

# PRZEMYSŁ CHEMICZNY

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM POLSKIEGO PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO, WYDAWANY STARANIEM INSTYTUTU BADAŃ NAUKOWYCH I TECHNICZNYCH „METAN“ WE LWOWIE

NR. 10.

LWÓW, PAŹDZIERNIK 1920.

ROCZNIK IV.

REDAKTOR: PROF. DR KAZIMIERZ KLING

TREŚĆ: Nr. 10: Dr. Walenty Dominik: Cechowanie dysz, str. 145. — Inż. Eugenjusz Kwiatkowski: Sucha destylacja węgla kamiennego w niskiej temperaturze i jej produkty, str. 156. — Wiadomości bieżące, str. 160.

DR. WALENTY DOMINIK.

## CECHOWANIE DYSZ.

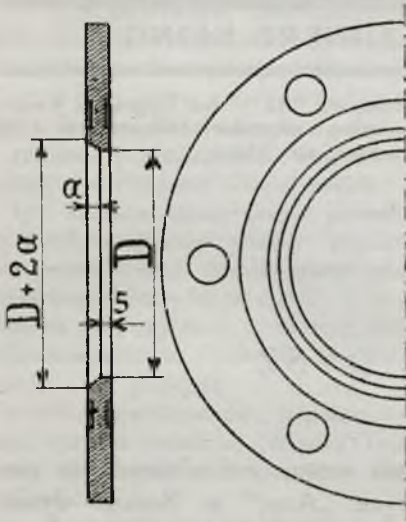
Dla pomiarów ilości powietrza względnie azotu, wchodzących do pieców elektrycznych przewidziane są w fabryce „Azot“ w Borach dysze, przedstawione na rys. 1. (str. 146), wstawione w przewody sześciocalowe. Ze spadku ciśnienia gazu na dyszy można obliczyć szybkość przepływu, znając jego gęstość i ciśnienie przed dyszą. Należało mieć możność pomiarów aż do  $1200 m^3$  na godzinę, były zaś do dyspozycji dwa gazomierze, jeden do 500 a najwyżej 1000 litrów na godzinę, drugi większy, do  $70 m^3$  na godzinę. Pracę wykonano w ten sposób, że sprawdzonym wodą gazomierzem małym oznaczono błąd gazomierza większego, tym zcechowano 4 jednakowe dysze, każdą na przepływ do  $70 m^3$  na godzinę, następnie za pomocą kompletu, złożonego z tych 4 dysz, połączonych równolegle, uzyskano wykres dla 5 jednakowych dysz, dających przy spadku ciśnienia do 70 mm wody przepływ do  $250 m^3$  każda, i wreszcie przez połączenie równolegle pięciu ostatnich uzyskano aparat, pozwalający mierzyć do  $1250 m^3$  na godzinę, który posłużył do zcechowania dysz potrzebnych w fabryce.

Postaram się w niniejszym sprawozdaniu podać w skróceniu przebieg tej pracy, wykonanej przezemnie w laboratorium fabryki „Azot“ według wskazówek Prof. I. Mościckiego, który cechowanie wykonał dla fabryki

w Chippis, jednak nie zapomocą kompletów dysz, tylko przez użycie pęków równoległych rurek o jednakowym przekroju i długości. Jakkolwiek sposób podany tutaj nie daje możliwości dokładniejszego oznaczenia szybkości przepływu niż znane dotąd metody, to jednak przeprowadzenie cechowania jest łatwe i może mieć często zastosowanie.

### 1. Sprawdzanie gazomierzy.

Gazomierz połączono z flaszka, wypełnioną prawie do pełności wodą i zaopatrzoną lewarem. Po odczytaniu stanu gazomierza przeciągano powietrze przez wypuszczanie z flaszki wody, którą zbierano w naczynia i wazono. Zebrano razem wody: 24,970 kg, o temp. 5,5° C. Spadek ciśnienia na gazomierzu wynosił 4 mm słupa wody, a szybkość przepływu około 73 na godzinę.



Rys. 1.

Odczytano na gazomierzu przepływ 25,00 litrów powietrza. Ponieważ wpływ temperatury na gęstość wody i wpływ ciśnienia na objętość powietrza w gazomierzu można pominąć, gazomierz wykazał więc 1,001 objętości, jaka musiała przejść przez gazomierz  $\left(\frac{25,00}{24,97} = 1,001\right)$ , czyli odczyty gazomierza należy mnożyć przez 0,999, ażeby uzyskać prawdziwą szybkość przepływu.

Następnie połączono w szereg oba gazomierze i porównywano odczyty na obydwóch.

Gazomierz mały :	Gazomierz duży :
591,6 litrów	586 litrów
507,5    "	506    "
228,1    "	225    "
215,8    "	217    "
<hr/>	<hr/>
1543,0 litrów	1534 litrów.

A zatem gazomierz duży pokazuje  $\frac{1,543}{1,534} = 1,006$  razy mniej niż mały.

Aby więc uzyskać rzetelne wyniki, należy odczyty wielkiego gazomierza mnożyć przez  $0,999 \cdot 1,006 = 1,005$ .

## 2. Znalezienie wpływu gęstości gazu na wyniki cechowań.

Ze względu na dłuższe trwanie doświadczeń i rozmiary aparatów, okazało się niemożliwym w danych warunkach utrzymać podczas pomiarów stale tę samą temperaturę i to samo ciśnienie gazu. Wobec tego okazała się potrzeba poprawek potrzebnych dla porównywania różnych wyników. Dla zbadania wpływu gęstości gazu na pomiary wykonano doświadczenia z dyszą o średnicy otworu 4 mm, wstawioną w rurę półcalową o długości  $\frac{1}{2}$  metra przed i  $\frac{1}{2}$  metra za dyszą. Ciśnienie przed dyszą i spadek ciśnienia na dyszy mierzono zapomocą ujęć, nakrywających wieniec otworków, zrobionych w rurce w odległości 55 mm od płaszczyzny dyszy z obydwu stron.

Ujęcia te były połączone z anemometrem dla mierzenia spadku ciśnienia i manometrem rzęciowym. Manometr różnicowy powiększał 11,3.13,6—154 razy wychylenie słupa rtęci.

Pomiar odbywał się w ten sposób, że kompresorem wciskano powietrze do aparatu, zapomocą ściskaczy nastawiano odpowiednio ciśnienie i spadek ciśnienia i następnie odczytano szybkość przepływu na gazomierzu, umieszczonym na końcu aparatu. Pomiedzy wentylem za dyszą a gazomierzem umieszczono termometr, podający temperaturę gazu. Temperatura przy następnych pomiarach wynosiła stale 18,5° C.

