

CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE

TOM 57

LWÓW, 10 CZERWCA 1939 R.

Nr 11

Prof. dr inż. STANISŁAW OCHĘDUSZKO

Inż. MIECZYŚLAW de INES

Przemysłowe atmosferyczne palniki gazowe.

(Część doświadczalna).

Gaz ziemny znajduje w Polsce coraz większe zastosowanie dla celów przemysłowych. W obecnej chwili używa się go głównie do opalania kotłów i różnych pieców technologicznych. Ponieważ jednak dotychczas znane zasoby gazu ziemnego w Polsce nie są zbyt bogate, należy dołożyć wszelkich starań, ażeby spalanie gazu ziemnego odbywało się możliwie ekonomicznie.

Stosowane obecnie paleniska przemysłowe na gaz ziemny w wielu przypadkach nie spełniają należycie swego zadania, ponieważ w spalinach opuszczających piece przemysłowe znajduje się dość pokazywany procent gazów palnych. Właśnie ta okoliczność dała impuls do badań palenisk gazowych.

Stopień zupełności spalania paliw między innymi zależy od jakościowego składu i stopnia wymieszania substratów, na które składają się gaz palny i powietrze, u wlotu do paleniska. W paleniskach gazowych przygotowywanie mieszanki palnej dokonuje się głównie i najlepiej w palnikach. W większości przypadków ma się do dyspozycji gaz palny sprężony i wykorzystuje się jego zdolność do wykonania pracy „z racji ciśnienia“ do tego, aby strumień tego gazu zassał sobie część powietrza, potrzebnego do jego spalania. Tego rodzaju palniki noszą nazwę palników atmosferycznych.

Otóż dobroć spalania gazu palnego zależy przede wszystkim od dobroci funkcjonowania palnika atmosferycznego, a w szczególności od ilości powietrza, którą jednostka masy gazu palnego potrafi sobie zassać.

Ponieważ problemat zachowywania się przemysłowych palników atmosferycznych dotychczas nie został wyczerpująco rozwiązany, przeto Komisja Gazowo - Naftowa Polskiego Komitetu Energetycznego powierzyła Laboratorium Kalorymetrycznemu Politechniki Lw., a w szczególności jego kierownikowi prof. drowi inż. Stanisławowi Ochęduszkowi przeprowadzenie badań, najczęściej w Polsce stosowanych palników gazowych.

Badanie palników gazowych należy rozdzielić na dwie części:

a) przede wszystkim należy zbadać wspomnianą już zdolność smoczkową palnika, a następnie

b) należy przeprowadzić obserwacje tych samych palników włączonych do czynnego paleniska.

Pierwsza część badań, tzn. badanie palnika „na zimno“ została już przeprowadzona dzięki wydatnej pomocy finansowej: Polskiego Komitetu Energetycznego, Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie oraz F-my „Gazolina“, za co tym instytucjom należy się gorące podziękowanie. Również p. dyr. inż. Mermon zajął życzliwe stanowisko wobec tych badań, wypożyczając jeden palnik swej konstrukcji.

Pomiary zostały przeprowadzone w Daszawie przy szybie gazu ziemnego „Basiówka“ należącym do F-my Gazolina. Pomiary te uskutecznił inż. Mieczysław de Ines, adiunkt Katedry Teorii Maszyn Ciepłych i Laboratorium Kalorymetrycznego Polit. Lwowskiej. Przy pomiarach pomocni byli pp.: inż. Stanisław Gliński, inż. Teodor Kuratow, asystenci Katedry Teorii Maszyn Ciepłych i śp. inż. Jan Szczepanowski. Aby podkreślić nader życzliwe ustosunkowanie się F-my Gazolina do tych badań, należy wspomnieć, że podczas badań wypuszczono około 100.000 Nm³ gazu ziemnego w powietrze, tudzież że urządzenie stacji pomiarowej zostało wykonane kosztem tejże Firmy.

W artykule tym zostaną krótko omówione wyniki tych badań z podkreśleniem i objaśnieniem zjawisk zachodzących w palnikach. Uzasadnienie teoretyczne tych zjawisk będzie opublikowane później.

1. Przedmiot badań.

Przedmiotem badań były 4 palniki typu atmosferycznego, a mianowicie:

1. „Gazolina 6 m³“, normalny (I) ryc. 1,
2. „Gazolina 2 m³“, normalny (II) ryc. 1,
3. „Gazolina 2 m³“, cichy¹⁾ (III) ryc. 2,
4. „Mermon B“ (IV) ryc. 3.

W toku dalszych rozważań przy określaniu palnika będziemy się posługiwać symbolami podanymi w nawiasach: I, II, III, IV.

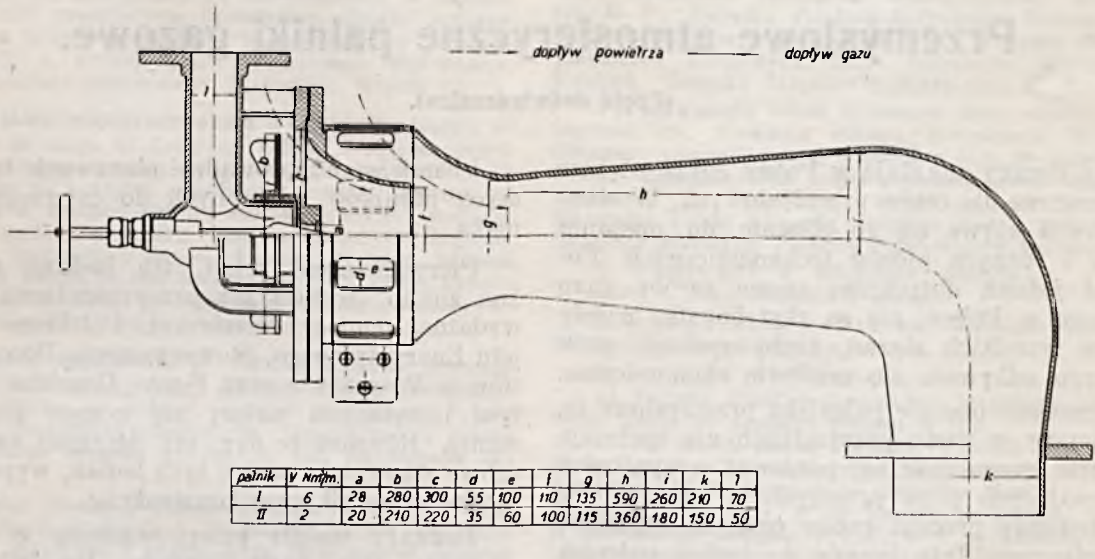
¹⁾ Ten palnik odznacza się tym, że powietrze dopływa doń osobnym, odpowiednio wysokim rorociągiem, co przyczynia się do zniżenia hałasu.

Normalny przepływ gazu wynosi: 6 Nm³/min w palniku I, oraz 2 Nm³/min w palnikach II, III i IV.

