczas o godz. 1,30 i o godz. 6-ej odbiorca gazu (palacz piecowy) winien interweniować przez zmianę ilości powietrza, doprowadzanego do paleniska w ten sposób, że o 1,30 musiałby w stosunku do momentu poprzedzającego interwencję dodać powietrza, a o godz. 6.00 — dopływ ten zmniejszyć.

Sprawa rozmiarów interwencji komplikuje się jeszcze o tyle, że, jak widać z tabeli 1, poszczególne składniki gazu potrzebują różnych ilości powietrza dla całkowitego spalania.

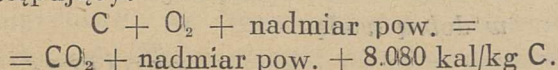
Tabela 1.

| Ilość w m³ | Składnik gazu                                                 | Ilość powietrza w m³, potrzebna do całkowitego spalania |
|------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 Nm³      | H <sub>2</sub> , wodór . . . .                                | 2.4                                                     |
| "          | CO, tlenek węgla . . . .                                      | 2.4                                                     |
| "          | CH <sub>4</sub> metan . . . .                                 | 9.5                                                     |
| "          | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , acetylen . . . .              | 11.9                                                    |
| "          | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , etylen . . . .                | 14.3                                                    |
| "          | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , etan . . . .                  | 16.7                                                    |
| "          | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , benzen (benzol) . . . .       | 35.7                                                    |
| "          | C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> , naftalen (naftalina) . . . . | 57.1                                                    |

Po naruszeniu stanu równowagi przez nadejście fali o zmiennej kaloryczności może nastąpić taki stan, że ilość powietrza w mieszance palnej (gaz + powietrze) jest teoretycznie potrzebna, tj. współczynnik nadmiaru  $n = 1$ , i wtedy reakcja spalania węgla ma przebieg:



W wypadku nadmiaru powietrza, przy  $n > 1$  efekt termiczny będzie inny od powyżej wskazanego, a reakcja mieć będzie przebieg następujący:



Efekt termiczny będzie się różnił o tę ilość ciepła, jaka odpłynie z nagrzanym nadmiarem powietrza do komina i w ten sposób zostanie stracona.

Jeżeli natomiast w mieszance palnej powietrze wystąpi w niedomiarze, tj. współczynnik  $n < 1$ , wówczas możliwe są reakcje:

1.  $C + O = CO + 2.440 \text{ kal/kg C.}$
2.  $C + CO_2 = 2 CO - 3.490 \text{ kal./kg C.}$

Ostatnia reakcja jest endotermiczną, to znaczy, że przebiega z pochłonięciem ciepła.

Zrozumiałą jest rzeczą, iż pod względem termicznym najkorzystniejszym będzie proces spalania wówczas, gdy przebiega zgodnie z reakcją pierwszą, tj. przy współczynniku nadmiaru powietrza  $n = 1$ .

Praktycznie taki przebieg jest niemożliwy do skutecznego i spalanie prowadzimy raczej z niewielkim nadmiarem powietrza.

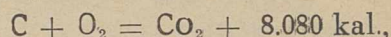
Z powyższego widać, iż nieracjonalne prowadzenie spalania, tj. nienależyte wykorzystanie kaloryczności gazu może narazić zakład na znaczne straty.

Dla uzmysłowienia sobie wielkości tych strat przeprowadzmy skrócony bilans cieplny układu, do którego doprowadzimy ciepło ze spalania 3. kg. węgla, oczywiście węgla, pochodzącego z rozkładu węglowodorów w czasie procesu spalania.

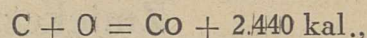
Gdyby reakcja miała przebieg racjonalny, wówczas z 3 kg węgla otrzymalibyśmy:

$$8.080 \times 3 = 24.240 \text{ kal.}$$

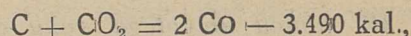
Jeżeli natomiast założymy, iż 1 kg węgla tego został spalony wg równania:



a następnym:



trzeci zaś skolei zgodnie ze wzorem:



wówczas uproszczony bilans cieplny rozpatrywanego układu przedstawi się rachunkowo, jak następuje: (patrz tabelka na str. następnej).

W ten sposób, gdyby nie występowały inne straty, wykorzystalibyśmy zaledwie 29% ciepła zakupionego i gdyby rachunek roczny za paliwo wynosił np. 12.000.000,— zł, wówczas straty powstałe z powyżej omawianych powodów wyniosłyby około 8.500.000,— zł.



| P r z y c h ó d           | R o z c h ó d                |
|---------------------------|------------------------------|
| $8.080 \times 3 = 24.240$ | $8.080 \times 1 = 8.080$     |
|                           | $2.440 \times 1 = 2.440$     |
|                           | $- 3.490 \times 1 = - 3.490$ |
|                           | Straty = 17.210              |
| Bilans . . . 24.240       | Bilans = 24.240              |

Z racji zmienności składu gazu opałowego może występować inny jeszcze rodzaj strat; dotyczy on fabryk porcelany.

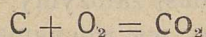
W tak zwanym „ogniu drugim“, w którym wypalana jest glazura, wymagane są strefy ogniowe: redukująca i utleniająca.

W strefie redukującej zachodzi proces chemiczny, w którym intensywnie żółto zabarwiony  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  przechodzi w  $\text{Fe}_2\text{O}_2$ , dający na bieli porcelanowej prawie niewidoczny lekko szary odcień, w myśl równania:



Ale w tejże strefie ogniowej węgiel, pochodzący z rozpadu cząsteczek węglowodorów, nie napotkawszy tlenu, co jest utrudnione, gdyż spalanie w tej strefie, jako redukcyjnej, zachodzi z niedomiarem powietrza, węgiel ten w zetknięciu z powierzchnią wypalanej porcelany o temperaturze niższej, niż temperatura własna, odkłada się na niej w postaci sadzy lub w postaci drobnych cząstek grafitu.

Ten węgiel winien być usunięty; usuwany zostaje, jak wiadomo, sposobem chemicznym przez spalenie w strefie utleniającej pieca w myśl równania:



Porządek stref ogniowych w piecu tunelowym na porcelanę jest następujący:

| Chłodzenie | Strefa utleniająca | Strefa redukująca | Podgrzewanie |
|------------|--------------------|-------------------|--------------|
|------------|--------------------|-------------------|--------------|

Wywołanie tych stref oraz zachowanie ich na odpowiedniej przestrzeni jest już samo w sobie trudne; jeśli zaś do tego dodać nagłą zmianę składu gazu, uprzednio niczym nie oznajmioną, wówczas piec zostaje pod względem termicznym i chemicznym całkowicie „rozstrojony“; efekt zaś tego jest taki, że osadzony w postaci sadzy węgiel nie zostaje spalony i porcelana po wyjściu z pieca ma wygląd brudny, „zadymiony“.

Względnie tenże węgiel zostaje za późno spalony, a więc spalony w tym czasie, czy w tej temperaturze kiedy substancja glazury jest już w stanie stopionym i takim stopniu, że por, w którym znajduje się rozpatrywana przez nas cząstka węgla, otoczona odpowiednią porcją powietrza, zostaje już po zamknięciu poru spalona, a otrzymany z reakcji  $\text{CO}_2$ , rozszerzając się, wydyma tak, jak w rozczynionym na drożdżach cieście, pęcherzyk, dając defekt na porcelanie, zwany przez ceramików „ospą“.

Straty stąd powstałe mogą być znaczne i wahają się w granicach: 10 — 70% całkowitego wsadu.

Z powyżej przeprowadzonych rozważań wynika, jak ważną rzeczą dla fabryk jest kontrola kaloryczności, składu gazu opałowego oraz analiza spalin.

Omówieniem tej kwestii z podaniem metod oraz warunków analitycznych, zajmniemy się w następnym z kolei artykule.

Prof. tyt., doc. TEODOR KIRKOR

## Zmiękczenie i odsalanie wody za pomocą żywic sztucznych (mas plastycznych)

W końcu ubiegłego roku ogłosił Prof. T. Kirkor pod powyższym tytułem w czasopiśmie «Przemysł Chemiczny» artykuł, który wzbudził zainteresowanie w kołach przemysłowych.

Zagadnienie zmiękczenia i odsalania wody interesuje również wodociągowców choćby tylko z powodu możliwości zastosowania tej metody do odsalania wody morskiej, na co zwrócił uwagę jeszcze przed wojną dr F. Sierp.

Pomimo, że metoda ta jest jeszcze w stadium doświadczeń, uprosiliśmy Prof. Kirkora o opisanie jej w naszym organie w nadziei, że zainteresuje ona naszych chemików i, być może, pobudzi ich do dalszych badań w tej dziedzinie a zwłaszcza w zakresie zastosowania tej metody do celów zaopatrywania ludności w dobrą wodę.

REDAKCJA



Najbardziej dawne i najbardziej rozpowszechnione sposoby zmiękczenia wody są to chemiczne sposoby, przy których składniki twardości są wytrącane z roztworu za pomocą rozmaitych chemicznych odczynników, a powstające osady są oddzielane za pomocą osadników i filtrów. — Są też chemiczne sposoby, które zapobiegają powstawaniu w kotłach osadów, lub też wpływają na zmianę struktury i własności kamienia kątowego.

Inną grupę stanowią także chemiczne sposoby, przy których zmiękczenie wody odbywa się wskutek wymiany kationów między materiałem złoża a składnikami twardości, zawartymi w wodzie zmiękczonej. — Wapń i magnez zostają przy tym chemicznie związane z materiałem, posiadającym własności wymienne i użytym do budowy złoża, a więc zostają w nim.

Materiał posiadający zdolność wymieniać swój jon sodowy lub potasowy na jon wapnia lub magnezu lub inny dla skrótu nazywamy „wymieniaczem”. Dawniej znane wymieniacze, zeolity i permutyty przedstawiają związki nieorganiczne. Pod względem chemicznym wymieniacze nieorganiczne przedstawiają rozmaite krzemiany uwodnione, składające się przeważnie z glinodwukrzemianów i krzemoglinianów. Pierwsze mają swój kation związany krzemionką i dość trudno wymieniany; w drugich zaś kation, związany z glinem, jest wymieniany zupełnie łatwo i prędko.

Naturalne pokłady krzemoglinianów, posiadających własności wymienne, występują obficie w Ameryce w okolicach New Jersey w postaci piasku zielonego — glaukonitu. — Mają one bardzo duże zastosowanie w technologii wody. — W Europie piasków glaukonitowych o podobnych własnościach dotychczas nie wykryto, natomiast udało się otrzymać sztuczne tworzywo o powyższych własnościach, które ma b. duże zastosowanie, znane pod nazwą „Permutytu”. Następnie zjawiał się szereg chemicznych związków, sztucznie otrzymywanych, które są do siebie dość zbliżone i posiadają własności wymienne jak: Neo-permutyt, Inwertyt, De-permutyt, Filtrol, Żel-permutyt i inne.