Rezultaty pomiaru ujęte są w następującej tabelce:

Czas potrzebny do przejścia 200 litrów	Spadek ciśn. na anemom.	Ciśnienie przed dyszą —738 mm Hg	Objęt. gazu w lit. na godz. pod 738 Hg 18,5° C	$dp$ w mm Hg	$dp$ p	$v_{760,0^{\circ}C}$	$v_{18,5^{\circ}C}$
14,55'	236	35	8,24	1,532	0,001984	7,49	7,87
16,60'	181	35	7,22	1,175	0,001522	6,56	6,89
18,27'	152	36,5	6,57	0,987	0,001276	5,97	6,26
21,77'	108	39	5,51	0,701	0,000903	5,01	5,24
28,10'	67	39	4,27	0,435	0,000561	3,88	4,06
46,80'	24	42	2,56	0,156	0,000200	2,32	2,42
15,00'	241	92,0	8,00	1,565	0,001888	7,27	7,11
18,03'	172	93,5	6,66	1,117	0,001345	6,05	5,91
22,70'	116	97,0	5,29	0,753	0,000903	4,81	4,68
29,40'	71,5	100,5	4,08	0,464	0,000554	3,71	3,60
44,8'	37	102,0	2,68	0,240	0,000286	2,43	2,36

Czas potrzebny do przejścia 200 litrów	Spadek ciśn. na anemom.	Ciśnienie przed dyszą — 738 mm Hg	Objęt. gazu w hl na godz. pod 738 Hg 18,5° C	$dp$ w mm Hg	$\frac{dp}{p}$	$v_{160,0^{\circ}C}$	$v_{18,5^{\circ}C}$
15,45'	241	198	7,77	1,565	0,001674	7,06	6,12
17,67'	192	202	6,79	1,249	0,001328	6,17	5,33
20,05'	150	201	5,81	0,974	0,001038	5,28	4,56
30,00'	86	206	4,00	0,558	0,000592	3,64	3,13
68,50'	35	218	1,75	0,227	0,000238	1,59	1,36

Krzywe, wyrażające zależność spadku ciśnienia od szybkości przepływu są to parabole typu:

$$v = A \left( \frac{dp}{p} \right)^n \quad (1)$$

o ile pracujemy przy stałej gęstości gazu, a więc gdy się nie zmienia natura gazu, ciśnienie ani temperatura. Wtedy  $A$  i  $n$  są wielkościami stałymi ( $dp$  oznacza spadek ciśnienia, zaś  $v$  szybkość przepływu gazu w jednostkach objętości na jednostkę czasu).

Przypuśćmy, że mamy znalezionych dla danej krzywej  $r$  punktów, oznaczonych znaczkami  $m = 1, 2, 3, \dots, r-1, r$ . Logarytmując równanie (1) otrzymujemy  $n \log \left( \frac{dp}{p} \right) + \log A = \log v$ . Gdy podstawimy spólrzędne punktów  $m$ , i  $(m+i)$ , gdzie  $i$  jest dowolną liczbą całkowitą dodatnią w zakresie liczb od 1 do  $(r-m)$  i odejmiemy jedno z tych równań od drugiego, otrzymamy:

$$n_{m, m+i} = \frac{\log v_m - \log v_{m+i}}{\log \left( \frac{dp}{p} \right)_m - \log \left( \frac{dp}{p} \right)_{m+i}}$$

Z wszystkich  $r$  punktów otrzymać możemy  $\frac{r(r-1)}{2}$  wartości na  $n$ .

Średnią arytmetyczną z nich przyjmujemy za prawdziwy wykładnik  $n$ . Zatem:

$$n_{\text{średnie}} = \frac{2}{r(r-1)} \sum_{m=1}^{m=r-1} \frac{\log v_m - \log v_{m+i}}{\log \left( \frac{dp}{p} \right)_m - \log \left( \frac{dp}{p} \right)_{m+i}}$$

Mając znane  $n$ , znajdujemy  $A$ , jako średnią algebraiczną z  $r$  równań: <sup>1)</sup>

$$\log A = \frac{1}{r} \left[ \sum_{l=1}^{l=r} \log v_l - n \sum_{l=1}^{l=r} \left( \frac{dp}{p} \right)_l \right]$$

W ten sposób otrzymujemy z doświadczeń pod ciśnieniem średnim  $p = 776 \text{ mm Hg}$

$$n = 0,517 \text{ i } A = 196,4$$

jeżeli  $v$  liczymy w hektolitrach na godzinę.

Dla ciśnienia średniego  $835 \text{ mm Hg}$  dostajemy, podobnie licząc,  $n = 0,576$ ,  $A = 265,0$ .

Wreszcie dla  $939 \text{ mm Hg}$  znajdziemy:

$$n = 0,636 \text{ i } A = 358,0,$$

przyczem w tej ostatniej grupie jeden punkt musiano opuścić, gdyż zanadto odbiega od reszty.

Widać z tego, że przyjęty kształt funkcji nie nadaje się do ogólnego ujęcia zależności spadku ciśnienia od szybkości przepływu gazu przez dyszę pod zmiennym ciśnieniem. Ażeby się przekonać, czy mierzenie szybkości przepływu objętością w warunkach panujących przed dyszą nie wpływa niekorzystnie na kształt funkcji, jak również i to, czy spadek ciśnienia nie lepiej jest wyrażać w mierze bezwzględnej nie w odniesieniu do ciśnienia panującego przed dyszą, przekształcono równania na typ:

$$V_{p, 18^{\circ}5} = B \cdot dp^n$$

gdzie

$$B = A : p^n.$$

$$(1) \quad V_{776, 18^{\circ}5} = 6,30 \cdot dp^{0,517}$$

$$(2) \quad V_{835, 18^{\circ}5} = 5,63 \cdot dp^{0,576}$$

$$(3) \quad V_{939, 18^{\circ}5} = 4,61 \cdot dp^{0,636}.$$

<sup>1)</sup> Dla przykładu podaję w liczbach szczegółowych:

np. z doświadczenia przy  $p = 776 \text{ mm Hg}$  mamy:

$$n_{1,2} = \frac{0,8960 - 0,8382}{(1,2976 - 4) - (1,1824 - 4)} = 0,502$$

$$n_{1,4} = \frac{0,8960 - 0,7193}{(1,2976 - 4) - (0,9557 - 4)} = 0,517$$

$$n_{4,6} = \frac{0,7193 - 0,3838}{0,9557 - 0,3010} = 0,512 \text{ i t. d.}$$

Z sześciu punktów otrzymujemy  $\frac{6 \cdot 5}{2} = 15$  różnych, ale zbliżonych wartości na  $n$ , zaś średnia z nich wynosi 0,517.