Palniki atmosferyczne w działaniu swym są zupełnie podobne do smoczków. Energia kinetyczna gazu wypływającego z dyszy z dużą szybkością służy do zassania powietrza potrzebnego do spalania. Powietrze zassane przez palnik nazywamy powietrzem wstępnym w odróżnieniu od tzw. powietrza wtórnego, które dostaje się do paleniska poza palnikiem.

Celem pomiarów było zbadanie działania smoczkowego palników, tzn. wyznaczenie stosunku ilości powietrza zassanego przez palnik do ilości gazu przepływającego przez palnik, w zależności od:

- a) ciśnienia gazu p_{gn} przed dyszą palnika (w palnikach : I, II, III i IV),
- b) stosunku otwarcia $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ (stosunku rzeczywistego do maksymalnego wolnego przekroju



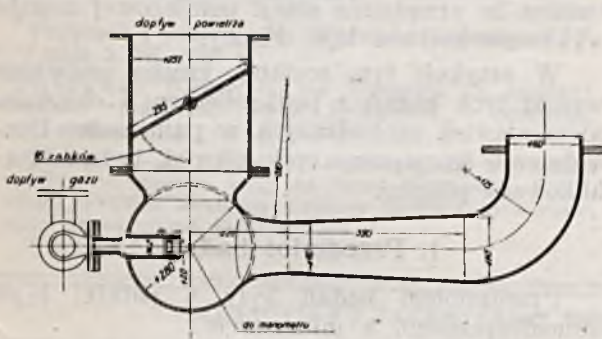
Ryc. 1.

Normalny palnik gazowy (I, II) Firmy „Gazolina“.

Przemiana części energii sprężonego gazu na energię kinetyczną dokonuje się w dyszy gazowej, tj. w krótkim przewodzie o zaokrąglonych krawędziach. Zasysanie powietrza odbywa się przez strumień gazu palnego na drodze poza wylotem dyszy gazowej w tzw. mieszalniku. W mieszalniku panuje ciśnienie mniejsze od ciśnienia atmosferycznego, co przyczynia się do

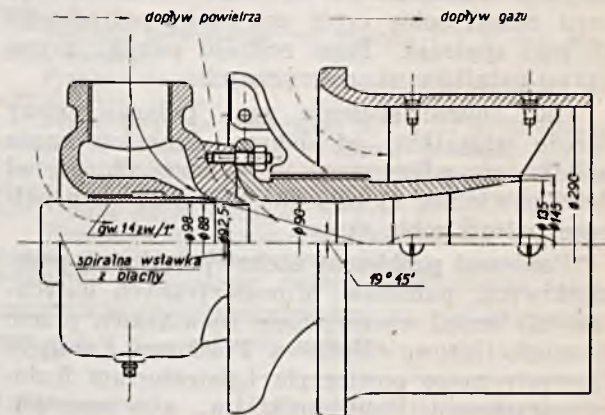
dla przepływu gazu) dyszy gazowej (w palnikach: I, II i IV),

- c) stosunku otwarcia $\left(\frac{F}{F_c}\right)_T$ (stosunku rzeczywistego do maksymalnego wolnego przekroju dla przepływu powietrza) tylnej kłapy powietrznej (w palnikach: I i II),



Ryc. 2.

Cichy palnik gazowy (III) Firmy „Gazolina“ dla $V_{gn} = 2 \text{ Nm}^3/\text{min}$.



Ryc. 3.

Palnik gazowy (IV) „B“ Mermona dla $V_{gn} = 2 \text{ Nm}^3/\text{min}$.

tęgo, że powietrze z zewnątrz dopływa do mieszalnika. Zjednoczone strumienie gazu i powietrza po przejściu przez najwęższy przekrój mieszalnika wpadają do kanału rozszerzającego się, zwanego dyfuzorem, gdzie odbywa się przemiana ciśnienia dynamicznego (energii kinetycznej) na ciśnienie statyczne.

- d) stosunku otwarcia $\left(\frac{F}{F_c}\right)_B$ bocznej kłapy powietrznej (w palnikach : I, II, III i IV),
- e) wysokości l_p rurociągu ssącego dla powietrza (w palniku: III),

f) wysokości podciśnienia P_w u wylotu z palnika (w palnikach: II, III i IV).

Pomiary wykonano przy:

1) ciśnieniu gazu $p_{g_i} = 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0$ at a w palnikach I, II i IV oraz przy $p_{g_i} = 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7$ at a i dodatkowo przy $p_{g_i} = 1,01; 1,02; 1,03; 1,04; 1,05$ at a dla $l_p = 4,10$ m w palniku III,

2) stosunku otwarcia dyszy gazowej $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g = 4/4, 3/4, 2/4, 1/4$ (przy wysokich ciśnieniach gazu stosowano również inne stosunki otwarcia),

3) stosunku otwarcia tylnej kłapy powietrznej $\left(\frac{F}{F_c}\right)_T = 10/10, 6/10, 3/10, 1/10, 0/10,$

4) stosunku otwarcia bocznej kłapy powietrznej $\left(\frac{F}{F_c}\right)_B = 10/10, 6/10, 0/10;$ w palniku III stosowano inne stosunki otwarcia,

5) wysokości rurociągu ssącego dla powietrza $l = 4,10; 6,15; 8,20$ m,

6) wysokości podciśnienia u wylotu palnika $P_w = 0$ dla wszystkich kombinacji parametrów wymiennych w punktach od 1 do 5 oraz przy $P_w = 10, 20, 30$ i 40 mm H₂O przy odpowiednio dobranych parametrach.

Ogółem wykonano punktów badawczych:

- 720 na palniku I,
- 570 na palniku II,
- 140 na palniku III,
- 192 na palniku IV,

razem 1622 punktów badawczych.

Wszystkie badania palników gazowych dotyczą zdolności smoczkowej tychże tylko w tym przypadku, gdy przez nie przepływa gaz ziemny z zagłębia Daszawskiego. Dlatego koniecznym jest poznanie właściwości fizycznych tego gazu.

Wynik analizy gazu daszawskiego przeprowadzonej na precyzyjnym analizatorze inż. W. Wiśniowskiego jest następujący:

$$r_{O_2} = 0,28\% ; r_{CO_2} = 0,09\% ; r_{N_2} = 1,17\% ;$$

$$r_{C_n H_{2n+2}} = 98,46\% ; \text{zastępcze } n = 1,022.$$

Przy założeniu, że w skład węglowodorów $C_n H_{2n+2}$ wchodzi tylko metan CH_4 (96,29%) i etan $C_2 H_6$ (2,17%), obliczamy dla gazu daszawskiego:

$$\text{wykładnik adiabaty } \kappa = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} r_i \cdot C_{p_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} r_i \cdot C_{v_i}} = 1,317,$$

$$\text{stałą gazową } R_g = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{r_i}{R_i}} = 51,25 \frac{\text{kg m}}{\text{kg} \cdot 1^\circ}$$

$$\text{ciężar drobinowy } M_g = \frac{848}{R} = 16,546 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

objętość właściwą w normalnych warunkach termicznych ($p_n = 760$ mm Hg, $t_n = 0$ C)

$$v_{g_n} = \frac{22,41}{M_g} = 1,3543 \frac{\text{Nm}^3}{\text{kg}}$$

gęstość względną (w stosunku do powietrza):

$$\delta_g = \sum_{i=1}^{i=n} r_i \cdot \delta_i = 0,571,$$

najmniejszą ilość powietrza potrzebną do spalania 1 Nm³ gazu ziemnego:

$$L_{min} = \left(\frac{3n+1}{2} r_{C_n H_{2n+2}} - r_{O_2} \right) \cdot \frac{1}{0,21} =$$

$$= 9,51 \frac{\text{Nm}^3 \text{ pow.}}{\text{Nm}^3 \text{ gazu}}$$

2. Metody pomiarowe.

Zdolność smoczkowa palnika wyraża się stosunkiem $\frac{V_p}{V_g}$, gdzie oznaczają:

V_p natężenie przepływu powietrza zasysanego przez palnik,

V_g natężenie przepływu gazu ziemnego płynącego przez palnik.