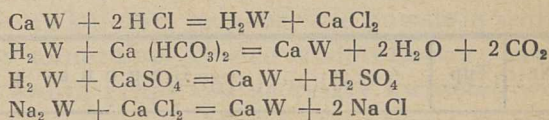
Dużą zaletą zarówno naturalnych zeolitów, jak i sztucznych permutytów jest to, że po wyczerpaniu mogą być one łatwo regenerowane i ponownie używane z dobrym skutkiem. Filtry permutytowe są regenerowane roztworem chlorku sodu. Można osiągać zmięczenie do 0,1°.

Z przebiegu reakcyj między permutytem sodowym, a solami Ca i Mg wynika, że woda zmięczana, a która nadal służy do użytku, wzbogaca się w sole sodu, względnie potasu, tych anionów, z którymi były związane Ca i Mg, a więc przede wszystkim dwuwęglany i węglany, następnie siarczany i chlorki, przy czym ilość ich jest równoważna ilości soli wapnia i magnezu. Takie nagromadzanie się w wodzie użytkowej, a szczególnie przeznaczonej do zasilania kotłów parowych, chociażby obojętnych soli sodu jest niepożądane.

Do drugiej grupy wymiennie działających związków zaliczyliśmy wymieniacze organiczne, które w odróżnieniu od zeolitów nazywają się niekiedy organolitami. Do nich należą t. zw. permutyty węglowe i sztuczne żywice lub masy plastyczne t. zw. „Wofatyty”.

Permutyty węglowe są to ciała sztucznie otrzymywane z węgla kamiennego, węgla brunatnego, torfu, antracytu i nawet drzewa przez poddawanie ich jednocześnie procesom termicznym i działaniu mniej lub więcej stężonych kwasów mineralnych lub bezwodników i chłorobezwodników kwasów. Otrzymuje się produkt zhumifikowany, który podobnie do permutytów mineralnych, posiada zdolność wymiany kationów.

Złoża węglowe są odporne na kwasy i mogą być regenerowane nie tylko za pomocą obojętnych soli sodu (NaCl), lecz i za pomocą kwasów. Jeżeli przez „W” oznaczymy kruszywo węglowe, to reakcje wymiany będą przebiegać w/g równań:



Kwas węglowy usuwa się przez odgazowywanie, a powstające kwasy, zakwaszające środowisko, mogą zobojętniać się obecnymi w wodzie węglanami. W wodzie zmiękczonej powstaje około 0,1° twardości.

#### Sztuczne żywice — Wofatyty

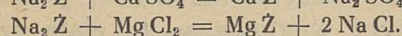
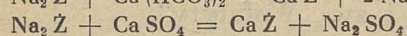
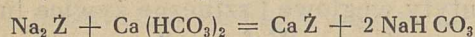
Angielscy uczeni Adams i Holmes w ostatnich latach przed wojną wykryli wśród sztucznych żywic takie, które posiadają zdolność wymiany jonów. Wiadomość o tej pracy dotarła do nas dopiero po zakończonej wojnie. Za pomocą żywic sztucznych można z powodzeniem nie



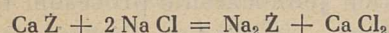
tylko zmiękczać wodę przez zamianę składników twardości Ca i Mg na sole sodowe, lecz także rozszczepiać i zatrzymywać aniony wolnych kwasów mineralnych. Dla wymiany kationów służą obojętne i wodorowe wymiennicze, a dla wiązania anionów służą wymiennicze zasadowe.

Kruszywo żywicy, jako materiał kontaktowy ulega regeneracji. — Dla regeneracji obojętnych wymienniczy służy chlorek sodowy (NaCl); dla wodorowych wymienniczy służy kwas solny, a dla regeneracji wymienniczy zasadowych używa się ług sodowy. Jeżeli resztę żywicową, związaną z jonem Na, H lub (OH) umówimy się oznaczać literą „Z”, to przebieg wymiany będzie następujący:

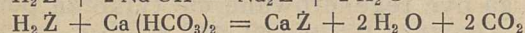
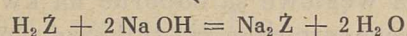
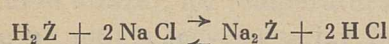
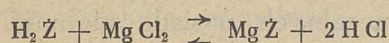
#### 1. Wymiana obojętna kationów.



Wyczerpany wymiennicze regeneruje się chlorkiem sodu:



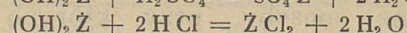
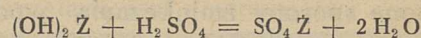
#### 2. Wymiennicze wodorowe:



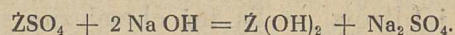
Wyczerpany wymiennicze wodorowy regeneruje się kwasem solnym.



#### 3. Wymiana zasadowa anionów:



Wyczerpane wymiennicze anionów regenerują się ługiem sodowym.



Z powyższych równań wynika, że za pomocą żywicy sztucznych, jako wymienniczy, woda surowa może być nie tylko zmiękczona, lecz i w pewnej mierze, zależnie od składu soli rozpuszczonych, odsolona, t.j. pozbawiona kationów i anionów i w ten sposób zbliżona do wody destylowanej. — Przy umiarkowanym nadmiarze, reakcje zachodzą praktycznie do końca w jednym kierunku. — Kruszywo żywicy jest porowate, posiada b. dużą powierzchnię adsorbcyjną i jest praktycznie nierozpuszczalne w płynach, w których zachodzą najczęściej reakcje wymienne, a więc w wodnych, a niekiedy alkoholowych roztworach soli, kwasów i ługów rozcieńczonych.

W technologii wody są używane żywice kwasowe i zasadowe. W większości żywicy wmiennych o charakterze kwasowym występują produkty kondensacji jedno-, dwu-, lub wielowodorotlenowych fenoli z aldehydami, a więc żywice typu bakelitów, w żywicach zaś o charakterze zasadowym występują przeważnie produkty kondensacji aniliny lub amin aromatycznych z aldehydami, a więc ciała zbliżone do aminoplastów. — W przeciwieństwie do ba-

| Nr                                           | Typ | C z y n n a   g r u p a             |                                                        | Główny zakres zastosowania                        |
|----------------------------------------------|-----|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| A.   W y m i e n i a c z e   k a t i o n ó w |     |                                     |                                                        |                                                   |
| 1                                            | R   | — OH                                | wodorotlenowa — fenolowa . . . . .                     | Obojętna wymiana                                  |
| 2                                            | C   | — COOH                              | karboksylowa grupa . . . . .                           | Obojętna wymiana i buforowanie                    |
| 3                                            | A   | — CH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H | grupa — SO <sub>3</sub> H w bocznym łańcuchu . . . . . | Obojętna i wodorowa wymiana i buforowanie         |
| 4                                            | K   | — SO <sub>3</sub> H                 | grupa sulfonowa w pierścieniu benzenowym . . . . .     | Wodorowa wymiana                                  |
| 5                                            | P   | mieszane<br>. 3 i 4                 | podwójne działanie . . . . .                           | Jak 3 i 4, oraz gorące kwaśne i zasadowe roztwory |
| B.   W y m i e n i a c z e   a n i o n ó w   |     |                                     |                                                        |                                                   |
| 6                                            | N   | — NH <sub>2</sub><br>= NH           | { w pierścieniu aromatycznym . . . . .                 | Obojętna wymiana anionów                          |
| 7                                            | M   | — NH <sub>2</sub><br>= NH           | { w alifatycznym łańcuchu . . . . .                    | Obojętna wymiana<br>OH — wymiana oraz zespolowa   |



kelitów i aminoplastów, żywice sztuczne są ciałami bardzo czynnymi. Obydwa podstawowe typy żywic wymiennych w swej aktywności zostały bardzo rozszerzone przez wprowadzenie do nich silnie kwaśnych, lub silnie zasadowych komponentów.

Główne typy sztucznych żywic, które obecnie są stosowane w technologii wody do wymiany jonów są następujące:

Odporność na temperaturę: 1, 2 i 6 do 80°; 3 — 40°; 4 — 50°; 5 i 7 do 97°. Przez wprowadzenie niektórych grup, kwaśny lub zasadowy charakter żywicy można znacznie wzmacniać, lub też osłabiać. Wszelkie jednak zmiany w żywicach i ich rozbudowa muszą mieć na względzie ich nierozpuszczalność w wodzie oraz chemiczną odporność i mechaniczną moc i trwałość. Przy wielkiej liczbie ciał, posiadających własności wymienne, wybór najbardziej odpowiedniego wymiennicza dla pewnego celu stanowi bardzo ważne zadanie.

#### A. Wymieniacze kationów

| Kondensacja<br>O — krezolu<br><br>Z                 | Pojemność<br>wymieniacza<br>W millirównoważ-<br>nikach na 100 gr.<br>wymieniacza | Zdolność<br>rozszczipiania<br>soli obojętnych |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                                     |                                                                                  |                                               |
| fenolem . . . . .                                   | 0                                                                                | 0                                             |
| metadwuoksybenzenem<br>(rezorcyna) . . . . .        | 9                                                                                | 8                                             |
| p-oksybenzenosulfono-<br>wym kwasem . . . . .       | 57                                                                               | 43                                            |
| 1,3 sulfo- 8 amino nafta-<br>lenem . . . . .        | 104                                                                              | 57                                            |
| 1,8 dwuoksy- 3,6 dwusul-<br>fo naftalenem . . . . . | 120                                                                              | 63                                            |
| 1 dwuazo- 3,4 dwusulfo-<br>benzenem . . . . .       | 95                                                                               | 50                                            |

Wprowadzone do materiału wyjściowego grupy kwasowe lub zasadowe mają decydujący wpływ na wymianę kationów lub anionów, a rodzaj i ilość tych grup decydują o pojemności i zdolności rozszczipiania, jak pokazują przytoczone wyżej zestawienia liczbowe.

Pojemnością wymiennicza oraz zdolnością rozszczipiania nazywa się zakres wymiany jonów wyrażonych w millirównoważnikach przez 100 g żywicy. Własności wymienne zależą w dużej mierze od rodzaju wiązania aktywnych grup i wewnętrznej struktury. — Przez kolejne stosowanie żywicy fenolowych i aminowych można osiągnąć prawie całkowite wydzielenie z wody rozpuszczonych w niej soli, t. j. otrzymać wo-

#### B. Wymieniacze anionów

| Kondensacja O-fenyleno-<br>dwuminy $C_6H_4$ $\begin{matrix} \text{NH}_2 (1) \\ \text{NH}_2 (2) \end{matrix}$<br><br>Z                     | Pojemność<br>wymieniacza<br>W millirównoważ-<br>nikach na 100 gr.<br>wymieniacza | Zdolność<br>rozszczipiania |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                           |                                                                                  |                            |
| m- fenyleno-dwuamina<br>$C_6H_4$ $\begin{matrix} \text{NH}_2 (1) \\ \text{NH}_2 (3) \end{matrix}$                                         | 60                                                                               | 25                         |
| z rodnikiem jednometylo-<br>trójchloraminą<br>— N(CH <sub>3</sub> ) Cl <sub>3</sub> . . . . .                                             | 114                                                                              | 43                         |
| z rodnikiem<br>— NHC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (NHC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) NH —                                                  | 104                                                                              | 67                         |
| z hydrazyną H <sub>2</sub> N — NH <sub>2</sub>                                                                                            | 146                                                                              | 47                         |
| oktometylenopentaaminą<br>NH <sub>2</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> —NH) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> —NH <sub>2</sub> | 180                                                                              | 60                         |

dę, zbliżoną do wody destylowanej. — Chemiczna odporność żywicy wykazuje dużą odporność, poczynając od kwasów i kończąc na alkalicznych środowiskach do pH 9,5.