Mając to, znajdujemy  $A$ . Suma logarytmów wszystkich sześciu  $V$  wynosi 4,2424.

Suma logarytmów wszystkich  $\frac{dp}{p}$  daje: 5,5916 - 24, co pomnożone przez  $n$ , t. j. 0,517, da -9,5171. Różnica I. i II, sumy daje 13,7595.

Ponieważ  $6 \log A = 13,7595$ , więc  $\log A = 2,29325$ , czyli  $A = 196,4$ .

Odnosząc objętość do  $t = 0^\circ$   $p = 760$  mm Hg otrzymujemy:

$$V = C \cdot dp^n, \text{ gdzie } C = B \frac{p}{760} \cdot \frac{273}{T}, \text{ czyli:}$$

$$(1) \quad V_1 = 6,02 \cdot dp^{0,517}, \text{ gdzie } 6,02 = 6,30 \frac{776}{760} \cdot \frac{273}{291,5} = 1,021 \cdot 0,936$$

$$(2) \quad V_2 = 5,62 \cdot dp^{0,676}, \text{ gdzie } 5,62 = 5,63 \frac{835}{760} \cdot \frac{273}{291,5} = 1,100 \cdot 0,936$$

$$(3) \quad V_3 = 5,33 \cdot dp^{0,636}, \text{ gdzie } 5,33 = 4,61 \frac{939}{760} \cdot \frac{273}{291,5} = 1,2355 \cdot 0,936$$

lub też

$$(1) \quad dp_1 = 0,0311 \cdot V^{1,934}$$

$$(2) \quad dp_2 = 0,0500 \cdot V^{1,736}$$

$$(3) \quad dp_3 = 0,0720 \cdot V^{1,572}$$

gdzie wskaźniki 1, 2 i 3 oznaczają, że gęstość gazu przed dyszą była 0,956, 1,028, względnie 1,156.

Aby się jeszcze bardziej upewnić, czy układ punktów, oznaczających zależność  $n$  od gęstości nie jest przypadkowym, i równocześnie błędnym, obliczono  $n$  z innego doświadczenia, wykonanego z tą samą dyszą przy ciśnieniu 735 mm Hg i temp.  $13^\circ C$ , co odpowiada  $d = 0,923$  względem powietrza przy 760 mm Hg i  $0^\circ C$ , lub 0,966, gdy za jednostkę gęstości przyjmujemy powietrze w warunkach doświadczenia (1). W doświadczeniu tym mamy następujące punkty:

$dp$ w mm $H_2O$	$p$ w mm Hg	$hl$ na godz.
19,00	738	9,09
13,03	736	7,60
7,09	734	5,71
2,24	733	3,37

Znajdujemy następujące  $n$ :

$$n_{1,2} = 0,475 \qquad n_{3,3} = 0,470$$

$$n_{1,3} = 0,472 \qquad n_{2,4} = 0,462$$

$$n_{1,4} = 0,464 \qquad n_{3,4} = 0,458$$

Skąd średnio  $n = 0,467$ .

Punkt nowy, postawiony obok trzech poprzednich, zupełnie się do nich stosuje i potwierdza kształt krzywej, co jest tem ważniejsze, że temperatura bezwzględna była o 2% niższa.

Można zatem zależność  $n$  od  $d$  wyrazić następującą tabelką, w której gęstość jest podawana względem powietrza o temp.  $0^\circ C$ , znajdującego się pod ciśnieniem 760 mm Hg.

$d$	$n$	$C$
0,923	0,467	
	0,500	1,000
0,956	0,517	0,980
1,028	0,576	0,916
1,156	0,636	0,868

Ze zmianą gęstości zmienia się również współczynnik przy  $dp^n$ . Oznaczmy ten współczynnik przez  $C$ , w tym wypadku, kiedy objętości podajemy w temperaturze  $0^\circ C$  i pod ciśnieniem  $760 \text{ mm Hg}$ . Jeżeli sporządzimy wykres z trzech punktów, będących do dyspozycji, otrzymamy krzywą zależności  $C$  od gęstości lub od  $n$  zależnie od wyboru zmiennej. Jeżeli przyjmiemy za jedność  $n$ . p.  $C$  przy  $n = 0,500$ , to załączony wykres poda nam, ile razy zwiększy się  $C$  przy odpowiednio innym  $n$ . Krzywa  $C = f(n)$  odbiega mało od prostej. Gdyby się zamiast tej krzywej wzięło prostą, przecinającą daną gromadę punktów w średnim punkcie i średnim kierunku, to odstępstwa od krzywej byłyby mniejsze niż  $-\frac{1}{2}\%$ , o ileby się nie przekroczyło znacznie obszaru punktów danych doświadczeniem.

Porównując wykresy  $v = C \cdot dp^n$  między sobą, widzimy, że normalne objętości gazu, przechodzące przy tym samym spadku ciśnienia przez dyszę mogą być różne, zależnie od tego, jaka jest gęstość gazu przed dyszą i z jaką szybkością gaz przez dyszę przechodzi. Poniżej pewnej szybkości przepływu przez dyszę, przy tym samym spadku ciśnienia, przechodzi większa objętość normalna gazu przy mniejszej gęstości gazu. Przy szybkościach przepływu większych, od tej szybkości, objętość normalna gazu, przechodząca przy danym spadku ciśnienia, będzie dla dwu danych gęstości większa przy gęstości większej.

### 3. Cechowanie dysz dwucalowych.

Właściwe cechowanie rozpoczęto od dysz, wstawionych w dwucalowe przewody. Dysze miały kształt, jak na rysunku 1, a średnica ich otworu wynosiła  $31,7 \text{ mm}$ . Wykonano szereg doświadczeń, w których powietrze przez dyszę już to ssano, już to wdmuchiowano.

Podaję tutaj szereg pomiarów z wszystkimi czterema dyszami, wykonanych w jednym i tym samym dniu w warunkach wedle możliwości jak najbardziej zbliżonych do siebie. Spadek ciśnienia mierzono anemometrem i równocześnie manometrem wodnym i na podstawie średniej, znalezionej doświadczalnie czułości anemometru, przeliczono odczyty z anemometru na  $\text{mm}$  słupa wody.