Obie te odpowiadające sobie objętości muszą być odniesione do tych samych warunków termicznych. W naszych rozważaniach przyjmujemy fizyczne normalne warunki termiczne, tzn. $p_n = 760$ mm Hg, $t_n = 0$ C.

Wspomnianą zdolność smoczkową można określić również za pomocą stosunku:

$$\lambda = \frac{V_p}{V_g \cdot L_{min}}$$

Stosunek ten przedstawia współczynnik nadmiaru powietrza wstępnego, tzn. stosunek ilości powietrza przypadającego na jednostkę masy gazu palnego do najmniejszej ilości powietrza L_{min} potrzebnej do spalania tejże masy gazu palnego. Wspomnianym współczynnikiem λ będziemy się nadal posługiwali przy ocenie zdolności smoczkowej palnika.

Badania zdolności zasysania powietrza przez palnik I odbywało się przez analizowanie mieszaniny gazu ziemnego i powietrza opuszczającej palnik, przy równoczesnym mierzeniu dyszą pomiarową natężenia przepływu gazu ziemnego dopływającego do palnika.

Aby próbka mieszaniny gazu ziemnego i powietrza pobierana do analizy przedstawiała dokładny skład tejże mieszaniny, zmontowano przy końcu dyfuzora specjalne obrotowe urządzenie, które w czasie pobierania próbki „całkowało” niemal cały przekrój strumienia wypełniającego wylot z dyfuzora. W czasie badań okazało się, że poruszanie tego urządzenia jest zbędne, co wskazuje na to, że substraty u wylotu z dyfuzora były dokładnie ze sobą wymieszane.

Współczynnik λ przy tej metodzie pomiarów obliczano posługując się wzorem:

$$\lambda = \frac{r'_{O_2} - r_{O_2}}{(21 - r'_{O_2}) L_{min}}$$

gdzie oznaczają:

$r_{O_2}, r'_{O_2}\%$ udział objętościowy tlenu w gazie ziemnym i mieszaninie opuszczającej palnik,

$L_{min} = 9,51$ najmniejszą ilość powietrza potrzebną do spalania gazu ziemnego.

Ze względu na przyspieszenie tempa pracy udział objętościowy tlenu r'_O_2 wyznaczono przy pomocy zwykłego analizatora Orsata.

Ponieważ jednak wyniki pomiarów skuteczniejszych wspomnianą metodą były dość rozbieżne wskutek niemożności przeprowadzenia dokładnej analizy przy pomocy zwykłego aparatu Orsata, dlatego przy badaniach palników II, III i IV zastosowano inną dokładniejszą metodę pomiarów, a mianowicie: Za pomocą wycechowanych dysz pomiarowych mierzone zarówno natężenie przepływu gazu ziemnego dopływającego do palnika, jak też natężenie przepływu mieszaniny gazu i powietrza, opuszczającej palnik. Ciśnienie P_w u wylotu badanego palnika, regulowano przy pomocy smoczka (drugiego większego palnika) zmontowanego z przewodem pomiarowym u jego wylotu. Ten dodatkowy smoczek miał za zadanie przeciągać mieszaninę gazową przez palnik tak, aby podczas pomiaru ciśnienie P_w utrzymywało się na stałej wysokości.

W tym drugim przypadku do obliczenia współczynnika λ służył wzór:

$$\lambda = \frac{1}{L_{min}} \left[-\frac{1-\delta_g}{2} + \sqrt{\left(\frac{1-\delta_g}{2}\right)^2 + \frac{C'^2 \cdot \epsilon'^2 \cdot p'_1 \cdot h'}{T_1 \cdot V_g^2}} \right],$$

gdzie oznaczają:

$L_{min} = 9,51$ najmniejsze objętościowe zapotrzebowanie powietrza do spalania gazu ziemnego,

δ_g gęstość względną gazu ziemnego,

C' współczynnik we wzorze do obliczenia natężenia przepływu gazu dla dyszy pomiarowej wmontowanej poza dyfuzorem badanego palnika,

ϵ' współczynnik rozprężenia dla dyszy pomiarowej służącej do pomiaru mieszaniny gazu ziemnego i powietrza,

h' mm H₂O spadek ciśnienia na dyszy pomiarowej dla mieszaniny,

p'_1 mm Hg bezwzględne ciśnienie mieszaniny przed dyszą pomiarową,

T_1 K temperaturę mieszaniny przed dyszą pomiarową,

V_g Nm³/min natężenie przepływu gazu ziemnego.

Natężenie przepływu gazu ziemnego płynącego przez palnik obliczano przy pomocy wzoru:

$$V_g = C \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{p_{g1} \cdot h}{T_{g1} \cdot \delta_g}} \text{ Nm}^3/\text{min},$$

gdzie poszczególne symbole mają znaczenie omówione wyżej z tym, że C , ϵ , h dotyczą dyszy służącej do mierzenia gazu ziemnego, natomiast p_{g1} , T_{g1} określają stan tego gazu przed dyszą pomiarową.

Współczynniki C i C' są stałe przy przepływach, dla których liczba Reynoldsa Re jest większa od pewnej granicznej wartości Re_g . Przy przepływach o Re mniejszych od Re_g współczynniki C i C' zależą od liczby Reynoldsa, co uwzględniono w obliczeniach.

Liczbę Reynoldsa dla przepływu mieszaniny gazu ziemnego z powietrzem obliczano po przyjęciu dla mieszaniny wystarczająco dokładnej zasady addytywności w odniesieniu do lepkości dynamicznej (dla powietrza $\eta_p = 1,800 \cdot 10^{-6}$, dla gazu ziemnego $\eta_g = 1,084 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2}$ przy $t = 10^\circ\text{C}$).

Współczynnik rozprężenia ϵ jest funkcją także wykładnika adiabaty dla przepływającego czynnika. Ponieważ skład mieszaniny opuszczającej palnik z góry nie jest znany, przeto dla uproszczenia obliczeń założono $\kappa' = 1,373$, który jest średnią arytmetyczną wykładników κ dla mieszaniny powietrza z gazem ziemnym o $\lambda = 0,7$ ($\kappa = 1,390$) i $\lambda = 0,10$ ($\kappa = 1,356$). Błąd, jaki dopuszczamy wskutek tego założenia, jest znikomym małym.