Złoża żywicowe buduje się i eksploatuje w taki sam sposób, jak i złoża permutytowe. — Woda odsalana lub zmiękczana winna być zupełnie klarowna, a w razie potrzeby wstępnie przefiltrowana.

Zakres zastosowania sztucznych żywicy w technologii wody obejmuje:

1. Zmiękczenie wody za pomocą obojętnych wymienniczy kationów.

2. Częściowe odsalanie wody, bogatej w węglany, za pomocą obojętnych wymienniczy w połączeniu z wodorowym.

3. Zupełne odsalanie wody za pomocą żywicy wodorowych i następnie wodorotlenowych.

Wymieniacze wodorowe wymieniają swój wodór na kationy, jednocześnie powstają wolne kwasy mineralne. Żywice wodorotlenowe zmieniają swoją grupę OH na reszty kwasowe wolnych kwasów mineralnych. Nie ulega wymianie i wiązaniu kwas węglowy.

Wymieniacze obojętne regenerują się roztworem soli kuchennej. Specyficzne zużycie NaCl wynosi 75—80 gr. na 1° tw. n. i 1 m<sup>3</sup>. Złoża obojętne mogą być sterylizowane bez uszkodzenia własności wymiennych za pomocą roztworu formaliny, krezolu, chloru, lub nawet przepływającej pary wodnej.

Dla regeneracji złożów wodorowych używa się HCl lub H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> w ilości na 1° tw. n. i 1 m<sup>3</sup> kw, solnego 15 g, a kw. siarkowego 30 g. Dla regeneracji wymienniczy anionów używa się ług sodowy w ilości 20—26 g, 100% NaOH na 1° tw. n.



i 1 m<sup>3</sup> wody. Dobrze odsolona woda wykazuje pH 7 i około 0,02° twardości.

Adams i Holmes, stosując najpierw żel quebracho-tanino-formaldehadowy dla usunięcia kationów (Ca i Mg), a następnie żywicę meta-fenyleno-dwuamino-formaldehadową dla adsorpcji anionów otrzymał z wody zawierającej 1300 mg/l suchej pozostałości, po podwójnej filtracji, wodę, która zawierała wszystkiego 7 mg/l suchej pozostałości.

Przy odsalaniu wody morskiej rozcieńczo-

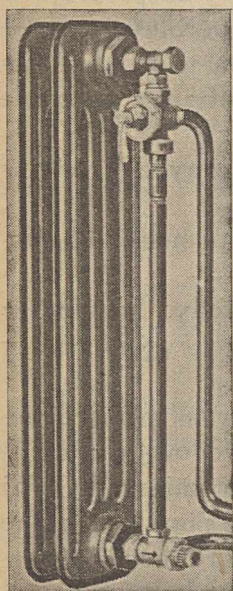
nej (4%) przez dwa jeden za drugim ustawione agregaty, z których każdy składał się z HŻ i OHŻ, dało się usunąć 99% suchej pozostałości; pozostało zaś tylko trochę dwuwęglanu sodu, jako sucha pozostałość. Ale i ta pozostałość mogłaby być łatwo usunięta przez HŻ filtr.

Sztuczne żywice (masy plastyczne) przynoszą więc nowe daleko idące możliwości zmiękczenia i odsalania wody dla potrzeb przemysłu oraz przygotowywania wody dla zasilania kotłów wysokoprężnych.

lnż. STANISŁAW WOJNAROWICZ

## Nowości z techniki sanitarnej

Z okazji pobytu w Szwecji miałem możliwość zapoznać się z drobnymi ulepszeniami w dziedzinie techniki sanitarnej, które obecnie opiszę.



Rys. 1.

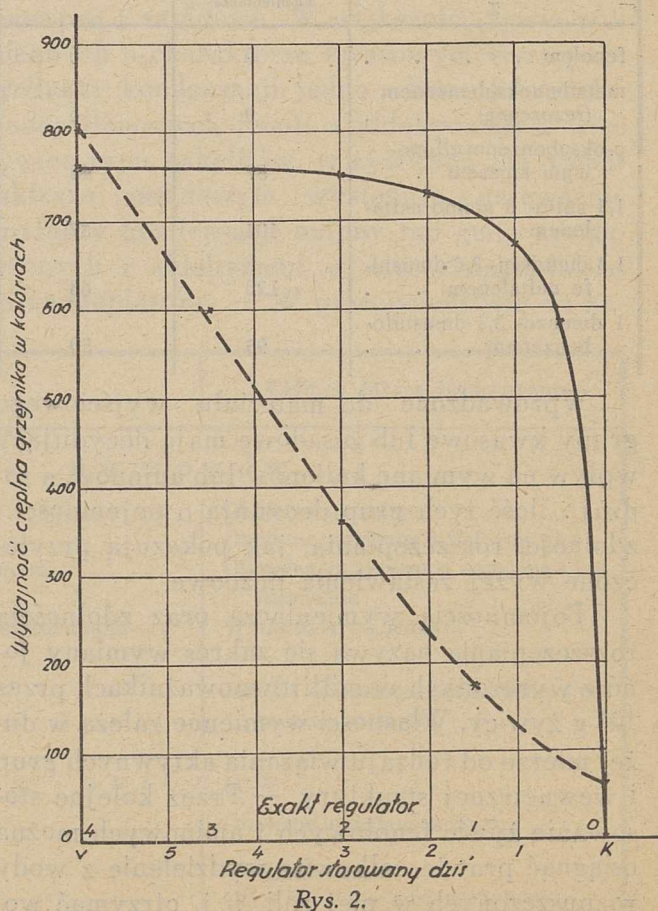
### 1. Regulator «Exakt»

Zamiast stosowanych u nas regulatorów przy grzejnikach c. o. w Szwecji zaczyna zdobywać prawo obywatelstwa typ Exakt. Na rys. 1 mamy przedstawiony ten regulator w stanie gotowym do użytku. Na pierwszy rzut oka widzimy zasadniczą różnicę między dawnym a nowym rozwiązaniem. Działanie dotychczasowych regulatorów polega na dławieniu przepływu. Nowy dzieli strumień ciepłej wody na dwie części. Jedna przepływa przez grzejnik, druga za pomocą pionowej rury ma bezpo-

średni kontakt z powrotem. Przez takie połączenie osiągamy regulację równomierną. Różnicę działania obu regulatorów wskazuje nam rysunek 2, otrzymany w laboratorium. Na osi pionowej podana jest w kaloriach wydajność cieplna badanego grzejnika. Na osi poziomej uwidoczniiony jest obszar regulacji z podziałem na punkty, odpowiadające przesunięciom rączki regulatora. Linia kropkowana wykresu wskazuje przebieg regulacji regulatora Exakt — linia ciągła regulatora dotychczasowego. Porów-

nanie tych linii mówi wyraźnie o przewadze regulacji nowej nad starą. Rys. 3 podaje części składowe nowego regulatora przy czym Nr 1 i 2, 4 — 4b i 5 — 5b są wariantami, które dobiera się według woli zamawiającego. Ceny kompletu w koronach szwedzkich wynoszą:

| Ø | 3/8" | 1/2" | 3/4"  |
|---|------|------|-------|
|   | 8,6  | 9,8  | 20,10 |



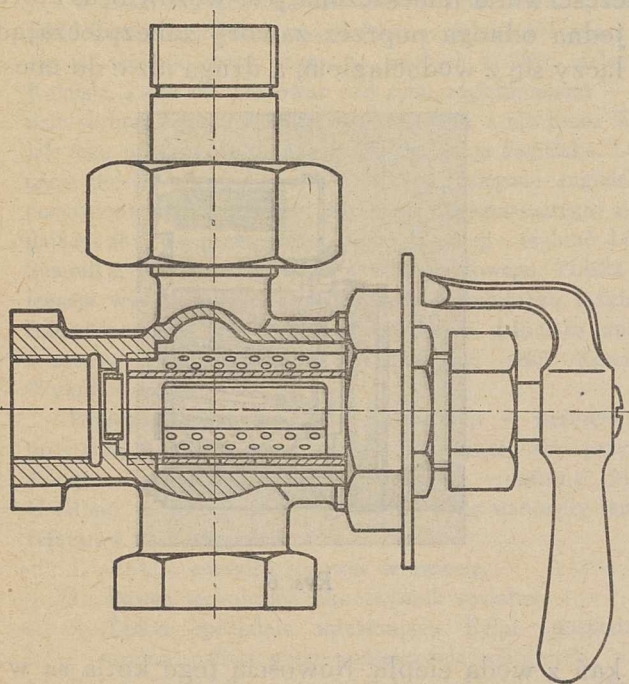
Rys. 2.



Ideę działania regulatora można łatwo zrozumieć z rys. 3a, gdzie mamy jego przekrój.

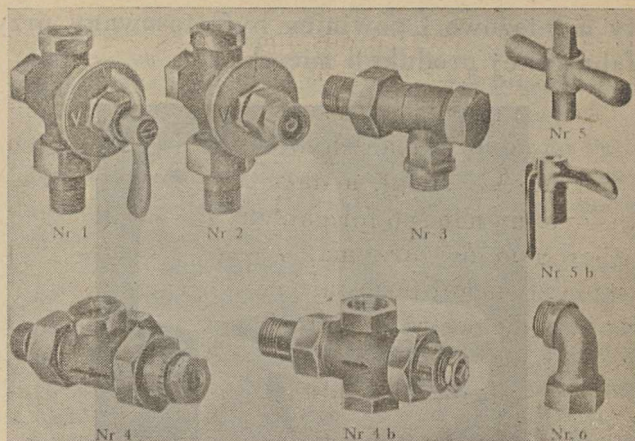
## 2. Grzejniki

Zwiedzając różne kolonie mieszkalne w Szwecji oraz Instytut Gospodarstwa Domowego — wszędzie spotykałem grzejniki (proszę wybaczyć nieprawidłowe określenie) — stało we. Lekkie, tanie, gładkie, łatwe do konserwacji. Właściwie grzejnik stalowy nie jest nowością. Tak, ale nowością jest wyłączne stosowanie tego typu. Sądzę, że u nas w czasie gospo-



Rys. 3a.