Pomiary były wykonane przy stanie barometru  $735,0 \text{ Hg}$ . Wyniki ich są przedstawione na stronie 152.

Na przejście 1 m <sup>3</sup> potrze- ba sekund	Anemometer	Manometr wodny	Temperatura pokojowa	Temperatura w dyszy	Cisnienie przed dyszą	Na godz. przepływa przez gazo- metr m <sup>3</sup> ,m	dp w mm H <sub>2</sub> O	v <sub>760</sub> , 0°C	v <sub>760</sub> , 0°C z poprz. gazom.
<b>D Y S Z A 0.</b>									
54,7	805	62,5	10,0	16,0	104	65,8	63,3	61,4	61,7
58,4	696	54,7	10,0	16,0	88	61,5	54,8	57,7	57,7
64,4	571	44,5	10,0	16,0	75	56,0	44,9	52,3	52,6
73,5	438	33,9	10,0	16,0	57	49,0	34,4	45,7	45,9
86,6	306	24,0	10,0	16,5	43	41,5	24,0	38,7	38,9
101,4	203	—	10,0	17,0	29	35,3	15,9	33,0	33,2
148,0	100	—	10,0	17,0	15	24,4	7,8	22,8	22,9
257,0	34	—	10,0	17,0	7	14,0	2,7	13,0	13,1
<b>D Y S Z A I.</b>									
51,8	857	69,0	10,0	16,5	112	69,5	68,5	64,9	65,2
58,8	669	54,0	10,0	16,5	88	61,2	53,6	57,1	57,4
64,0	564	45,0	10,0	16,5	75	56,2	43,1	52,5	52,9
69,4	481	38,6	10,0	16,5	64	51,6	38,5	48,1	48,3
	471	37,4					37,2		
75,4	399	32,2	10,0	16,5	54	47,5	31,3	44,3	44,6
94,1	257	—	10,0	17,0	38	38,2	20,6	35,7	35,9
122,7	138	—	10,0	17,5	20	29,4	10,9	27,5	27,6
	134								
220,2	47	—	11,0	17,5	8	16,4	3,7	15,3	15,4
<b>D Y S Z A II.</b>									
51,4	888	70,6	11°C	17,5	120	70,0	71,1	62,2	62,5
56,4	740	58,6	11°C	18,0	103	63,8	59,3	52,7	53,0
62,2	600	48,0	11°C	18,0	84	58,0	53,9	49,8	50,0
67,0	518	42,0	11°C	18,0	73	53,6	49,8	45,6	45,8
74,3	421	33,4	11°C	18,5	58	48,3	44,9	40,9	41,1
83,4	336	—	11°C	18,0	48	43,0	39,9	35,4	35,6
101,7	220	—	11°C	17,5	34	35,2	32,7	28,2	28,4
152,5	80	—	11°C	17,0	14	23,6	21,9	19,1	19,2
<b>D Y S Z A III.</b>									
54,2	792	63,2	10,5	14,0	102	66,8	62,3	62,2	62,5
63,5	578	45,5	10,5	14,5	77	56,5	45,4	52,7	53,0
67,0	515	41,0	10,5	15,0	67	53,3	40,4	49,8	50,0
73,4	425	33,5	10,5	15,0	58	49,0	33,4	45,6	45,8
81,8	348	27,0	10,5	16,0	47	44,0	27,3	40,9	41,1
94,3	259	—	10,5	16,0	35	38,1	20,3	35,4	35,6
118,6	155	—	10,5	17,0	23	30,3	12,1	28,2	28,4
175,0	65	—	10,5	17,0	11	20,5	5,1	19,1	19,2



Średni stosunek wychyleń anemometru do wychyleń manometru wodnego wynosi 12,50. Kolumna ósma podaje  $dp$  w  $mm H_2O$  obliczone z wychyleń anemometru przez podzielenie przez 12,5.

Nie wszystkie doświadczenia wykazują jednakową temperaturę gazu wewnątrz dyszy.

Dla dyszy	0	I	II	III
wynosiła średnia temperatura	$16,0^{\circ}C$	$16,5^{\circ}C$	$18,0^{\circ}C$	$15,0^{\circ}C$

Przyjmijmy, że temperatura podczas wszystkich pomiarów była wewnątrz aparatu jednakowa i wynosiła  $16,5^{\circ}C$ . Odstępstwa od prawdziwej gęstości będą wówczas równe 0,6%, co nie wywrze widocznego wpływu na wykładnik potęgowy i współczynnik. Podobnie przyjmijmy dla uproszczenia, że ciśnienie przed dyszą było stałe i wynosiło  $B + 5 mm Hg$ , t. j.  $740 mm Hg$  przyczem znowu popełniamy nieznaczny błąd, odpowiadający różnicom w gęstości = 0,4%. Przy tych uproszczeniach można powiedzieć, że znalezione krzywe odnoszą się do gazu o gęstości  $d = 0,909$  względem powietrza przy  $0^{\circ}C$ , pod ciśnieniem  $760 mm Hg$ .

W sposób poprzednio opisany, znajdujemy następujące wykładniki potęgowe dla poszczególnych dysz:

0	I	II	III
$n = 0,486$	0,487	0,491	0,484

Średni wykładnik potęgowy wynosi więc 0,487.

Spółczynniki  $C$  znajdziemy następujące:

$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	
8,28	8,33	8,28	8,33	średnio <u>8,30</u>

Równanie wykresu dla dysz dwucalowych dla  $d = 0,909$  można napisać następująco:

$$V_{760,0C} = 8,30 \cdot dp^{0,487}$$

gdzie  $V_{760,0C}$  oznacza metry sześciennie na godzinę w warunkach normalnych zaś  $dp$  spadek ciśnienia na dyszy w  $mm$  słupa wody.