Wyniki pomiarów odpowiednio zestawiono na wykresach, z których kilka bardziej charakterystycznych omówimy. Z wykresów tych będziemy się starali wyciągnąć pouczające wnioski dla obsługujących palniki gazowe.

W szczególności należy rozpatrzyć możliwości:

1) regulacji natężenia przepływu gazu palnego przez palnik, co decyduje o obciążeniu palnika,

2) regulacji ilości powietrza zassanego przez palnik.

3. Regulacja obciążenia palnika.

Regulację obciążenia w palnikach I, II i IV można skutecznie w trojaki sposób:

a) przez zmianę ciśnienia gazu p_{g1} przed dyszą palnika przy stałym wolnym przekroju dyszy gazowej, albo

b) przez zmianę wolnego przekroju dyszy gazowej $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ przy stałym ciśnieniu gazu przed palnikiem, albo

c) przez równoczesną zmianę obu czynników.

W palniku III możliwa jest tylko regulacja obciążenia wymieniona pod a) z powodu niemożliwości zmiany wolnego przekroju dyszy gazowej.

a) Regulacja obciążenia palnika przez zmianę ciśnienia gazu przed palnikiem przy stałym przekroju dyszy gazowej.

Wykres 4 przedstawia wspomnianą zależność obciążenia palnika III od ciśnienia gazu palnego p_{g1} . Ilość gazu przepływającego w jednostce czasu przez palnik wzrasta w sposób paraboliczny ze wzrostem ciśnienia p_{g1} gazu przed dyszą palnika, stosunek zaś $\frac{p_{g2}}{p_{g1}}$ ciśnienia gazu za dyszą palnika do ciśnienia przed dyszą maleje.

Krytyczny stosunek ciśnień dla używanego gazu ziemnego przy beztarciowym przepływie wynosi:

$$\beta = \left(\frac{p_{g2}}{p_{g1}}\right)_{kr} = \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 0,54266.$$

Na wykresie widać, że nie osiągnęliśmy krytycznego stosunku ciśnień, tzn. że szybkość wypływu gazu z dyszy była mniejsza od szybkości krytycznej.

W palniku tym mierzono ponadto podciśnienie p_{g_2} panujące w mieszalniku (komorze dyszowej). Najniższe ciśnienie p_{g_2} zaobserwowano

w komorze przy zamkniętej klapie powietrznej i $p_{g_1} = 1,7$ at a; ciśnienie to wynosiło $p_{g_2} = 9\,645 \frac{\text{kG}}{\text{m}^2}$ przy podciśnieniu 405 mm H₂O; przy zupełnie otwartej klapie powietrznej ciśnienie w mieszalniku miało wartość $P_{g_2} = 10\,030 \frac{\text{kG}}{\text{m}^2}$ przy 20 mm H₂O depresji.

Z tego właśnie powodu przy tym samym ciśnieniu gazu ziemnego p_{g_1} płynie więcej gazu ziemnego przy zamkniętej klapie powietrznej, aniżeli przy otwartej klapie, co zostało stwierdzone pomiarami.

Wykres 5 przedstawia taką samą charakterystykę dla regulacji obciążenia palnika II. Poszczególne linie wykresu odpowiadają pewnemu stanowi otwarcia dyszy gazowej. Początkowy przebieg poszczególnych krzywych jest taki sam, jak na wykresie 4. Z chwilą jednak osiągnięcia krytycznego stosunku ciśnień $\left(\frac{p_{g_2}}{p_{g_1}}\right)_{kr}$ przy dalszym wzroście ciśnienia p_{g_1} ilość gazu przepływającego przez dyszę wzrasta prostoliniowo z tym ciśnieniem, zgodnie z równaniem:

$$G = \psi \cdot F_m \cdot \sqrt{\frac{P_{g_1}}{V_{g_1}}} \text{ kG/sec.}$$

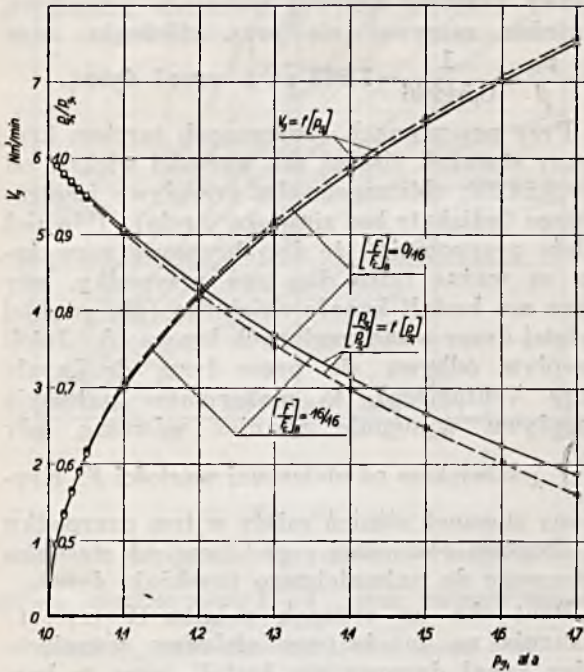
Po odpowiedniej przeróbce tego równania otrzymamy:

$$V_g = \psi' \cdot F_m \cdot P_{g_1} \text{ Nm}^3/\text{min},$$

gdzie:

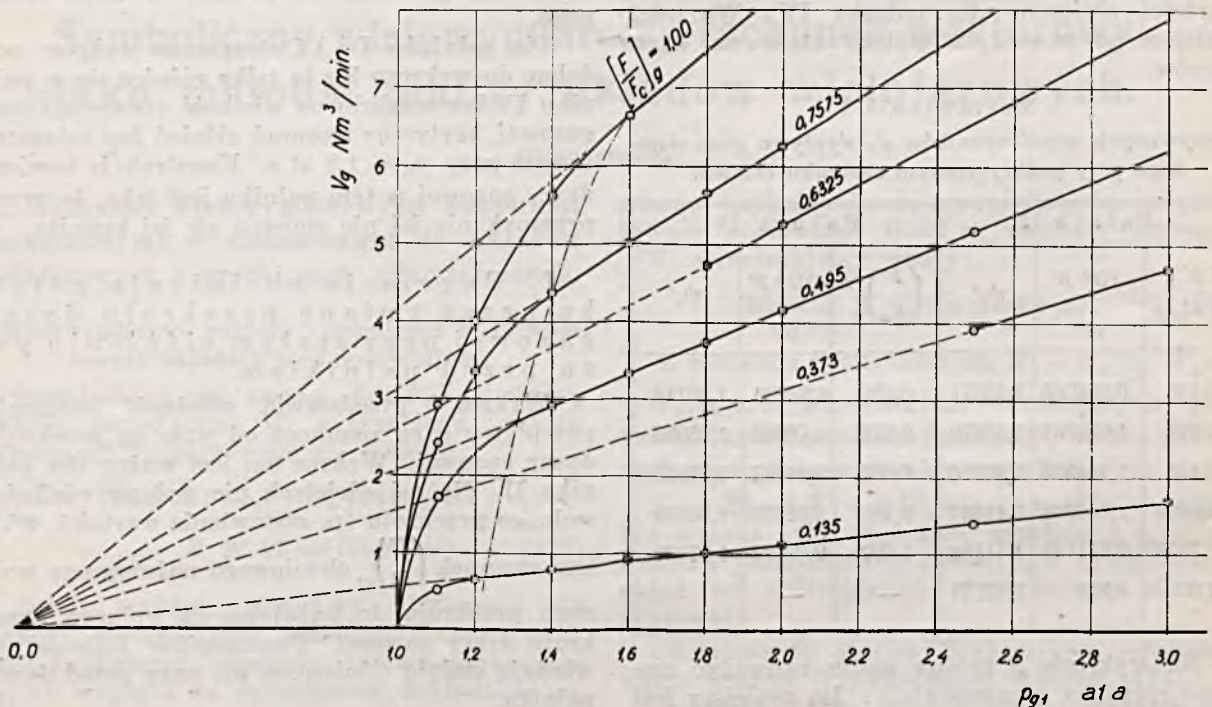
$$\psi' = 60 \cdot \psi \cdot \sqrt{\frac{1}{R_g \cdot T_g}} \cdot v_{gn} =$$