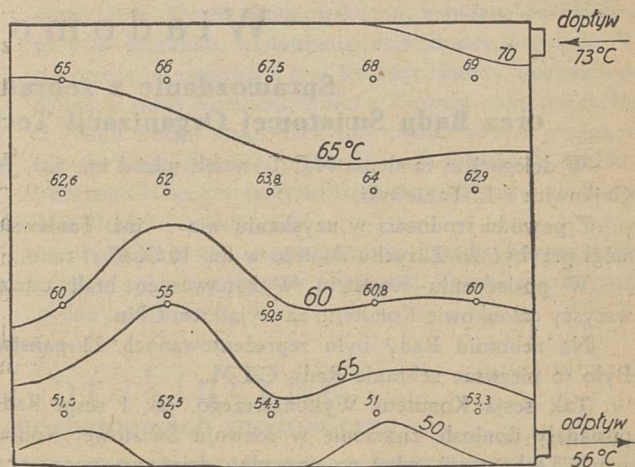
darki planowej, trzeba zdobyć się na wybór typów, które uznamy za jedynie odpowiednie. Stosowane w Szwecji grzejniki Simplex „P” i Ventiplex „P2” odznaczają się dużymi zaletami z punktu widzenia higieny. Najbardziej nowoczesnym jest grzejnik Planello, który posiada gładką powierzchnię grzejną. Rys. 4 podaje rozkład temperatur na takiej powierzchni. Dla budownictwa masowego sposobem fabrycznym ważne jest znormalizowanie podwieszenia grzejników, co w Szwecji przez znormalizowanie zostało szczęśliwie rozwiązane. W naszych warunkach I.B.B. powinien opracować wzory, przed rozpoczęciem produkcji fabrycznej.



Rys. 3.

## 3. Kompletły klozetowe

Znana fabryka porcelany w Gustavsberg pod Sztokholmem produkuje kompletły klozetowe, jak na rys. 5, które znajdują wyłączone zastosowanie we wszystkich nowowznoszonych budowlach. Sądzę, że oprócz zalet estetycznych rozwiązanie to powinno być również tańsze. Pokrywa i sedes wykonane są z reguły z lekkiej masy bakelitowej, co z punktu widzenia higienicznego jest rozwiązaniem trafnym. Drzewo jest nasiąkliwe, stąd najlepsze z punktu widzenia higieny sedesy z dytki nie powinny mieć pokryw. Tymczasem sedesy z masy plastycznej mogą być zaopatrzone w pokrywy. To ostatnie rozwiązanie ma swe ujemne strony. Widziałem sedesy pęknięte. Urządzenie to zatem nadaje się do użytku w domach, w których mieszkańcy będą umieli się z nimi odpowiednio obchodzić. Tu również trzebaby, aby I.B.B. opracował w porozumieniu z producentami odpowiednie typy. Komplet klozetowy tego rodzaju ma duże zale-



Rys. 4.



ty montażowe i powinien być stosowany przy fabrycznej produkcji mieszkań.



Rys. 5.

#### 4. Windy w domach mieszkalnych

W nowych domach szwedzkich oglądałem oszczędnościowy typ windy. W odróżnieniu od naszych niema ona drzwi wewnętrznych, a tylko zewnętrzne. Mówiąc wyraźnie kabina ma trzy ścianki. Mimo to jest całkowicie bezpieczna, gdyż strona czwarta wyjściowa jest idealnie gładka. Robiłem takie doświadczenie. Opierałem się plecami o tę ruchomą ścianę w czasie ruchu windy. Poza ścieraniem ubrania na plecach nie grozi to żadnym niebezpieczeństwem.

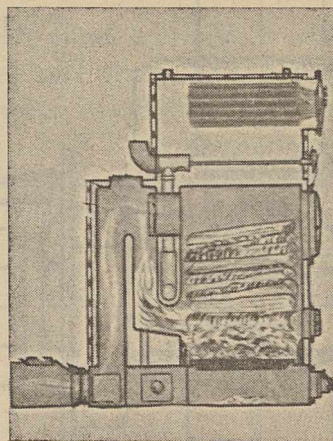
#### 5. Zsypy na śmiecie

Instalacja ta jest rozpowszechniona w całej Szwecji. Zsyp jest hermetyczny, łatwo otwie-

ralny. Bywa umieszczony w kuchni, częściej w klatce schodowej. Wrzuca się doń śmiecie owinięte w papier w postaci pakunku. Mimo umieszczenia zsypu w klatce schodowej — z reguły jest idealna czystość i porządek.

#### 6. Kotły uniwersalne

W Szwecji rozpowszechnione są instalacje na wodę ciepłą. Konieczność łączenia tych instalacji z c. o. przy budowie i obsłudze spowodowała wyprodukowanie uniwersalnych kotłów rys. 6, które służą do ogrzewania domu, a zarazem ogrzewają wodę wodociagową. W górnej części kotła umieszczona jest węzownica, której jedna odnoga poprzez zawory zabezpieczające łączy się z wodociagiem, a druga idzie do miesz-



Rys. 6.

kań z wodą ciepłą. Nowością tego kotła są wymienne ruszty, pozwalające na stosowanie jako opału gazu, koksu, torfu lub ropy.

## Wiadomości bieżące

### Sprawozdanie z zebrania Komitetu Wykonawczego oraz Rady Światowej Organizacji Technicznej w dn. 9–12.IX.1947 r. w Zurichu

W delegacji z ramienia N.O.T. wzięli udział inż. inż. A. Gajkowicz i L. Taniewski.

Z powodu trudności w uzyskaniu wiz — inż. Taniewski mógł przybyć do Zurychu dopiero w dn. 10.IX.47 r. rano.

W posiedzeniu Komitetu Wykonawczego brali udział wszyscy członkowie Komitetu, za wyjątkiem Chin.

Na zebraniu Rady było reprezentowanych 22 państw. Było to pierwsze zebranie Rady C.T.M.

Tak sesja Komitetu Wykonawczego, jak i sesja Rady posiadały doniosłe znaczenie w rozwoju Światowej Konferencji Technicznej, gdyż na porządku dziennym poza sprawami bieżącymi znajdowały się sprawy nowego sformu-

wania statutu, sprawy ustalenia programu prac na następny rok, ustalenia terminu, miejsca i programu następnego Kongresu Technicznego, przyjęcie nowych członków, wybory Wydziału Wykonawczego na najbliższą kadencję oraz sprawy pomocy Politechnice Warszawskiej.

Polska delegacja brała wybitnie czynny udział w pracach Komitetu Wykonawczego i w obradach Rady i zdobyła na forum Conference Technique Mondiale pozycję mocną, umożliwiającą wywieranie wielkiego wpływu na przebieg prac C.T.M.

Wiele wysiłków musiała delegacja polska poświęcić na zmianę niekorzystnych sformułowań szeregu punktów sta-



tutu. W wyniku ożywionych dyskusji punkt widzenia delegacji polskiej zyskał uznanie, a dla nowego sformułowania odpowiednich postanowień statutu została wybrana Komisja w składzie przedstawicieli Polski, Anglii, Francji i Czechosłowacji. Komisji przewodniczył delegat Polski.

W statucie — jako jedno z zadań C.T.M. — podano propagowanie stosowania nowych zdobyczy techniki i nowych źródeł energii dla celów produkcyjnych, celem zmniejszenia cierpienia ludzkości i podniesienia stopy życiowej szerokiej mas. Zaznaczono w statucie, że C.T.M. jest organizacją czasową i ma za zadanie, m. in. stworzenie Światowej Federacji Technicznej. Ograniczono ilość przedstawicieli międzynarodowych organizacji technicznych w Radzie C.T.M. do dziesięciu, a w Komitecie Wykonawczym do trzech, i w ten sposób uniknięto próby pośredniej majoryzacji państw mniejszych przez państwa wielkie.

W programie prac na rok 1948 uwzględniono, na wniosek delegacji angielskiej, zagadnienia socjalne związane z postępem techniki, przy czym, na wniosek polskiej delegacji Komisja, która ma pracować nad tymi zagadnieniami — będzie wybrana przez Komitet Wykonawczy a nie przez Radę, jak tego uparczywie domagała się delegacja angielska. Delegacja polska zneutralizowała wniosek delegacji angielskiej, postawiony na posiedzeniu Komitetu Wykonawczego, a żądający aby na przewodniczącego Komisji wybrać Lorda Sempill'a, wielkiego fabrykanta samochodowego. Polska delegacja wysunęła jako kontrkandydata wybitnego inżyniera francuskiego. W ten sposób kandydatura angielska upadła a sprawa została odroczone do następnej sesji Komitetu Wykonawczego.

Ponieważ nie było innych propozycji — przyjęto zaproszenie Komitetu Narodowego Egipskiego, aby przyszedł Kongres Techniczny odbył się w Kairze — wiosną 1949 r. Ustalono, że następujące zagadnienia będą stanowiły tematy referatów na Kongresie:

1. Źródła energii i surowce w świecie,
2. Postęp techniczny jako czynnik socjalny,
3. Temat specjalnie interesujący Egipt — gospodarka wodna, paliwa płynne, mieszkania robotnicze.

Delegacja polska zaproponowała przyjęciu już obecnie Austrii w poczet członków C.T.M., zaś Włoch do Komitetu Wykonawczego. Powzięto uchwałę, która uzależnia przyjęcie Austrii do C.T.M. od zgody N.O.T., zaś sprawę przyznania Włochom miejsca w Komitecie Wykonawczym odłożono do następnej sesji Komitetu. Polska, z innych względów, sprzeciwiła się przyznaniu miejsca w Komitecie Wykonawczym Iranowi. Na wniosek Polski zarezerwowano miejsce w Komitecie Wykonawczym dla jednego z państw Naddunajskich (Jugosławia, Bułgaria, Rumunia, Węgry).

Sprawa ponownego wejścia Polski do Komitetu Wykonawczego nie przedstawiała już w r.b. żadnych trudności. Pozycja delegacji polskiej była tak mocna, a jej rola w pracach C.T.M. tak znaczna, że nie było do pomyślenia, aby Polska mogła nie wejść do Komitetu Wykonawczego. Kandydatura Polski, bez żadnych specjalnych zabiegów ze stro-

ny delegacji polskiej, została postawiona łącznie z innymi kandydatami przez delegata angielskiego w imieniu prezydium C.T.M., przy czym kandydatura Polski została podana na jednym z czołowych miejsc (trzecie). Wniosek ten został przez Radę przyjęty jednomyślnie. Nie chcąc sama się ubiegać o stanowisko wiceprzewodniczącego Komitetu Wykonawczego — delegacja polska ułatwiła delegacji czechosłowackiej pozyskanie tego miejsca.

Tak na sesji Komitetu Wykonawczego jak i na sesji Rady, kilkakrotnie poruszano sprawę Politechniki Warszawskiej odczytano list Rektora Politechniki, ponownie upoważniono inż. Howard'a, przewodniczącego Komitetu Narodowego Angielskiego do pełnienia obowiązków przewodniczącego Komisji Pomocy dla Politechniki Warszawskiej. W tej sprawie delegacja polska kilkakrotnie zabierała głos.

Z innych spraw — należy wymienić uchylone przez polską delegację dążenie delegacji angielskiej do ujęcia w swoje ręce sprawy wydawania biuletynu C.T.M. Na wniosek delegacji polskiej — uchwalono, że biuletyn będzie wydawany, poczynając od 1.I.1948 r. przez Generalny Sekretariat.