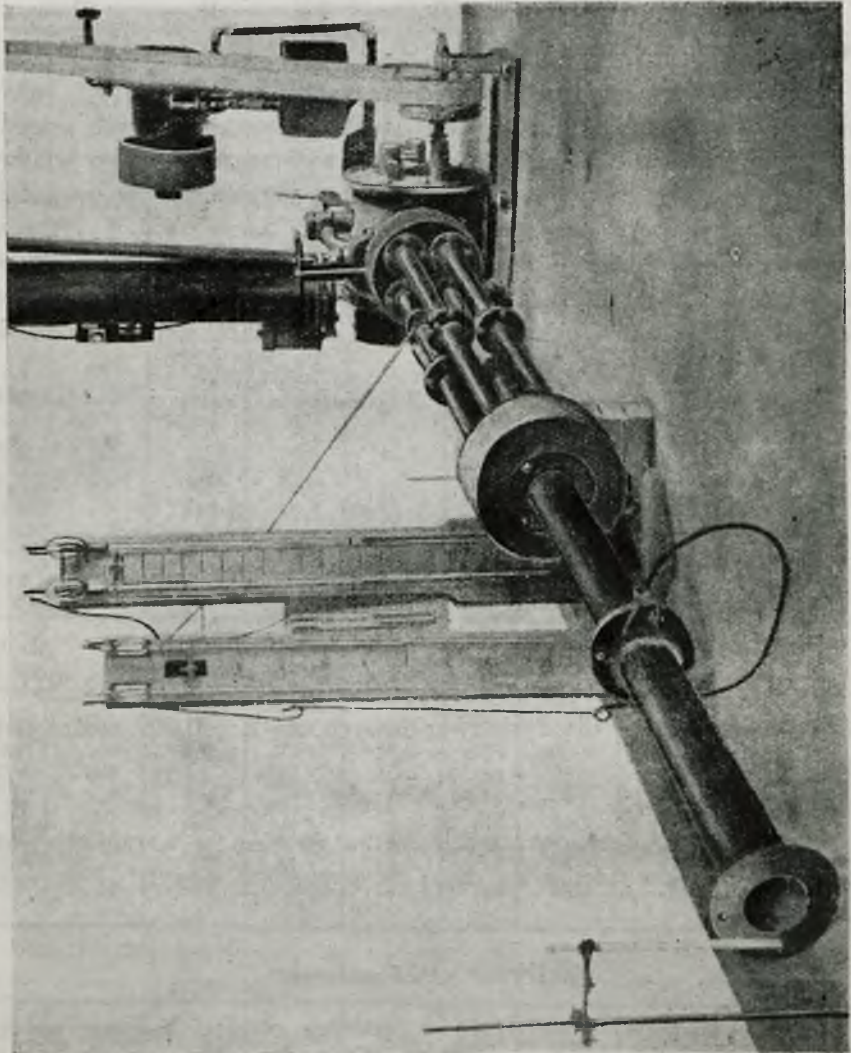
#### 4. Dysze czterocalowe.

Zcechowane poprzednio dysze o średnicy otworu  $31,7 mm$  połączono równolegle w komplet, który następnie połączono w szereg z rurą czterocalową, zawierającą dyszę o średnicy otworu  $60 mm$ , włączoną podobnie jak poprzednio.

Spadek ciśnienia mierzono na jednej z czterech dysz równoległych, i na dyszy większej, przez którą przepływało cztery razy tyle, co przez jedną dyszę małą. Pomiar wykonywano jednym i tym samym anemometrem,

załączonym za pomocą przewodów kauczukowych raz do ujęć jednej, raz do drugiej dyszy. Rysunek 2 przedstawia układ połączeń.

Wobec tego, że ciśnienie przed dyszą różniło się najwyżej  $3 \text{ mm Hg}$  od ciśnienia przed dyszą małą, można było różnic gęstości nie brać w rachubę.



Rysunek 2.

Jedno z takich doświadczeń n. p. z dyszą czterocalową Nr. I. dało wyniki następujące:

Przy jednakowej szybkości przepływu przez 4 dysze małe i jedną dużą, zaobserwowano wychylenia anemometru:

Dysza mała Nr. II.	Dysza duża Nr. I.	Stosunek $dp_1 : dp_2$
702	1195	1,645
587	965	1,644
498	819	1,645
422	693	1,642
298	489	1,641

Średni stosunek wynosi 1,644. Podobnie znaleziono dla dysz dalszych:

Nr. dyszy	Stosunek spadków ciśnienia:
II.	1,659
III.	1,653
IV.	1,671
V.	1,665

Zatem średni stosunek wynosi 1,659. Z tego widać, że wykładnik potęgowy dla dysz czterocalowych musi być ten sam, co i dla dwucalowych, zaś  $C_4$  dla dyszy czterocalowej, znajdziemy z następującego równania:

$$C_4 \cdot (dp_1)^n = 4C_2 (dp_2)^n$$

Stąd:

$$C_4 = 4C_2 \left( \frac{dp_2}{dp_1} \right)^n = \frac{4C_2}{1,659^n}$$

### 5. Dysze dla przewodów sześciocalowych.

Średnica otworu w tych dyszach wynosiła 120 mm. Pięć dysz czterocalowych połączonych równolegle postawiono w szereg z dyszą sześciocalową. Komplet był zbudowany symetrycznie, a spadek ciśnienia mierzono na dyszy Nr. 2, jako posiadającej średni współczynnik z wszystkich pięciu. W sposób podobny, jak poprzednio znaleziono:

Nr. dyszy	stosunek $\frac{dp_4}{dp_6}$	Nr. dyszy	stosunek $\frac{dp_1}{dp_6}$
1.	1,231	6.	1,245
2.	1,252	7.	1,241
3.	1,225	8.	1,252
4.	1,248	9.	1,249
5.	1,240		

I tutaj stosunek  $dp_4 : dp_6$  był stały dla różnych szybkości przepływu.

Wobec tego, że  $C_6 \cdot dp_6^n = 5 \cdot \frac{4C_2}{1,659^n} \cdot dp_4^n$ , otrzymujemy:

$$C_6 = \frac{20 \cdot C_2}{1,659^n} \cdot \left( \frac{dp_4}{dp_6} \right)^n = 20 C_2 \left( \frac{dp_4}{dp_6} : 1,659 \right)^n$$

Zatem  $C$  dla dysz sześciocalowych są następujące:

Nr. dyszy	$C_0$	Nr. dyszy	$C_0$
1.	$0,865 \cdot 20 \cdot C_2$	6.	$0,869 \cdot 20 \cdot C_2$
2.	$0,872 \cdot 20 \cdot C_2$	7.	$0,868 \cdot 20 \cdot C_2$
3.	$0,863 \cdot 20 \cdot C_2$	8.	$0,872 \cdot 20 \cdot C_2$
4.	$0,870 \cdot 20 \cdot C_2$	9.	$0,870 \cdot 20 \cdot C_2$
5.	$0,868 \cdot 20 \cdot C_2$		

lub średnio  $0,868 \cdot 20 \cdot C_2 = 17,36 \cdot C_2$  czyli dla  $d = 0,909$   $C_0 = 144,1 \approx 144$ .