$$= 60 \cdot \sqrt{g \cdot \kappa \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_g \cdot T_g}} \cdot v_{gn}.$$



Ryc. 4.

Palnik III. Obciążenie V_g palnika w zależności od ciśnienia p_{g_1} przed dyszą gazową oraz stosunek $\left(\frac{p_{g_2}}{p_{g_1}}\right)$ ciśnień za i przed dyszą jako funkcja ciśnienia p_{g_1} .



Ryc. 5.

Palnik II. Obciążenie V_g palnika w zależności od ciśnienia gazu p_{g_1} przed dyszą gazową przy różnych stopniach otwarcia $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ tejże dyszy.

Po wstawieniu szczegółowych wartości oraz po przyjęciu średniej temperatury gazu ziemnego dla wszystkich pomiarów $T_{g1} = 280,9$ K, otrzymamy teoretyczną wartość (bez uwzględnienia tarcia):

$$\psi' = 1,42186 \text{ Nm}^3/\text{kG min.}$$

Równanie określające natężenie przepływu gazu ziemnego przy podkrytycznym stosunku ciśnień ma zatem postać:

$$V_g = \psi' \cdot F_m \cdot P_{g1},$$

gdzie oznaczają:

F_m m² najwęższy wolny przekrój dyszy gazowej przy danym położeniu iglicy, $\psi' \approx 1,422$,

P_{g1} kG/m² bezwzględne ciśnienie gazu przed dyszą gazową.

Na podstawie dokonanych pomiarów możemy określić rzeczywiste ψ'_r z równania:

$$\psi'_r = \frac{a}{b \cdot F_m},$$

gdzie $\frac{a}{b}$ przedstawia tangens kąta nachylenia prostego odcinka z linii przepływu względem osi odciętych (przy uwzględnieniu różnych podziałek dla obu osi).

Poniżej zestawiono wartości ψ'_r , obliczone na podstawie wykresu 5 dla palnika II przy różnych otwarciach dyszy gazowej. Z tego zestawienia wynika, że ψ'_r nie wiele odbiega od teoretycznej wartości $\psi' = 1,42$. Należy tu zwrócić uwagę na duże trudności przy oznaczaniu najwęższego przekroju dla danego ustawienia iglicy.

Na tym samym zestawieniu podano również wartości obliczone dla palnika IV. Wartości mniejsze od $\psi' = 1,42$ należy kłaść na karb oporów.

Zestawienie I

rzeczywistych współczynników ψ'_r wpływu gazu ziemnego przy podkrytycznym stosunku ciśnień.

Palnik II			Palnik IV		
$\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$	$10^4 F$ m ²	ψ'_r	$\left(\frac{F}{F_n}\right)_g^2$	$10^4 F$ m ²	ψ'_r
0,185	0,394065	1,43377	0,250	0,67223	1,36114
0,373	1,088787	1,43279	0,375	1,00835	1,35856
0,495	1,444905	1,42916	0,500	1,34447	1,37229
0,6325	1,846268	1,41637	0,750	2,01670	1,36609
0,7575	2,211143	1,41556	1,000	2,68894	1,37601
1,000	2,919	1,42171	—	—	—

Na wykresie 5 można nadto zauważyć ciekawe zjawisko, a mianowicie: Im mniejszy jest

²⁾ W palniku IV przez $F_c = F_n$ oznaczono wolny przekrój dla gazu palnego przy otwarciu dyszy gazowej spowodowanym 1,5-krotnym obrotem tuleji gazowej od stanu zupełnego zamknięcia dyszy.

wolny przekrój dyszy gazowej, to tym mniejszą wartość ma ciśnienie gazu p_{g1} , przy której osiągnany jest krytyczny stosunek ciśnień $\left(\frac{p_{g2}}{p_{g1}}\right)_{kr}$.

Gdybyśmy pominęli nieznaczną depresję panującą w mieszalniku, i gdybyśmy założyli, że ciśnienie tam panujące $p_{g2} = 1$ at a, to prostoliniowy przebieg krzywej natężenia przepływu powinien zaczynać się przy ciśnieniu gazu $p_{g1} = \frac{p_{g2}}{\beta} = \frac{1}{0,54266} = 1,843$ at a przed dyszą.

Przy przepływach obarczonych tarcie krytyczny stosunek ciśnień ma wartości większe od $\beta = 0,54266$, obliczonego dla przepływu izentropowego (adiabaty bez zjawiska tarcia). Również należy przypomnieć, że dotychczasowe rozważania są ważne tylko dla tego przypadku, gdy dysza ma kształt kanału zbieżnego (dla zwykłej obciążonej dyszy o zaokrąglonych brzegach). Jeżeli przepływ odbywa się przez dyszę de Laval (rurę Venturiego), to maksymalne natężenie przepływu występuje również wówczas, gdy $\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$ jest większe od obliczonej wartości β . Krytyczny stosunek ciśnień zależy w tym przypadku od długości rozbieżnej części oraz od stosunku końcowego do najmniejszego przekroju dyszy.

Rzut oka na rysunek palnika II (ryc. 1) wskazuje na to, że przy głębszym wsunięciu iglicy kanał dyszowy ma kształt coraz to bardziej zbliżony do dyszy de Laval. Tej to okoliczności oraz nieuniknionemu tarcie i depresji w mieszalniku należy przypisać to, że prostoliniowy przebieg linii natężenia przepływu zaczyna się tym bliżej osi rzędnych, im mniejszy jest wolny przekrój dla przepływu gazu ziemnego.

Dla palników I i IV otrzymano wykresy podobne do wykresu 5 z tą tylko różnicą, że w palniku IV bez względu na wielkość otwarcia dyszy gazowej, krytyczny stosunek ciśnień jest osiągnany zawsze przy $p_{g1} \approx 1,8$ at a. Konstrukcja bowiem dyszy gazowej w tym palniku jest taka, że przez przymyknięcie jej nie zmienia się jej kształtu.

b) Regulacja obciążenia palnika przez zmianę przekroju dyszy gazowej przy stałym ciśnieniu gazu przed palnikiem.