W końcu — należy podkreślić, że tak na posiedzeniu Komitetu Wykonawczego jak i na posiedzeniu Rady ujawniło się dążenie państw anglosaskich opanowania całkowitego C.T.M. i podporządkowania jej działalności swym wpływom. Dążenia te były przez niektóre delegacje (państwa Skandynawskie) popierane bez zastrzeżeń. Delegacja polska jako jedno ze swych zadań postawiła przeciwstawienie się tym tendencjom, jako szkodliwym. Przeciwdziałanie delegacji polskiej dała na ogół wyniki pozytywne.

(—) Inż. L. Taniewski

(—) Inż. A. Gajkiewicz

### Wznowienie działalności Komitetu Walki z Korozją

Prezydium Naczelnej Organizacji Technicznej postanowiło reaktywować Komitet Walki z Korozją, utworzony w 1939 r.

Działalność Komitetu, przerwana wybuchem wojny, ma być obecnie wznowiona w oparciu o Hutniczy Instytut Badawczy oraz o inne placówki przemysłowe i naukowe.

Prezydium N.O.T. udzieliło Doradcy Technicznemu Zjednoczenia Przemysłu Farb i Lakierów, Prof. Inż. K. Pajewskiemu, oraz Dyrektorowi Hutniczego Instytutu Badawczego, Prof. Dr M. Smiałowskiemu, mandatu do rozpoczęcia prac w kierunku wznowienia działalności Komitetu Walki z Korozją w związku z tym Koledzy, którzy wchodzili przed wojną w skład Komitetu Walki z Korozją, jako też ci, którzy z tytułu swego stanowiska lub zainteresowań pragną obecnie do niego należeć, proszeni są o zgłoszenie akcesu pod adresem: Hutniczy Instytut Badawczy, Gliwice, ul. K. Miarki Nr. 12/14.

Projektuje się zorganizowanie Zjazdu Korozyjnego jeszcze w roku bieżącym, w Gliwicach. Termin zjazdu zostanie podany dodatkowo.

## Wiadomości praktyczne

### O przeskakiwaniu cyfr w mechanizmach wodomierzy

Zakłady Wodociągowe często spotykają się z zarzutami swojej klienteli na wadliwe działanie wodomierzy. Jeden z zarzutów dotyczy wodomierzy bębnekowych, które po-

mawiane są o samoczynne przeskakiwanie cyfr i spowodowany przez to fałszywy odczyt. Niewątpliwie niezawodność działania wodomierzy wskazówkowych jest większa niż wo-



domierzy bębnekowych. Przeprowadzona obserwacja nad większą ilością wodomierzy bębnekowych, jak również zaciągnięta opinia w jednej z fabryk wodomierzowych, dają następujący pogląd na działanie wodomierzy bębnekowych. Głównym powodem wadliwego działania takiego wodomierza jest „zaklinowanie się” trybika przerzucającego na ośce. Wypadek taki zachodzi, gdy wodomierz zainstalowany jest za duży w stosunku do ilości przepływającej wody; obracają się wówczas przez długi czas tylko bębni wskazujące jednostki i dziesiątki m<sup>3</sup>, bębni zaś wyższych rzędów stojąc nieruchomo, na skutek inkrustacji, osadów i korozji zapiekają się na osi. To samo może nastąpić, gdy wodomierz długi czas jest nieczynny. Trybiki poruszane są przez zaczepy bębnów, gdy jednak na skutek zaklinowania się, nie mogą obracać się swobodnie, mogą spowodować wygięcie osi i poplątanie dotychczas należycie ustawionych bębnów.

Dla uniknięcia tego zastosowano bardzo prostą zmianę konstrukcyjną polegającą na tym, że na ośce pierwotnie zupełnie gładkiej, na której osadzone są trybiki przerzucające, zrobiono klinik, przez co, pierwszy trybik przerzucający został umocowany na stałe. Wynikiem tego jest, że pierwszy bębenek hektolitrowy po przepłynięciu 10 hektolitrow porusza ośkę trybów i nie pozwala, aby pozostałe trybiki chwilowo jeszcze nie pracujące, zaklinowały się na osi. Również należy wspomnieć o bardzo rzadkiej możliwości wylamania się trybów w bębnach, powodującej wadliwe wskazania wodomierzy. Opisanych wypadków zaobserwowano zaledwie kilka, tak, że i ten zarzut klienteli jest oparty na niedokładnej znajomości wodomierzy.

Kraków, dnia 27 września 1947.

(—) Inż. Popielski Wacław

## Z życia Zakładów

### Nieco wspomnień o Gazowni Łódzkiej z okresu do 1914 r.

Gazownię Łódzką wybudował kapitał angielski uzyskawszy od władz rosyjskich w roku 1869 na 40 lat koncesję z tym warunkiem, że po upływie tego okresu miała przejść gazownia bez jakiegokolwiek odszkodowania na własność miasta. Anglicy jednak z powyższej koncesji nie skorzystali, sprzedając ją specjalnie dla tego celu stworzonemu towarzystwu akcyjnemu, czyli jak się to dziś mówi Spółce Akcyjnej, pod nazwą „Łódzkie Towarzystwo Gazowe” (po niemiecku — „Łodz Gas Gesellschaft”, po rosyjsku — Łodzinskoje Gazowoje Obszczestwo).

Głównym akcjonariuszem była potężna niemiecka firma węglowa „Caesar Wollheim”, która dobrała sobie kilku Niemców z Rzeszy niemieckiej. Ze strony polskiej akcjonariuszami w mniejszym stylu byli polscy Żydzi spośród których na pierwszy plan wybiła się firma Louis Starkmann — Dom Bankowy w Warszawie przy ul. Orlej Nr. 6. — Kapitał zakładowy przedsiębiorstwa, o ile się nie mylę, wynosił 250.000.— rubli.

Do roku 1888 skład urzędników rekrutował się z Niemców, i to jeżeli chodzi o kierownictwo gazowni, to z Niemców zagranicznych, a dział administracyjny - buchalteryjny był obsadzony miejscowymi Niemcami tak zwanymi „Lodermenschami”.

W roku 1888 nastąpił wyłom, gdyż dzięki wpływom Żydów polskich a głównie Louis Starkmanna stanowisko asystenta ówczesnego dyrektora Niemca Wilhelma Zobela zostało obsadzone przez Polaka inż. Konrada Billewicza. Od tej chwili nastąpiła o tyle zmiana na korzyść polskości, że z prezydentem miasta, władzami i publicznością polską, był ktoś w administracji gazowni, który chciał i mógł się rozmówić po polsku. Inż. Konrad Billewicz pozostawał w gazowni łódzkiej do roku 1890, po czym na skutek rozpisane go konkursu przez Louis Starkmanna stanowisko asystenta po Konradzie Billewiczu objął podpisany Czesław Świerczewski, posiadający 1 roczną praktykę w gazowni warszawskiej. Louis Starkmann w stosunku do władz rosyjskich nosił tytuł — „jednostwiennyj człen prawlenia” — jedyny członek zarządu. Rada Nadzorcza Towarzystwa miała swą siedzibę w Berlinie z prezesem Edwardem Arnholdem, właścicielem firmy Caesar Wollheim na czele.

Gdy zjawiłem się w Zarządzie Gazowni Łódzkiej, znalazłem się wśród samych Niemców, co prawda znających język polski, ale między sobą używających tylko języka niemieckiego. Książki wszystkie były prowadzone po niemiecku. Gazmistrem był Niemiec zagraniczny August Jaensch. Można sobie wyobrazić, w jak przykrym znalazłem się otoczeniu ja, który w dodatku należałem do tajnej organizacji niepodległościowej. Wśród robotników na lepszych pozycjach byli również miejscowi Niemcy, albo niestety, zniemczeni Polacy, bo i tacy byli.

Ponieważ podobne stosunki panowały nietylko w Gazowni Łódzkiej, a w całym przemyśle łódzkim, więc w roku 1892 wybuchł na tle językowym powszechny strajk zakończony kompromisem z władzami rosyjskimi, a mianowicie zobowiązaniem wszystkich osób zajętych na stanowiskach kierowniczych w przemyśle i majstrów do zdania egzaminu w ciągu 6 miesięcy z języka polskiego lub rosyjskiego. Ci z Niemców, którzy egzaminu nie zdali, musieli wyjechać zagranicę. Co jest w tym najciekawsze, że i ja zdawać musiałem egzamin z języka polskiego przed policmajstrem Danilczukiem. Stosunki w fabrykach łódzkich o tyle się polepszyły, że fabrykanci, aby uniknąć represji ze strony władz rosyjskich, zaangażowali do swych fabryk Polaków na stanowiska „zarządzających” (zawiedujuszczych). Między innymi sprowadziłem i ja takiego Polaka do fabryki włókienniczej Tow. Akc. J. Heinzel. Najazd na fabryki łódzkie kilkuset Polaków, przy bądź co bądź dużej ilości autochtonów i zajmujących dzięki wybitnym zdolnościom fachowym niektóre wysokie stanowiska, jak kolorystów w przemyśle — przy dużej ilości urzędników państwowych i komunalnych Polaków i w wolnych zawodach wywarł szybki prąd polonizacyjny, ułatwiający w dużym stopniu działalność tajnych organizacji społecznych i politycznych. Do pewnego stopnia odbiło się to i na gazowni, w której miejsca pod mistrzów zaczęli obejmować rdzenni Polacy, przy czym na stanowisku drugiego majstra zaangażowano również Polaka Wincentego Lechowskiego.

O rewolucji w latach 1905 i 1906 nie będę wspominał. Powiem jednak tyle, że w gazowni, jak i całym przemyśle łódzkim i życiu łódzkim wywarła ona na niemieckości stan



przynębiający. Wielkie fabryki zmieniały w ciągu 24 godzin książkowość niemiecką na polską, zaczęło się roić od Polaków na wszystkich przemysłowych i handlowych stanowiskach. W gazowni łódzkiej nie było już Niemca Wilhelma Zobela — a na miejsce jego zaangażowano rosyjskiego poddanego Niemca Aleksandra von Trentoviusa, który będąc spokrewnionym przez żonę z rodziną polską w Warszawie, nie miał odwagi na jawne prześladowanie polskości. Już po rewolucji obsadzono świeżo kreowane drugie stanowisko asystenta w gazowni przez inż. Juliusza Nelkenbauma, Polaka, krewnego Loius Starkmanna.

W początkowym moim stadium pobytu w Gazowni Łódzkiej były w niej tylko piece najstarszego typu obsługiwane ręcznie szuflami (łopatami), hakami do wyciągania koksu i krykami do rozgarniania węgla w retortach. Gaszenie koksu na wózkach dwukołowych odbywało się również wiadrami. Stan taki a la longue nie mógł pozostać, z inicjatywy zatem dyr. Zobela wprowadzono do drugiej piecowni piece systemu polgeneratorowego Hasse - Vacherot. Był to ogromny postęp. Również duży postęp zaznaczył się w oświetleniu ulicznym, gdy na ul. Piotrkowskiej w roku 1895 po raz pierwszy zajaśniały światła gazożarowe.