Stąd dla temp.  $15^\circ C$  i ciśnienia  $740 Hg$ , t. j. dla warunków przeciętnych ( $d = 0,923$ ) mamy:

$$V_{0^\circ C, 760 \text{ mm Hg}} = 144 \cdot dp^{0,487}$$

Dla porównania działania dyszy w warunkach badanych i w warunkach jakie panują między dmuchawą a piecem elektrycznym, wstawiono jedną z dysz cechowanych w przewód przed piecem, drugą zaś poza piecem i chłodnicą tak, że ta ostatnia była w warunkach bardzo zbliżonych do tych, w jakich odbyło się cechowanie. Przez tak złączone dwie dysze przepuszczano powietrze i porównywano spadek ciśnienia na obydwóch.

Okazało się, że przyrostowi gęstości o 1% odpowiada przyrost ilości przepływającej na godzinę blisko o 0,54% średnio.

I tak dla ciśnienia  $935 \text{ mm Hg}$  i temp.  $48^\circ C$  przechodziło przy danym spadku ciśnienia średnio 1,07 razy więcej, niż według powyższego równania, t. j. było

$$V_{0^\circ C, 760 \text{ mm Hg}} = 154 \cdot dp^{0,487}$$

Rezultaty, uzyskane zapomocą dyszy półcalowej, nie dały się zastosować do dysz sześciocalowych ilościowo, jednak dawały jakościową orientację o zachowaniu się przepływającego gazu w różnych warunkach.

INŻ. EUGENJUSZ KWIATKOWSKI.

## SUCHA DESTYLACJA WĘGLA KAMIENNEGO W NISKIEJ TEMPERATURZE I JEJ PRODUKTY.

(Dokończenie).

Co do reszty, pozostającej po oddzieleniu powyższych frakcji, to zauważyć należy, że węglowodory frakcji wrzącej ponad  $300^\circ$  przy normalnej destylacji ulegają rozkładowi. Dla przeciwdziałania temu należy stosować albo destylację w próżni, albo destylować przy użyciu pary przegrzanej. W ten sposób otrzymuje się parafiny stałe, następnie oleje smarowe o nieznannej konstytucji chemicznej, w końcu produkty żywiczne, ulegające częściowo rozkładowi, nawet przy destylacji z parą przegrzaną. Wydzielone tu parafiny należą do normalnych, o prostym łańcuchu węglowym. Wśród wielu homologów izolowano i identyfikowano wszystkie węglowodory o wzorach od  $C_{31}H_{60}$  do  $C_{29}H_{60}$ .

Całą grupę węglowodorową smoły otrzymanej przy destylacji węgla w niskiej temperaturze można, wedle Gluuda, uważać za produkt bardzo zbliżony do ropy naftowej, w szczególności do ropy rosyjskiej, a nie pensylwańskiej, zawierającej znaczne ilości parafin.

Przyrównanie produktów tych do ropy naftowej, znajduje uzasadnienie i w tem, że węglowodory wrzące do  $300^{\circ}$ , poza płynnymi parafinami, stanowiącemi tu około 10%, są optycznie czynne. Jak wiadomo natomiast, analogiczne frakcje smoły gazowni i koksowni nie posiadają już zdolności skręcania płaszczyzny polaryzacji.

Drugą wybitną grupą ciał, charakteryzujących tę smołę, są fenole stanowiące niejednokrotnie blisko 50% smoły. Ogólnie możnaby powiedzieć, że występują one tu w ilościach tem większych, im wyższą jest wydajność smoły z różnych gatunków węgla. Ta cecha ilościowa wyróżnia tę t. zw. pierwotną smołę zarówno od smoły z węgla brunatnych, jak i normalnej, drugorzędowej, aromatycznej smoły, pochodzącej z gazowni i koksowni. Niewielką jednak tylko ilość ciał z grupy fenolowej zdołano do tej pory niewątpliwie określić. Otóż grupa ta zawiera ślady kwasu karbolowego (0.06% w stosunku do grupy fenolowej), 1—2% krezoli, przeważnie *meta*-związku, 1—2% ksylenoli i 0.25% pyrokatechiny. Resztę stanowią fenole wyższe o charakterze żywicznym.

Zestawmy więc rezultat ilościowy destylacji smoły pierwszorzędowej. Otrzymujemy zatem w temperaturze:

do $100^{\circ}$	3.0% benzyn (eter)
„ $200^{\circ}$	10.0% benzyn lekkich i ciężkich
„ $300^{\circ}$	12.5% olei, zawierających 1% parafinów stałych, i około 50% fenoli zawierających
	0—25% pyrokatechiny
	1—2% ksylenoli,
	1—2% krezoli
powyżej $300^{\circ}$	15.0% olei smarowych, zawierających 1.5% parafinów stałych i 9.0% produktów żywicznych

a nadto bardzo małe ilości o charakterze zasadowym. Te wyniki otrzymano na drodze prób laboratoryjnych. Wheeler prowadził bardzo precyzyjne i długotrwałe doświadczenia z małymi ilościami węgla, Dr. Fischer i Gluud poddawali węgle suchej destylacji w aparacie, ogrzewanym z zewnątrz, napełnionym do  $\frac{1}{3}$  objętości okrągło 10 kg węgla. W ostatnim wypadku próba trwała zaledwie kilka godzin, przyczem pod koniec destylacji wprowadzono słaby strumień pary wodnej do retorty, celem szybkiego wyprowadzenia par z gorącej przestrzeni.

Jakkolwiek więc przedstawione rezultaty tych prób nie doprowadziły jeszcze do zupełnie jasnych i pewnych wyników, w kierunku bliższego poznania istoty węgla, charakteru i stosunku składających się na ten produkt grup chemicznych, jakkolwiek nie zarysowały jeszcze wyraźnego i zdecydowanego obrazu choćby co do tych wszystkich składników, które są bardziej uzdolnione do reakcyj chemicznych, a przy destylacji tworzą produkt płynny, zwany smołą węglową, to jednak niewątpliwie posiadają one cenne znaczenie naukowe. Przedewszystkiem bowiem czczalają na identyfikowanie choćby poszczególnych, może drugorzędnych ale istotnych składników węgla, wyjaśniają nam szereg reakcyj rozgrywających się w czasie procesu suchej destylacji w retorcie, dają możność wyraźnego określenia warunków, które decydują o charakterze chemicznym smoły, pozwalają na znalezienie podstaw do oceny wydajności smoły normalnej z różnych gatunków węgla, ułatwiają orjentację przynajmniej co do warunków, w jakich węgiel się tworzył itp.