Wykres 6 przedstawia zależność natężenia przepływu gazu ziemnego od wolnego przekroju dyszy gazowej. Wykres ten jest ważny dla palnika II. Na osi odciętych nie podano wielkości wolnego przekroju (p zestawienie wartości ψ'_r), lecz stosunek $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ chwilowego najwęższego wolnego przekroju do największego wolnego przekroju dyszy gazowej. Poszczególne linie odpowiadają stałym ciśnieniom p_{g1} gazu przed dyszą palnika.

Jeśli ciśnienie p_{g1} jest równe lub większe od wartości obliczonej ze stosunku krytycznego $\left(\frac{p_{g2}}{p_{g1}}\right)_{kr}$, to między natężeniem przepływu gazu

ziemnego i przekrojem dyszy istnieje zależność prostoliniowa. Na wykresie 6 zależność ta za-

chodzi już począwszy od $p_{g1} = 1,6$ at a zamiast od 1,8 at a (p. rozdział 3, a).

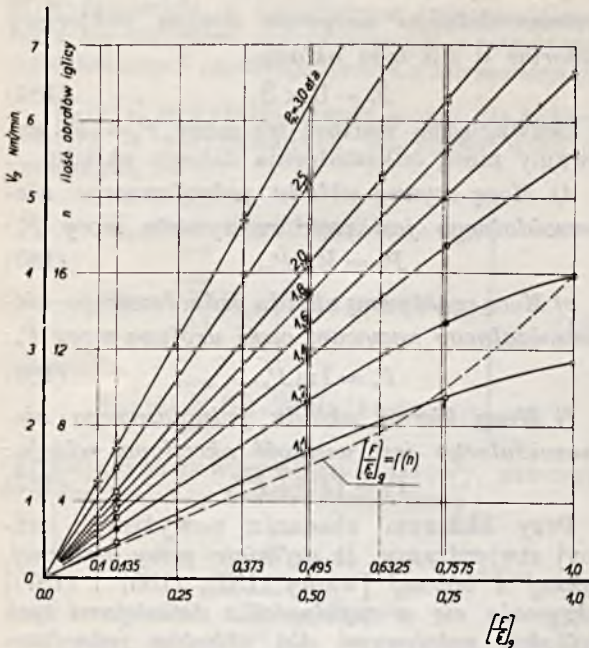
Na wykresie 6 naniesiono nadto krzywą zależności stosunku $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ od ilości obrotów n iglicy. Przebieg tej funkcji jest początkowo prawie prostoliniowy, po czym temu samemu przesunięciu iglicy odpowiada mniejszy wzrost wolnego przekroju.

Dla palników I i IV zdjęto podobne charakterystyki. Ponieważ korpus palnika IV wykonany jest z żeliwa, tuleja zaś dyszy ze stali, i ponieważ powierzchnie ograniczające kanał dyszowy nie były gładko obrobione, przeto tarcie wypływającego gazu o ścianki odgrywa tu pożyteczną rolę, zwłaszcza przy małych otwarciach dyszy. W następstwie występowania większych oporów przepływu przy mniejszym wolnym przekroju dyszy, linie $p_{g1} = 1,1$ i $p_{g1} = 1,2$ at a zamiast być wygięte ku dołowi, jak na wykresie 6, są wygięte ku górze.

c) Regulacja obciążenia palnika przez równoczesną zmianę ciśnienia gazu palnego przed dyszą i wolnego przekroju dyszy.

To samo natężenie przepływu gazu palnego można otrzymać przy różnych kombinacjach ciśnienia gazu przed dyszą palnika i wolnego przekroju dyszy. Wykresy 15, 16 i 17 między innymi zawierają krzywe, które podają zależność między wspomnianymi parametrami dla natężenia przepływu $V_g = 1, 2$ i $3 \text{ Nm}^3/\text{min}$.

(Dok. nast.)



Ryc. 6.

Palnik II. Obciążenie V_g palnika w zależności od stopnia otwarcia dyszy $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ przy różnych ciśnieniach p_{g1} gazu ziemnego przed dyszą oraz zależność stopnia otwarcia $\left(\frac{F}{F_c}\right)_g$ od ilości obrotów iglicy gazowej.

Inż. I. ROSENZWEIG

Zakład Elektrotechniki Ogólnej Politechniki Lwowskiej.

Symboliczny wielowymiarowy rachunek wektorowy jako metoda analizy układów wielofazowych.

(Dokończenie).

IV. Rachunek wielowymiarowymi wektorami symbolicznymi w zastosowaniu do układów wielofazowych o przebiegach odkształconych.

1. Wielowymiarowe wektory symboliczne w jednofazowych układach niesinusoidalnych.

Rozkładając na szereg Fouriera dowolną funkcję periodyczną W_i o przebiegu „czysto zmiennym”³⁷⁾, otrzymuje się relację:

$$W_i = W_1 \sqrt{2} \sin(\omega t + \alpha_1) + W_2 \sqrt{2} \sin(2\omega t + \alpha_2) + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} W_i \sqrt{2} \sin(i\omega t + \alpha_i). \quad (173)$$

Jeżeli rozkład powyższy stosujemy do funkcji, wyrażających przebiegi czasowe wielkości fizycznych, możemy zawsze ograniczyć się, ze względu na ograniczoną dokładność po-

miarów fizycznych, do uwzględnienia jedynie pewnej skończonej ilości m członów szeregu (173). Otrzymujemy wtedy:

$$W_i = \sum_{i=1}^m W_i \sqrt{2} \sin(i\omega t + \alpha_i). \quad (174)$$

Z wielkości symbolicznych $\hat{W}_1 = W_1/\alpha_1$, $\hat{W}_2 = W_2/\alpha_2$, ... $\hat{W}_m = W_m/\alpha_m$, określających poszczególne harmoniczne funkcji W_i , można utworzyć m -wymiarowy wektor symboliczny:

$$\mathfrak{B} = e_1 \hat{W}_1 + e_2 \hat{W}_2 + \dots + e_m \hat{W}_m. \quad (175)$$

We wzorze tym oznaczają symbole e_1, e_2, \dots, e_m wektory jednostkowe, określające ortogonalny układ osi współrzędnych w przestrzeni m -wymiarowej.

Wielkość \mathfrak{B} stanowi wektorjalne odwzorowanie funkcji W_i , określonej wzorem (174).