Ze względu na zbliżający się termin zakończenia koncesji w roku 1909 nie można było się spodziewać ze strony akcjonariuszy wielkich chęci do czynienia nakładów na nowe inwestycje. Jedno trzeba przyznać, że jeżeli chodziło o pozostawienie miastu przedsiębiorstwa w dobrym stanie, to w tym kierunku nie czyniono oszczędności. Na jakiś rok przed expiracją koncesji wskutek śmierci dyr. Trentoviusa — dyrektora gazowni przeszła w ręce redagującego niniejsze pismo i inż. Nelkenbauma.

Ze strony Spółki Akcyjnej zaczęto czynić starania o przedłużenie koncesji. Spółkę reprezentował wówczas wobec władz rosyjskich na miejsce zmarłego Loius Starkmanna — fabrykant łódzki Jarociński Zygmunt, Żyd polski, o bardzo szlachetnych tendencjach. W porozumieniu z nim, przed upływem ostatniego roku koncesyjnego, wywiercono głęboką studnię, aby uchronić gazownię od braku wody i przeprowadzono konieczny remont budynków i urządzeń technicznych. W najbardziej opłakanym stanie, jeśli chodziło o rozdział ciśnienia w sieci, przedstawiały się ciśnienia w odległych od gazowni ulicach. W dodatku gazownia znalazła się w dość wysoko położonym punkcie koło kolei Fabryczno - Łódzkiej. — odbił się ten stan szczególnie ujemnie na oddalonej ul. Konstantynowskiej, gdzie wskutek braku należytego ciśnienia w sieci stały motory, gazowe w poszczególnych posesjach do dostarczania wody. Ów brak ciśnienia wyjaśnia się tą okolicznością, że wąskie przewody do gazu o średnicach 1, 1½ i 2" ciągnęły się po kilkadziesiąt kilometrów. Żadnych zastrzeżeń w tym kierunku w umowie koncesyjnej nie było, więc też i akcjonariusze nie czuli się w obowiązku do wymiany przewodów o mniejszych średnicach na większe. Nowych gospodarzy po upływie umowy koncesyjnej — w dn. 26 czerwca 1909 r. czekała zatem nie lada praca w kierunku unormowania ciśnień w przewodach ulicznych do gazu. Do tego dochodziło zupełne wyczerpanie się zdolności produkcyjnej pieców wskutek zwiększonego zapotrzebowania na gaz, mała pojemność zbiornikowa i wiele innych zagadnień.

Gdy już niewiele miesięcy brakowało do końca koncesji, a magistrat łódzki zachodził w głowę, wobec braku samorządu miejskiego, co począć z przedsiębiorstwem, które chcą

czy nie chcąc włożyć mu w ręce, wówczas zajęło się tą sprawą kilku fabrykantów łódzkich, którzy po przez gubernatorstwo w Piotrkowie i generał - gubernatorstwo w Warszawie znalazłszy się w Petersburgu, — potrafili przekonać rządzące tam sfery, że nie należy przedłużać koncesji dotychczasowej Spółce Akcyjnej a o wiele korzystniej będzie dla miasta, jeżeli ją otrzyma Konsorcjum Obywateli m. Łodzi. Interesów Łódzkiego Towarzystwa Gazowniczego bronił zdolny adwokat przysięgły Załszupin. Fabrykanci byli mądrzejsi uzyskując ukaz cara Mikołaja II o treści „oddać w administrację obywatelom m. Łodzi“. Gdy wiadomość ta doszła do oczów i uszów ówczesnego Magistratu Łódzkiego — na czele którego stał przeświejnej pamięci — rzeczywisty radca stanu Pieńkowski, udekorowany orderem „za usmirenje Polskiego miateża“ tenże zmartwił się, nie wiedząc kto ma prawo do obywatelstwa m. Łodzi. Poszła zatem „pierepiska“ do gubernatora piotrkowskiego Jaczewskiego, który zadecydował że należy zwołać pod nazwą obywateli tych wszystkich, którzy coś posiadają na zebranie — w celu wyłonienia komitetu, którego obowiązkiem będzie zajęcie się wszelkimi kwestiami wiążącymi się z przejęciem gazowni od dotychczasowych posiadaczy koncesji. Jakoż, na parę tygodni przed 26 czerwca 1909 r. zwołano do Miejskiego Tow. Kredytowego przy ul. Średniej, wszystkich fabrykantów, właścicieli sklepów, wolne zawody itd. w celu wybrania komitetu dla spraw gazowni. Zgodzono się szybko na cyfrę 15 osób, które miały zasiąść w komitecie. Natychmiast po tym wyborze powyższy komitet zebrał się wydzielając z siebie subkomitet złożony z 5 osób, złożonych z Polaków, Żydów i Niemców a mianowicie: inż. Kazimierza Arkuszewskiego, Teodora Meyerhofa, Edwarda Heimana, Dawida Templa i inż. Landaua. Subkomitet ów miał właściwie bardzo mało wspólnego z niemieckością gdyż jedyny przedstawiciel przemysłowców niemieckich Teodor Meyerhof uważał się za Polaka. Przez okres kilku miesięcy gazownia łódzka znalazła się pod opieką dwóch władz: likwidacyjnej z ramienia ustępującej Spółki Akcyjnej Łódzkiego Tow. Gazowego i wspomnianego powyżej subkomitetu. Delegatem dla spraw likwidacyjnych ze strony Rady Nadzorczej w Berlinie był sekretarz generalny Arnholda Emil Bielefeldt. Trzeba przyznać, że rozstanie się dawnych władz gazowni z Dyrekcją i personelem gazowni było bardzo przyzwoite, wynagradzając hojnie bez wyjątku wszystkich pracowników, począwszy od dyrektorów i skończywszy, bez pominięcia kogokolwiek, na stróżach i zamiętaczach.

Subkomitet złożony z 5 osób zajął się przejęciem personelu od dawnego Łódzkiego Towarzystwa Gazowego, projektem sfinansowania planu inwestycyjnego przedstawionego przez dyrektora Czesława Świerczewskiego, uzupełnieniem personelu technicznego i rozszerzeniem ram swoich przez dobór innych osób znanych na terenie Łodzi z działalności mającej na oku dobro miasta. Projekty inwestycyjne przedstawione przeze mnie obejmowały: budowę gazowni wodnej dla produkcji gazu nawęglanego mazutem, naftociągu z terenu kolei Fabryczno Łódzkiej do gazowni przy Targowej, zbiornika do gazu w lesie przy ul. Srebrzyńskiej ze stacją regulatorów, domkiem mieszkalnym, sprzężarką do przetłaczania gazu z terenu przy ul. Targowej do zbiornika przy ul. Srebrzyńskiej, przewodem kilkokilometrowym łączącym sprzężarkę na Targowej z tym zbiornikiem na Srebrzyńskiej.

Przewód ten m. in. biegł wzdłuż całej ul. Konstantynowskiej wzmacniając do górnej granicy ciśnienie w sieci. Wre-



szcze wystawiono budynek z całkowitym urządzeniem dla laboratorium chemicznego i kamery Bunzenowskiej do pomiarów światła. Dla dostarczenia dostatecznej ilości pary do wytworzenia gazu wodnego trzeba było wybudować obok gazowni wodnej kotłownię nowoczesną.

Po przybliżonym oszacowaniu wyjaśniło się, że na pokrycie kosztów związanych z powyższymi inwestycjami potrzeba było 400.000.— rubli. Na podstawie powyższego projektu, nie krępując oferentów w zmianie sposobu rozwiązania kwestii niedostatecznej produktywności pozostałej po dawnych koncesjonariuszach gazowni, rozpisano konkurs, do którego zgłosiły się obok mnie firmy zagraniczne. W rezultacie utrzymał się mój projekt jako najracjonalniejszy.

Nastąpiło rozszerzenie subkomitetu złożonego z 5 osób do osób 11 nadając mu nazwę „Konsorcjum ob. m. Łodzi”. Dobrano Wilhelma Hordliczkę, — z przemysłowców Leonhardta, Cezara Eisenbrauna, Adolfa Daube, Zygmunta Richtera i Leona Gajewicza — dyrektora Tow. Kredytowego m. Łodzi.

Fundusz 400.000.— rubli postanowiono zebrać rozpisując pożyczkę w odcinkach 1.000.— rublowych. Pierwszeństwo mieli najmniejsi subskrybenci. W ciągu 24 godzin pożyczka była pokryta i przystąpiono bezzwłocznie do realizacji projektu inwestycyjnego dyr. inż. Czesława Świerczewskiego. Przyjęto zasadę, że wszystkie roboty inwestycyjne mają być wykonane z materiałów krajowych i rękami polskiego robotnika. W ten sposób dostała się budowa kotłowni firmie warszawskiej Bormann i Szwede, dostawa rur firmie Lilpop, Rau i Loewenstein, blachy do kotłów gazowni wodnej i zbiornika przy ul. Srebrzyńskiej — Prodamecie.

Tylko te części do maszyn, których nie wyrabiano w kraju, sprowadzono z zagranicy. Gazownia wodna utrzymała się w typie Delwig i Fleischer. Wszystkie powyższe inwe-

stycje zostały wykonane nadzwyczajnie szybko, gdyż były gotowe zupełnie pod koniec roku 1910.

W łonie „Konsorcjum” zaznaczyły się dwojake opinie co do zużytkowania nadwyżek ponad 12% zysku od włożonego w przedsiębiorstwo kapitału, a mianowicie: wychodząc z założenia, że praca obywatelska w gazowni powinna się wyrazić służeniu dobru publicznemu na terenie miasta, Edward Heiman bronił zasady, aby nadwyżki nad zyskami odkładać na budowę szpitala miejskiego... Drugi odłam z Kazimierzem Arkuszewskim na czele był zdania, aby owe nadwyżki zbierać na budowę nowej gazowni, która miała być rozbudowana wokół zbiornika przy ul. Srebrzyńskiej. Niezmiennie ciekawe były dyskusje na powyższy temat, ciągnące się przez długi szereg posiedzeń, zakończone zwycięstwem idei Edwarda Heimana. Do wybuchu wojny w roku 1914 a więc w ciągu około 5 lat zebrano na budowę szpitala miejskiego 1.400.000.— rubli ulokowanych w listach zastawnych Tow. Kredytowego Miejskiego m. Łodzi i wywiezionych z Bankiem Państwa do Moskwy.

Stosunek Konsorcjum do pracowników był bez zarzutu. Pierwszy raz doczekali się wszyscy bez wyjątku pracownicy, a więc i robotnicy i pracownicy umysłowi gratyfikacji rocznych.

Całkowita księgowość, protokoły itp. były prowadzone w języku polskim. Jeśli chodziło o dotacje na cele publiczne, to nigdy się od nich nie uchylano. Między innymi przyjmowano na praktykę w gazowni studentów z Politechniki Łwowskiej.

W roku 1913 odbył praktykę w gazowni łódzkiej późniejszy minister budownictwa Gdyni, Delegat Rządu dla Spraw Wybrzeża inż. Eugeniusz Kwiatkowski.