Nie mniej jednak mogą posiadać i doniosłe znaczenie praktyczne. Ocena tego znaczenia w całej rozciągłości nie jest możliwą bez uwzględnienia czynników

analizy ekonomicznej, która znowu dla różnych, samodzielnych organizmów gospodarczych na różnych musi się oprzeć przesłankach. Takie zaś rozważania wychodziłyby zbyt daleko poza ramy niniejszego referatu.

Dla uzupełnienia jednak obrazu należy choćby pobieżnie omówić, zanotować, do jakich rezultatów doprowadziły dotychczasowe usiłowania, podejmowane na gruncie destylacji węgla w niskiej temperaturze w skali technicznej. Dotychczasowe rozważania idą zasadniczo w dwu różnych kierunkach.

Przedewszystkiem i tutaj usiłowano zastosować typ zbliżony do konstrukcji i urządzeń, znanych od dawna i stosowanych w przemyśle na wielką skalę do suchej destylacji węgla, mianowicie typ retorty gazowej. Zasadniczym jednak celem przeróbki w tym wypadku jest smoła, analogicznie jak to się ma przy destylacji węgla brunatnego. Istnieje obecnie kilka metod odgazowania węgla w niskiej temperaturze.

Najbardziej znaną i bodaj najstarszą jest metoda „Coalit'owa”. Węgiel załaduje się tu do retort pionowych, z żelaza lanego, o przekroju wydłużonej litery O, a opalanych gazem pośrednio przez ścianę szamotową. Produkty destylacji przechodzą jak zwykle przez odbieralnik, chłodnice powietrzne i wodne, ekshaustor, oddzielnik smoły, płuczki amonjakowe i olejowe, poczem oczyszczony gaz dostaje się do zbiornika. Jedna retorta przerabia na dobę około 1250 kg węgla, a zwykle 40 retort łączy się w jedną baterję. Z podawanych w literaturze wyników ruchu należałoby sądzić, że produkty destylacji nie są dostatecznie chronione przed rozkładem i dlatego wyniki odbiegają dość znacznie od rezultatów podanych poprzednio. A więc gaz posiada wartość kaloryczną około 6500 kal. i zawiera 55% wodoru, węgiel coalitowy pozostający w retorcie po destylacji zawiera tylko 8—9% części lotnych, smoła zaś posiada ciężar właściwy 1.08 i przy destylacji pozostawia około 40% paku (smoły twardej), jednakże olei lekkich i średnich zawiera znacznie więcej niż normalna smoła pogazowa. Grahl podaje, że ponadto przy procesie tym otrzymano z węgla angielskich 14.5 kg siarczanu amonowego na 1 t odgazowanego węgla. Natomiast zostało stwierdzone w licznych pracach, że zawartość amonjaku w wodzie otrzymanej przy destylacji węgla do temp. 550° jest bardzo małą. I z tego względu należy więc przypuszczać, że metoda coalitowa przekracza warunki, konieczne dla faktycznej destylacji w niskiej temperaturze.

Nieco odmienne warunki destylacji węgla w niskiej temperaturze daje angielski system „Premier Tarless Fuels Ltd”. Zasadnicza różnica sposobu destylacji polega na tem, że węgiel ogrzewany jest w cienkich warstwach, pod zmniejszonym ciśnieniem, w specjalnie zbudowanej retorcie. Po przejściu odpowiednich chłodnic, oczyszczony gaz przechodzi przez kompresor, ściskający go do 5 atmosfer, poczem wydziela się olej, składający się z węglowodorów parafinowych, a nadający się doskonale do motorów benzynowych; następnie ekstrahuje się olejami w odpowiednich płuczkach resztę cennych węglowodorów, a „ubogi” gaz zużywa się do opalania retort. W rezultacie otrzymuje się następujące produkty główne:

1) oleje motorowe, benzynowe, otrzymane przy kompresji gazu i za pomocą ekstrakcji w ilości około 15 l z 1 t węgla;

2) smołę o cięż. własc. 1.06 mianowicie 91 do 114 l na tonę węgla. Nie zawiera ona benzolu, naftalinu, antracenu, a natomiast prawie wyłącznie węglowodory szeregu metanowego i etylenowego, a więc jest istotnie tzw. smołą pierwszorzędową;

3) koks, bardziej spoisty niż przy procesie coalitowym.

W końcu można jeszcze wspomnieć o ciągłej metodzie gazowania węgla De la Monte'a, zmierzającej do złączenia destylacji w niskiej i wysokiej temperaturze w jeden system. Odgazowany w niskiej temperaturze węgiel przechodzi zwykle do

normalnych retort szamotowych i destyluje dalej aż do koksu kowalskiego czy hutniczego. Węgiel jest tu w pierwszym stadium destylacji ogrzewany we wnętrzu retorty, by uniknąć rozżarzania ścian, a tem samem rozkładu produktów smołowych. Z tej fazy przeróbki otrzymuje się w znacznych ilościach oleje motorowe, naftę, oleje smarowe, średnie, ciężkie i smołę twardą.

Druga droga na której, szczególnie w Niemczech w czasie wojny, zdołano otrzymać technicznie smołę pierwszorzędową, to całkowite zgazowanie odpowiednich gatunków węgla w specjalnych generatorach.

Teoretycznie bowiem w generatorach właśnie wywiązanie się smoły posiada warunki znacznie korzystniejsze, niż przy urządzeniach służących do suchej destylacji. Węgiel znajduje się w tym wypadku ułożony w formie wysokiego obeliska, rozpalonego u podstawy do najwyższej temperatury. Gazy generatorowe przepływają od dołu ku górze, ogrzewają węgiel stopniowo, a temperatura daje się łatwo regulować przez zastosowanie silniejszego lub słabszego dopływu pary. W ten sposób węgiel, odbywając powolną wędrówkę w kierunku właściwego ogniska ulega szybkiej, ale stopniowej suchej destylacji, a smoła może się wydzielić jaknajzupełniej. Łatwo więc da się pomyśleć takie unormowanie warunków, by w wyższej części szybu generatorowego temperatura nie przekraczała  $500^{\circ}$ , a wówczas musi nastąpić wydzielenie całej ilości smoły pierwotnej. Fakt ten powstawania smoły w generatorze nie jest nową obserwacją.