Stosując takie odwzorowanie wektorjalne funkcji periodycznych do wielkości zmiennych, występujących w obwodach elektrycznych, a więc do napięć, prądów wzgl. SEM-cznych określonych relacjami:

³⁷⁾ Funkcją „czysto zmienną” nazywamy funkcję periodyczną W_i , której średnia wartość $W_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T W_i dt$ jest równa zero.

$$U_i = \sum_{i=1}^{i=m} U_i \sqrt{2} \sin(i\omega t + \alpha_i) \quad (176)$$

$$I_i = \sum_{i=1}^{i=m} I_i \sqrt{2} \sin(i\omega t + \beta_i) \quad (177)$$

$$E_i = \sum_{i=1}^{i=m} E_i \sqrt{2} \sin(i\omega t + \gamma_i) \quad (178)$$

otrzymujemy wektory symboliczne:

$$\hat{U} = e_1 \hat{U}_1 + e_2 \hat{U}_2 + \dots + e_m \hat{U}_m = \sum_{i=1}^{i=m} e_i \hat{U}_i \quad (179)$$

$$\hat{S} = e_1 \hat{I}_1 + e_2 \hat{I}_2 + \dots + e_m \hat{I}_m = \sum_{i=1}^{i=m} e_i \hat{I}_i \quad (180)$$

$$\hat{E} = e_1 \hat{E}_1 + e_2 \hat{E}_2 + \dots + e_m \hat{E}_m = \sum_{i=1}^{i=m} e_i \hat{E}_i \quad (181)$$

przy czym $\hat{U}_i = U_i | \alpha_i$, $\hat{I}_i = I_i | \beta_i$, $\hat{E}_i = E_i | \gamma_i$.

Z teorii szeregów Fouriera wynika bezpośrednio, iż wartości bezwzględne $U = |\hat{U}|$, $I = |\hat{S}|$ oraz $E = |\hat{E}|$ powyższych wektorów równe są wprost wartościom skutecznym danych napięć, prądów czy SEM-cznych.

Do wektorów symbolicznych \hat{U} , \hat{S} i \hat{E} , określonych wyżej i stanowiących „odwzorowanie geometryczne” napięć, prądów i SEM-cznych w układach jednofazowych o przebiegach odkształconych, można stosować wszelkie zasady rachunku wielowymiarowymi wektorami symbolicznymi, podane w rozdziale I niniejszej pracy³⁸⁾.

Wektory \hat{U} , \hat{S} i \hat{E} układów jednofazowych o przebiegach odkształconych związane są więc ze sobą zupełnie analogicznymi relacjami, jak wektory zespolone sinusoidalnych układów wielofazowych.

2. Definicje mocy układów jednofazowych o przebiegach odkształconych.

W celu zilustrowania stosowalności wprowadzonych w poprzednim ustępie wektorów symbolicznych jednofazowych układów niesinusoidalnych, omówimy obecnie wynikające z użycia tych wektorów definicje różnych rodzajów mocy.

Wzorując się na podanych w ustępie 1 rozdziału III określeniach mocy dla układów wielofazowych sinusoidalnych ustaliam te definicje dla *układu jednofazowego niesinusoidalnego* scharakteryzowanego wektorami symbolicznymi \hat{U} i \hat{S} w sposób następujący:

a) *Mocą pozorną układu jednofazowego niesinusoidalnego jest iloczyn bezwzględnych wartości U i I wektorów symbolicznych \hat{U} i \hat{S} , czyli iloczyn skuteczných wartości prądu i napięcia układu:*

$$P_a = U \cdot I = |\hat{U}| \cdot |\hat{S}| \quad (182)$$

b) *Mocą skalarową układu jednofazowego niesinusoidalnego nazywam iloczyn skalarowy wektorów \hat{U} i \hat{S} tego układu:*

$$\hat{P}_s = \hat{U} \cdot \hat{S} \quad (183)$$

c) *Mocą wektorową układu jednofazowego niesinusoidalnego nazywam iloczyn wektorowy wektorów \hat{U} i \hat{S} tego układu:*

$$\hat{P}_v = \hat{U} \times \hat{S} \quad (184)$$

Bezwzględną wartość tej mocy $P_v = |\hat{P}_v|$ nazywamy mocą odkształcenia danego układu.

d) *Mocą czynną układu jednofazowego niesinusoidalnego jest część rzeczywista mocy \hat{P}_s :*

$$P_w = \text{Re } \hat{P}_s \quad (185)$$

e) *Mocą reaktywną układu jednofazowego niesinusoidalnego nazywam część urojoną mocy \hat{P}_s :*

$$P_r = \text{Im } \hat{P}_s \quad (186)$$

f) *Mocą bierną układu jednofazowego niesinusoidalnego jest wielkość określona relacją:*

$$P_b = \sqrt{P_r^2 + P_w^2} \quad (187)$$

Przy bliższym zbadaniu powyższych definicji stwierdzamy, iż *definicje mocy pozornej, czynnej i biernej* [wzory (182), (185) i (187)] *pokrywają się w zupełności z definicjami tych wielkości, ustalonymi dla układów jednofazowych o przebiegach odkształconych przez prof. Dr S. Fryzego³⁹⁾, zaś definicja mocy reaktywnej (186) i mocy odkształcenia pokrywa się zupełnie z definicją tych mocy ustaloną przez C. I. Budeanu⁴⁰⁾.*

Przez użycie rachunku wektorami symbolicznymi uzyskuje się zatem nową interpretację proponowanych w dotychczasowej literaturze i stosowanych obecnie w praktyce definicji mocy układów jednofazowych o przebiegach odkształconych.

3. Zasada równoważności faz i harmonicznych. Uogólnione wektory zespolone.

Wykazana poprzednio zupełna analogia, jaka zachodzi pomiędzy relacjami dla wektorów zespolonych sinusoidalnych układów wielofazowych a relacjami dla n -wymiarowych wektorów symbolicznych, ustalonych dla układów jednofazowych o przebiegach odkształconych, umożliwia rozszerzenie stosowalności rachunku wielowymiarowymi wektorami symbolicznymi również na *układy wielofazowe o przebiegach odkształconych.*

Dla układów takich obowiązuje mianowicie wynikająca wprost z wspomnianej analogii *zasada równoważności faz i harmonicznych⁴¹⁾*, którą sformułować można w sposób następujący:

Każdy układ n -fazowy o przebiegach periodycznych odkształconych wykazujący zawartość m harmonicznych, stanowi z punktu widzenia analizy wektorjalnej układ $m \cdot n$ -wymiarowy, przy czym istnieje zupełna równoważność formalna poszczególnych faz i harmonicznych. Układ

³⁹⁾ Odnosić 25.

⁴⁰⁾ Odnosić 24.

⁴¹⁾ Szczegółowe uzasadnienie fizyczne tej zasady oraz rozwinięcie wynikających z niej konsekwencji przedstawione będzie w oddzielnej pracy.

³⁸⁾ Możliwość ta wynika z ogólnych twierdzeń matematycznych obowiązujących dla rozkładu funkcji na szeregi Fouriera oraz na inne szeregi t. zw. funkcji ortogonalnych. Patrz n. p. D. Hilbert i R. Courant, odnośnik 5.

taki jest więc ze stanowiska rachunku wektorowego zupełnie równoważny bądźto układowi $m.n$ -fazowemu o przebiegach sinusoidalnych, bądź też układowi jednofazowemu o przebiegach odkształconych zawierających $m.n$ harmonicznych.