(—) Inż. Czesław Świerczewski

## Z życia Organizacji

### Z Prezydium Zarządu Głównego P. Z. G. W. i T. S.

Protokół z posiedzenia Prezydium Zarządu Głównego Polskiego Zrzeszenia Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych odbytego w dniu 11 lipca 1947 r. w Warszawie.

Obecni kol. kol.: Prezes Z. Rudolf, E. Filipowski, H. Janczewski, J. Liebfeld, I. Piotrowski, Z. Stefańczyk i B. Rudziński.

#### Porządek obrad:

1. Sprawa opracowania monografii Wodociągów i Kanalizacji w Polsce.
2. Odczytanie wyroku Sądu Koleżeńskiego z 27.VI.47 r.
3. Wolne wnioski.

ad 1. W wymianie zdań odniesionych do strony formalnej projektowanej umowy między GUPP. i PZGW. i TS. oraz sposobu wykonania prac związanych z przygotowaniem monografii wodociągów i kanalizacji w Polsce nasunęły się wątpliwości, czy upoważnienie do podpisania umowy nie powinno mieć oparcia w uchwale pełnego Zarządu Zrzeszenia, oraz czy przewidziane w umowie koszty opracowania monografii, biorąc pod uwagę możliwości finansowe Zrzeszenia, nie są zbyt niskie.

Różnica między sumą projektowaną w umowie i kosztami rzeczywistymi może być znaczniejsza, jeśli mono-

grafia miała obejmować i miasta poniżej 20—25 tysięcy mieszkańców.

Postanowiono podpisanie umowy odroczyć do pełnego zebrania Zarządu Głównego Zrzeszenia.

Powołano Komisję w składzie kol. kol. Janczewski, Just Liebfeld, Stefańczyk z kol. Piotrowskim jako przewodniczącym Komisji, która w tym terminie opracuje organizację i szczegółowy program wykonania prac związanych z monografią, oraz wystąpi z wnioskiem o ewentualne zmiany w projektowanym tekście umowy.

Opracowanie monografii winno się opierać o wyznaczone w Oddziałach osoby.

ad 2. Z kolei odczytano wyrok Sądu Koleżeńskiego z dn. 27.VI.1947 r.

ad 3. Postanowiono wystąpić do II Departamentu Polityki Budowlanej Ministerstwa Odbudowy o przyznanie subwencji na prowadzenie szkolenia zawodowego.

Należy uwzględnić kurs dłuższy dla całego kraju i krótsze lokalne dla szkolenia czeladnika, mistrza i kierownika.

Do Komisji programu powołano nadto kol. kol. Piotrowskiego, Filipowskiego i Stefańczyka.

W związku z jubileuszowym XXV Zjazdem PZGW i TS. mającym się odbyć w 1948 roku w Sopocie rozważano sprawę zorganizowania IV Międzynarodowego Zjazdu Techniki Sanitarnej.



Postanowiono wystąpić w tej sprawie do Ministerstwa Spraw Zagranicznych oraz o uzyskanie subwencji od Ministerstwa Odbudowy. Po opracowaniu programu Zjazdu zostanie ustalony koszt Zjazdu, dla uwzględnienia odnośnych sum w budżecie.

Poruszona przez Piotrków sprawa ulg na PKP. dla pracowników samorządowych wymaga wyjaśnienia w Ministerstwie Administracji Publicznej i Ministerstwie Komunikacji.

Przyjęto do wiadomości przyznane przez Ministerstwo Odbudowy subsydium dla Zrzeszenia.

Za Sekretarza

Przewodniczący

(—) inż. Z. Stefańczyk

(—) inż. mgr. Z. Rudolf

## Z Sekcji Wodoc. Kanal. P. Z. G. W. i T. S.

*Protokół zebrania Zarządu Sekcji Wodociągowo-Kanalizacyjnej Polskiego Zrzeszenia Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych z dn. 22 września 1947 r.*

Obecni kol. kol.: Z. Stefańczyk, W. Petrozolin, W. Błaszczuk, J. Just, St. Gładkowski, A. Luciński i M. Niewiarowski.

Nieobecność usprawiedliwił kol. prof. I. Piotrowski.

### Porządek dzienny:

1. Odczytanie i przyjęcie protokołu poprzedniego zebrania z dn. 12.VI.1947 r.

2. Program działalności Sekcji na rok 1947/48.

3. Program wydawnictw.

4. Sprawa XIX Zjazdu PZGW i TS.

5. Wolne wnioski.

ad. 1. Protokół zebrania z dn. 12.VI.47 r. odczytano i przyjęto bez zmian.

ad 2. Program działalności Sekcji na rok 1947/48 zreferował kol. Przewodniczący inż. Z. Stefańczyk. Ujęty w punkty program przedstawia się następująco:

I. Zoragnizowanie referatów wodociągowo-kanalizacyjnych w Oddziałach Zrzeszenia.

II. Rozszerzenie współpracy:

a) z Polskim Komitetem Normalizacyjnym,

b) z Ministerstwem Odbudowy — Biurem Zakładów i Urządzeń Użyteczności Publicznej.

III. Współpraca z Biurem Studiów Wodociągowo-Kanalizacyjnych.

a) w opracowaniu zagadnień,

b) rzeczoznawstwa,

c) udział w posiedzeniach.

IV. Unormowanie spraw związanych z wykonawstwem instalacji wod. i kan.

a) uprawnienia do projektowania,

b) uprawnienia do wykonywania robót,

c) materiały i warunki techniczne przy wykonywaniu instalacji.

V. Zagadnienia naukowe.

a) *Standarty do projektów Wodociągów i Kanalizacji* (podstawowe założenia w zależności od których projekt winien przewidywać np. w kanalizacji: sieć rozdzielczą lub ogólno-splawną urządzenia indywidualne lub związane ze wspólną siecią, materiał w przewodach etc.

W wodociągach: urządzenia indywidualne, minimum instalacyjne, wodociąg dla osiedla, wodociąg grupowy etc.

b) *Korozja rur.*

c) Udział w opracowaniu słownictwa wodoc. i kanaliz.

d) Zasilania artykułami czasopisma „Gaz, Woda i Technika Sanitarna“.

e) Dążenie do uruchomienia Oddziału Budownictwa Sanitarnego na Politechnice.

VI. Wydawnictwa:

a) Kalendarz Wodociągowo-Kanalizacyjny.

b) Wydawnictwa książkowe z poszczególnych dziedzin wodoc. i kanaliz.

VII. Hasła i referaty dla XXV Jubileuszowego Zjazdu PZGW i TS w Sopocie i Gdańsku.

VIII. Udział w opracowaniu Monografii Wodociągów i Kanalizacji.

Po wyczerpującej dyskusji nad przedstawionym programem zapadły następujące uchwały:

do p. I. Opracować regulamin działalności referatów w Oddziałach.

do p. II, III. Reprezentować Sekcję Wod.-Kan. w P.K.N. będzie kol. A. Luciński. Kontakt z Biurem Zakładów i Urz. użyt. Publ. i z Biurem Studiów utrzymywać będzie kol. Z. Stefańczyk.

do p. V. Z zagadnień naukowych uznano za jedno z najważniejszych zagadnienie korozji rur i ustalenie w związku z korozją norm renowacji przewodów.

Przyjęto do wiadomości udział w komisji wybranej przez Zarząd Główny dla spraw Oddziału Techniki Sanitarnej wzgl. Katedry na Politechnice członków Zarządu Sekcji Wod.-Kan. kol. kol. Piotrowskiego i Justa (poza tym do komisji weszli kol. kol. Rudolf i Rudziński).

do p. VI. W myśl uchwały Zarządu Głównego Zrzeszenia Komisja Wydawnicza przy Zarządzie Głównym z kol. Liebfeldem jako przewodniczącym przestała istnieć, a wzmian powstają Komisje Wydawnicze przy Sekcjach

Wobec powyższego uchwalono: Zlikwidować zesłoroczną Komisję Programu Wydawnictw i utworzyć Komisję Wydawniczą Sekcji Wod.-Kan., powołując na przewodniczącego Komisji kol. Petrozolina.

Zadaniem Komisji będzie zfinalizowanie rozpoczętych prac przy wydaniu „Higieny wody“, „Obliczenia sieci wodociągowej“, „Stacji Pomp“ i „Metodyki badań wody“.

Komisja dla spraw Kalendarza pozostaje w dawnym składzie z kol. Błaszczukiem na czele (członkowie: kol. kol. Just, Przyłęcki, Raniecki).

do p. VII. Uchwalono do następnego zebrania zastanowić się i podać projekty haseł na XXV Zjazd.

do p. VIII. Uznano udział członków Zarządu Sekcji w opracowaniu Monografii Wodociągów i Kanalizacji za czołowe zagadnienie w pracach Sekcji.

ad 3. Ustalono szczegóły terminów oddania prac przez autorów poszczególnych rozdziałów „Higieny wody“. Do końca października całość materiału będzie zebrana i można będzie przystąpić do realizowania druku.

Pozostałe 2 prace (Obliczanie sieci wodociągowej i Stacje Pomp) jeszcze nie są tak zaawansowane, aby można było ustalić ściślejszy termin.

ad. 4. Punkt ten został wyczerpany przy omawianiu punktu 2-go.

ad 5. W wolnych wnioskach kol. Stefańczyk zaproponował wybranie delegatów Sekcji Wod.-Kan. do pozostałych Sekcji fachowych Zrzeszenia.

Wybrano do nowopowstałej Sekcji Bezpieczeństwa Pracy — kol. K. Trynkowskiego, do Sekcji Przemysłowej — kol. St. Gładkowskiego, do Sekcji Gazu Sztucznego — kol. W.



Petrozolina, do Sekcji Techn.-Sanit. — kol. J. Justa. Co do pozostałych Sekcji — postanowiono odroczyć sprawę do zasięgnięcia informacji w Zarządzie Głównym o siedzibie Sekcji.

Uchwalono odbywać zebrania Zarządu Sekcji raz na miesiąc w pierwszą środę po 15-yim każdego miesiąca. W związku z tym następny termin zebrania wyznaczono na 22 października, godz. 16.15.

Sekretarz Przewodniczący  
(—) inż. W. Petrozolin (—) inż. Z. Stefańczyk

### Zatwierdzenie znowelizowanego Statutu Pol. Zrz. Gaz. Wod. i Techn. San.

Na mocy decyzji Prezydenta m. st. Warszawy z dnia 24 czerwca 1946 r. L. dz. Ol-997/46, wydanej na podstawie art. 21 Prawa o Stowarzyszeniach z dnia 27 października 1932 r. (Dz. Ust. R. P. Nr 94 poz. 808) wpisano do Rejestru Stowarzyszeń i Związków pod Nr 106 Stowarzyszenie pod

nazwą „Polskie Zrzeszenie Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych“.