Jednakże do niedawna nietylko generatory nie wchodziły w rachubę w sprawie produkcji smoły węglowej, ale nawet zgłoszono wiele patentów, które zmierzają ku temu, by jaknajidealniej, jaknajzupełniej smołę tę zniszczyć, zgazować lub spalić. Było to wynikiem następujących okoliczności: przy zgazowaniu węgla w generatorach otrzymuje się bardzo znaczne ilości gazów, a mianowicie  $3000-4000\text{ m}^3$  z 1 tony zgazowanego węgla. Ponieważ smoła była odprowadzana z generatora równocześnie z całą ilością gazu, przeto gdyby prężność par węglowodorów wynosiła choćby tylko  $1\text{ mm}$ , byłoby to zupełnie dostateczne, aby nie nastąpiła kondensacja węglowodorów, nawet przy systematycznym chłodzeniu. W najlepszym wypadku ulegają tu kondensacji jedynie najcięższe oleje i pak, a więc produkty małowartościowe, a utrudniające w znacznym stopniu celową pracę generatora. Wobec tego znacznie korzystniej było gazować węgle chude, praktycznie nie wydzielające smoły, albo wydzieloną smołę niszczyć.

Obecnie jak zapewniają Dr. Fischer i Dr. Glud, istnieje względnie buduje się w Niemczech około 100 urządzeń generatorowych dla produkcji smoły w niskiej temperaturze. Są to przeważnie generatory o podwójnym, frakcjonowanym strumieniu gazów. Oddzielnie wyprowadza się tu wysokokaloryczne gazy, pochodzące z górnej części generatora, a obciążone parami smoły, oddzielnie zaś wielkie ilości właściwych gazów generatorowych. W tym wypadku pary smoły są zawarte w stosunkowo małej ilości gazu i dadzą się zwykłymi metodami łatwo skondensować. Oczywiście rzecz, że smoła jest tutaj produktem ubocznym, a celem głównym generatora pozostaje całkowite zgazowanie węgla.

W ten sposób na Górnym Śląsku i w okręgu Saary otrzymuje się z węgla gazowo-płomiennych 8 do 12% smoły pierwszorzędnej, a z węgla tłustych, koksujących  $1\frac{1}{2}$  do 6%. Smoła ta w stanie surowym, wobec wysokiej wartości kalorycznej wynoszącej około  $8800\text{ kcal/kg}$  a także wobec bardzo małej zawartości sadzy i pyłu węglowego może być użytą zupełnie dobrze wprost do napędu motorów. Wyższe jednak wartości można otrzymać przy racjonalnej dalszej przeróbce smoły. Normalna destylacja cząstkowa po wydzieleniu fenoli za pomocą ługu prowadzi wedle Dr. Fischera do następujących produktów:

benzynę smołową	uzyskuje się	w ilości	5.0%
olej solarowy	„	„	5.5%
olej do czyszczenia	„	„	1.0%
olej gazowy i naftę	„	„	8.8%
olej smarowy neutralny	„	„	6.0%
ponadto parafinę	„	„	0.5%
fenole	„	„	24.0%
pak (smoła twarda)	„	„	37.0%

Inne rezultaty daje destylacja z zastosowaniem pary przegrzanej. Wówczas pak ulega rozkładowi i otrzymuje się z ostatecznej redestylacji:

benzynę smołową	w ilości	10,0%
olej opałowy i naftowy	„	12,5%
olej smarowy	„	15,0%
parafinę	„	1,5%

ponadto żywice obojętne i kwaśne, wyższe fenole, oraz około 1% zasad organicznych.

W końcu należy podać za Dr. Fischerem, że przez ogrzanie tej smoły do temperatury 700—800° otrzymuje się smołę aromatyczną normalną, a przez ogrzanie w ciągu kilku dni w autoklawach do 350° masę asfaltową.

Reasumując wyniki praktyczne, możemy stwierdzić, że bezwątpienia rozszerzają one znacznie granice użyteczności węgla. Oto zostaje otwartą, nowa droga produkcji niezwykle cennych materiałów, stojących blisko ropy naftowej. W perspektywie przyszłości ma to doniosłe znaczenie. Znaczenie to może wzrastać szybko lub opadać, w zależności od produkcji ropy, od wzrostu zapotrzebowania jej pochodnych, od technicznego udoskonalenia metod produkcji, od znalezienia użyteczności i zapewnienia korzystnego zbytu wszystkich produktów pochodnych tej smoły i t. d. Dla nauki jednak fakt ten pozostanie zdobyczą trwałą, o niezmiennej wartości. W poszukiwaniu metod badania i poznania istoty tego produktu, który popularnie nazywamy węglem, a na którym już obecnie wyrosło tyle samodzielnych gałęzi przemysłu, uczyniono nowy krok naprzód, nowy wylom w tym świecie tajemnicy. Wierzyć zaś wolno, że na tej drodze badań jesteśmy obecnie niemal u samego jej początku, że przyszłość, która kryje niewątpliwie dalszy i znamienity postęp i w tym kierunku, da odpowiedzi bardziej zdefiniowane, pewne i jak zawsze, tak i w tym wypadku, stworzy nowe podstawy dla rozwoju wielu gałęzi przemysłu.

## WIADOMOŚCI BIEŻĄCE.

Komisja Zjazdowa Zrzeszenia Gazowników Polskich zawiadamia, że stosownie do uchwały Zarządu odbędzie się w dniach 26—28 listopada r. b. Ogólny Zjazd Gazowników Polskich z następującym porządkiem obrad: 1) Zagajenie i wybór prezydium Zjazdu. 2) Odczytanie protokołów z poprzedniego Zjazdu. 3) Sprawozdanie ogólne z działalności Zrzeszenia i Komisji. 4) Sprawozdanie kasowe. 5) Sprawy pisma i biblioteki fachowej. 6) Sprawa uczczenia pamięci ś. p. inż. Teodorowicza, b. Prezesa Zrzeszenia. 7) Wnioski i zapytania. 8) Wybory uzupełniające ustępujących członków Zarządu. 9) Referaty. Otwarcie Zjazdu nastąpi d. 26 b. m. w piątek o godz. 4-ej popołudniu w Sali Nr. IV. Stowarzyszenia Techników w Warszawie. Dnia 27 b. m. przed południem odbędą się obrady Związku Gospodarczego Gazowni w Polsce.