Za Prezydenta m. st. Warszawy  
w/z Naczelnik Wydziału Organizacji Społecznych  
(—) Roman Czyżewicz

Statut niniejszy w powyższym brzmieniu zawiera zmiany zatwierdzone decyzją Prezydenta m. st. Warszawy z dnia 23 października 1947 r. L. dz. Ol-3344/47, wydanej na podstawie art. 28 Prawa o Stowarzyszeniach z dnia 27 października 1932 r. (Dz. U. R. P. Nr 94 poz. 808),

Za Prezydenta m. st. Warszawy  
Pieczęć okrągła (—) Roman Kochański  
Naczelnik Wydziału Społeczno-Politycznego  
Za zgodność z oryginałem  
Dyrektor

(—) I. Piotrowski  
Warszawa, dn. 11.XI.1947 r.

## Ustawy, przepisy i rozporządzenia

### Zalecenie Ministerstwa Odbudowy w sprawie nawiązania kontaktu Z Polskim Zrzeszeniem Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych

MINISTERSTWO ODBUDOWY W-wa, dn. 16.X.1947.  
L. dz. BZ-1856 47

Do wszystkich Urzędów Wojewódzkich  
(Wydziały Odbudowy)

Treść: nawiązanie kontaktu  
przez Wydziały Odbudowy  
z terenowymi Oddziałami  
P. Z. G. W. i T. S.

Jedną z najstarszych organizacji technicznych w Polsce jest Polskie Zrzeszenie Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych (Warszawa, ul. Koszykowa 81), które jest związkiem branżowym, należącym do Naczelnej Organizacji Technicznej. Celem Zrzeszenia jest m. inn.:

szerzenie wiedzy w zakresie gazownictwa, wodociągów, kanalizacji i techniki sanitarnej w Polsce oraz popieranie rozwoju tych dziedzin.

Dla osiągnięcia swych celów Zrzeszenie i jego Oddziały współpracują na polu fachowym również z administracją publiczną, urządzają zjazdy fachowe, kursy, odczyty oraz udzielają porad fachowych członkom, zakładom użyteczności publicznej itd.

Ponieważ Zrzeszenie to jest jedyną organizacją w Kraju, grupującą fachowców z dziedzin wyżej wymienionych, Ministerstwo Odbudowy zaleca, aby Wydziały Odbudowy utrzymywały ścisły kontakt z terenowymi Oddziałami Zrzeszenia, których adresy podano na odwrocie.

Podsekretarz Stanu  
(—) Inż. Stefan Pietrusiewicz

#### ADRESY

Zarządów Oddziałów Polskiego Zrzeszenia Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych w Warszawie.

1. Oddział Warszawski (woj. warszawskie, lubelskie, białostockie) — Warszawa, ul. Starynkiewicza 5.  
Przewodniczący Ob. Inż. Edward Bartlet.
2. Oddział Łódzki (woj. łódzkie) — Łódź, ul. Targowa 18.  
Przewodniczący Ob. Stanisław Kowalski.
3. Oddział Krakowski (woj. krakowskie, rzeszowskie i kieleckie) — Kraków, ul. Senatorska 1.  
Przewodniczący Ob. Dr. Tadeusz Orzelski.
4. Oddział Poznański (woj. poznańskie) — Poznań, ul. Grobla 14.  
Przewodniczący Ob. Inż. Antoni Dziurzyński.
5. Oddział Górnośląski (woj. śląsko-dąbrowskie) — Katowice, ul. Stawowa 13.  
Przewodniczący Ob. Inż. Jan Kozłowski.
6. Oddział Dolnośląski (woj. wrocławskie) — Wałbrzych, ul. Kościuszki 1.  
Przewodniczący Ob. Inż. Henryk Olszewski.
7. Oddział Pomorski (woj. szczecińskie, gdańskie, olsztyńskie i pomorskie) — Bydgoszcz, ul. Jagiellońska 54.  
Przewodniczący Ob. Inż. Jan Wyżnikiewicz.

W y d a w c a: Polskie Zrzeszenie Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych  
Redakcja i Administracja: Warszawa, ul. Koszykowa 81. Tel. 8.56.39: Konto P.K.O. Nr. 1-1133.  
Redaktor Naczelny: Prof. Ignacy Piotrowski Redaktor: inż. Henryk Janczewski

Ogłoszenia: 1/1 strony 4.800 zł., 1/2 str. 2.700 zł., 1/4 str. 1.550 zł., 1/8 str. 900 zł., 23×85 mm 450 zł.

Ogłoszenia na okładce 20% drożej. Do ceny ogłoszeń dolicza się 10% podatek miejski.

Prenumerata: Półrocznie 400 zł. Kwartalnie 200 zł. Numer pojedynczy 70 zł.

Druk. Związku Samopomocy Chłopskiej, Warszawa, Pl. Starynkiewicza 7



# PRZEDSIĘBIORSTWO WIERTNICZE KAROL ZIELIŃSKI

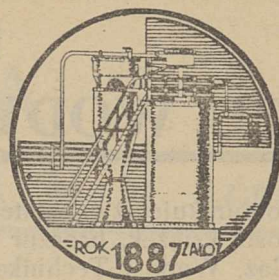
CENTRALA: Gdańsk — Wrzeszcz  
Dr. Pniewskiego 5. Tel. 411-20

ODDZIAŁY: Warszawa, Kraków

wykonuje:

studnie wiercone  
i reperacje studzien  
dostawa pomp

badania i ekspertyzy  
hydrologiczne



ZAKŁAD BADANIA WODY  
I BUDOWY APARATÓW  
inż. WŁ. NEUGEBAUER

B Y T O M

R y c e r s k a 1  
Tel. 47-16, 47-17, 47-18

F I L T R Y  
Z E O L I T O W E

W rękach każdego  
pracownika zakładu  
gazowego

winna się znaleźć  
broszura

p. t.: \_\_\_\_\_

«WSKAZÓWKI  
PRZY URUCHAMIANIU  
I OBSŁUDZE PIECÓW»

która już wkrótce  
ukaze się nakładem

„GAZU, WODY I TECHNIKI SANITARNEJ“

W celu zorientowania się w wysokości nakładu, prosimy o kierowanie zamówień z dokładnym podaniem nazwiska, adresu i ilości zamawianych egzemplarzy

**STRATY**  
zwalczają czułe  
wodomierze

POLSKA FABRYKA WODOMIERZY I GAZOMIERZY - TORUŃ



## R E D A K C J A

# »GAZU, WODY I TECHNIKI SANITARNEJ«

niniejszym komunikuje, iż w ostatecznych pozostałościach remanentowych posiada do rozsprzedaży niewielkie ilości książek, broszur i prac wydanych w latach 1930 – 1947 przez Instytut Gazowy, Redakcję »Gaz, Woda i Technika Sanitarna« oraz Związek Gospodarczy Gazowni i Zakładów Wodociągowych w Państwie Polskim, których wykaz wraz z cenami podajemy poniżej:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>E. Audibert i A. Raineau</i> – „Nowoczesne teorie chemicznej budowy paliw stałych”, str. 56 – 200 zł</p> <p><i>Prof. inż. R. Dawidowski</i> – „Oszczędny opał wodnych centralnych ogrzewań koksem gazowniczym i gazem”, str. 87 – 80 zł</p> <p><i>Inż. Roman Dawidowski</i> – „Porównawcze zestawienia wyników opał centralnego ogrzewania koksem hutniczym i gazowym”, str. 11 – 25 zł</p> <p><i>Dr inż. Jarosław Doliński</i> – „Ćwiczenia szkolne z dziedziny gazu węglowego”, str. 57 – 200 zł</p> <p><i>Inż. Jerzy Holnicki-Szulc</i> – „W sprawie kaolinów”, str. 6 – 15 zł</p> <p><i>Inż. Jan Just</i> – „Oczyszczanie ścieków z rzeźni”, str. 29 – 60 zł</p> <p>– „Stan sanitarno-higieniczny wodociągów w Polsce w świetle badań dokonanych przez Państwowy Zakład Higieny w 1946 r.”, str. 31 – 70 zł</p> <p><i>Inż. Józef Konopka</i> – „Gazownictwo Polskie i jego rozwój w świetle liczb i wykresów”, str. 200 – 800 zł</p> <p>– „Odrutowanie gazu miejskiego”, str. 80 – 160 zł</p> <p>– „Żelazo odporne na rdzę i jego zastosowanie”, str. 21 – 45 zł</p> <p><i>Inż. Józef Konopka i dr Aleksander Szulce</i> – „Rury żeliwne i stalowe dla gazu i wody”, str. 12 – 25 zł</p> <p><i>Inż. Jan J. Kozłowski</i> – „Woda jako surowiec przemysłowy”, str. 21 – 50 zł</p> <p><i>Inż. Eugeniusz Kwiatkowski</i> – „Niemieckie Kontynentalne Towarzystwo w Dessau na terenie m. st. Warszawy”, str. 7 – 20 zł</p> <p>«Montaż i obsługa instalacji gazowych» Wydaw. Instytutu Gazowego, str. 7 – 20 zł</p> | <p><i>Karol Orszulik</i> – «Kalkulacja kosztów gazu i jego produktów ubocznych», str. 17 – 70 zł</p> <p><i>Inż. Wacław Popielski</i> – «O możliwości zastosowania zwężki Venturiego do wyznaczania procentowych uchybień wodomierzy», str. 5 – 15 zł</p> <p>«Przepisy techniczne dotyczące wykonywania wewnętrznych urządzeń gazowych», str. 27 – 60 zł</p> <p>«Przepisy techniczne wykonywania urządzeń gazowych (Projekt), str. 36 – 60 zł</p> <p><i>Inż. Leon Reutt</i> – «Wodociągi m. Drohobycza», str. 10 – 20 zł</p> <p>«Związek Gospodarczy Gazowni i Zakładów Wodociągowych w Państwie Polskim» – Sprawozdanie Zarządu za rok 1925, str. 12 – 25 zł</p> <p><i>A. Safarewicz</i> – «Przeróbka mułu zapomocą gnilnej fermentacji», str. 16 – 35 zł</p> <p><i>W. Szyller</i> – «Korozja rurociągów w świetle badań i praktyki», str. 8 – 20 zł</p> <p>– «Urządzenia instalacyjne na gaz wysokoprężny marki «Ingaz», str. 10 – 20 zł</p> <p><i>Inż. Damian Wandycz</i> – «O metodzie Bergiusa», str. 20 – 60 zł</p> <p>– «Statystyka Gazowni w Polsce za rok 1934/35» – Wyd. Zw. Gosp. Gaz. i Zakł. Wod. w R. P., str. 76 – 300 zł</p> <p>-- «Statystyka Gazowni w Polsce za rok 1935/36» – Wyd. Zw. Gosp. Gaz. i Zakł. Wod. w R. P., str. 16 – 100 zł</p> <p>– «Statystyka Wodociągów w Polsce za rok 1934/35» – Wyd. Zw. Gosp. Gazowni i Zakł. Wod. w Państwie Polskim, str. 95 – 400 zł</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Do ceny sprzedaży doliczamy koszt opakowania i przesyłki pocztą

Wobec wyczerpania się niektórych prac – prosimy o szybkie kierowanie zamówień.

Zamówienia według kolejności zgłoszeń przyjmuje Administracja czasopisma

«GAZ, WODA i TECHNIKA SANITARNA»

Warszawa

ul. Koszykowa 81