W myśl powyższej zasady można dla każdego zespołu n przynależnych do siebie wielkości zmiennych:

$$\left. \begin{aligned} W_{1t} &= \sum_{k=1}^{k=m} W_{1k} \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_{1k}) \\ W_{2t} &= \sum_{k=1}^{k=m} W_{2k} \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_{2k}) \\ &\dots \dots \dots \\ W_{nt} &= \sum_{k=1}^{k=m} W_{nk} \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_{nk}) \end{aligned} \right\} \quad (188)$$

określających pewien układ n -fazowy, utworzyć $m.n$ -wymiarowy wektor symboliczny:

$$\begin{aligned} \hat{W} &= \epsilon_{11} \hat{W}_{11} + \epsilon_{12} \hat{W}_{12} + \dots = \epsilon_{nm} \hat{W}_{nm} = \\ &= \sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} \epsilon_{ik} \hat{W}_{ik} \quad (189) \end{aligned}$$

który nazywam uogólnionym wektorem zespołowym wielkości $W_{1t}, W_{2t}, \dots, W_{nt}$.

We wzorze (189) oznaczają symbole \hat{W}_{ik} wartości symboliczne $\hat{W}_{ik} = W_{ik}/\alpha_{ik}$, zaś symbole $\epsilon_{11}, \epsilon_{12}, \dots, \epsilon_{nm}$ wektory jednostkowe, określające podstawowy ortogonalny układ współrzędnych w przestrzeni $m.n$ -wymiarowej.

Do uogólnionych wektorów zespołowych, określonych relacją (189) można stosować, podobnie jak do wektorów zespołowych zwyczajnych lub do m -wymiarowych wektorów dla układów jednofazowych niesinusoidalnych, wszelkie relacje podanego w rozdziale I rachunku wielowymiarowymi wektorami symbolicznymi.

Tworząc określone przez (189) wektory dla zespołów najważniejszych wielkości, występujących w wielofazowych układach o przebiegach niesinusoidalnych, otrzymamy:

a) Dla zespołu n napięć zasadniczych:

$$U_{it} = \sum_{k=1}^{k=m} U_{ik} \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_{ik}) \quad (i=1, 2 \dots n)$$

uogólniony wektor zespołowy napięć:

$$\hat{U} = \sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} \epsilon_{ik} \hat{U}_{ik} \quad (\hat{U}_{ik} = U_{ik}/\alpha_{ik}) \quad (190)$$

b) Dla zespołu n prądów zasadniczych:

$$I_{it} = \sum_{k=1}^{k=m} I_{ik} \sqrt{2} \sin(k\omega t + \beta_{ik}) \quad (i=1, 2 \dots n)$$

uogólniony wektor zespołowy prądów:

$$\hat{I} = \sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} \epsilon_{ik} \hat{I}_{ik} \quad (\hat{I}_{ik} = I_{ik}/\beta_{ik}) \quad (191)$$

c) Dla zespołu n SEM-cznych (t. zn. napięć zasadniczych układu przy biegu luzem):

$$E_{it} = \sum_{k=1}^{k=m} E_{ik} \sqrt{2} \sin(k\omega t + \gamma_{ik}) \quad (i=1, 2 \dots n)$$

uogólniony wektor zespołowy SEM-cznych:

$$\hat{E} = \sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} \epsilon_{ik} \hat{E}_{ik} \quad (\hat{E}_{ik} = E_{ik}/\gamma_{ik}) \quad (192)$$

W myśl wzoru ogólnego (6) są wartości bezwzględne powyższych wektorów, które nazywam uogólnionymi wartościami zespołowymi napięć, prądów lub SEM-cznych, określone wzorami:

$$U = |\hat{U}| = \sqrt{\sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} U_{ik}^2} \quad (193)$$

$$I = |\hat{I}| = \sqrt{\sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} I_{ik}^2} \quad (194)$$

$$E = |\hat{E}| = \sqrt{\sum_{i,k=1}^{i=n, k=m} E_{ik}^2} \quad (195)$$

Uwzględniając w tych wzorach, iż w myśl teorii szeregow Fouriera skuteczne wartości U_i, I_i wzgl. E_i napięć, prądów lub SEM-cznych występujących w poszczególnych fazach, określone są relacjami:

$$U_i = \sqrt{\sum_{k=1}^{k=m} U_{ik}^2}, \quad I_i = \sqrt{\sum_{k=1}^{k=m} I_{ik}^2}, \quad E_i = \sqrt{\sum_{k=1}^{k=m} E_{ik}^2}$$

otrzymujemy na uogólnione wartości zespołowe U, I i E relacje:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} U_i^2} \quad (196)$$

$$I = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} I_i^2} \quad (197)$$

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} E_i^2} \quad (198)$$

Wzory te są zupełnie analogiczne do relacji (52), (53) i (63) określających wartości zespołowe U, I i E układów sinusoidalnych. Z wzorów tych widzimy, iż dla określenia uogólnionych wartości zespołowych U, I i E układów wielofazowych niesinusoidalnych potrzebna jest jedynie znajomość wartości skutecznych U_i, I_i, E_i napięć, prądów lub SEM-cznych (wzgl. napięć biegu luzem) poszczególnych faz układu, natomiast znajomość przebiegów czasowych tych wielkości jest do tego celu zupełnie zbędna. Uogólnione wartości można zatem bądźto wyznaczyć zapomocą konstrukcji graficznej, podanej na ryc. 5, bądź też zmierzyć wprost zapomocą przyrządów uwidocznionych na ryc. 6.

4. Definicje mocy układów wielofazowych o przebiegach odkształconych.

Pozostawiając dokładniejsze rozwinięcie analizy niesinusoidalnych układów wielofazowych, opartej na rachunku uogólnionymi wektorami zespołowymi do oddzielnej pracy, ograniczymy się tutaj do podania opartych na tym rachunku definicji różnych rodzajów mocy dla układów wielofazowych o przebiegach odkształconych.

Definicje te ustalę, analogicznie do definicji ustalonych dla układów wielofazowych sinusoidalnych w sposób następujący:

a) Mocą pozorną układu wielofazowego niesinusoidalnego, scharakteryzowanego uogólnio-

⁴²⁾ Z wzoru (188) widać, iż pierwszy indeks (i) przy symbolu \hat{W} charakteryzuje fazę, zaś drugi indeks (k) rząd harmonicznej.

nymi wektorami zespolowymi \hat{U} i \hat{S} jest iloczyn bezwzględnych wartości $U = |\hat{U}|$ i $I = |\hat{S}|$ tych wektorów:

$$P_a = U \cdot I = |\hat{U}| \cdot |\hat{S}|. \quad (199)$$

b) Mocą skalarową układu wielofazowego niesinusoidalnego nazywam iloczyn skalarowy uogólnionych wektorów zespolowych \hat{U} i \hat{S} tego układu:

$$\hat{P}_s = \hat{U} \cdot \hat{S}. \quad (200)$$

c) Mocą wektorową układu wielofazowego niesinusoidalnego nazywam iloczyn wektorowy:

$$\hat{P}_v = \hat{U} \times \hat{S}. \quad (201)$$

d) Mocą czynną układu wielofazowego niesinusoidalnego jest część rzeczywista mocy \hat{P}_s :

$$P_w = \text{Re } \hat{P}_s. \quad (202)$$

e) Mocą reaktywną układu wielofazowego niesinusoidalnego nazywam część urojona mocy \hat{P}_s :

$$P_* = \text{Im } \hat{P}_s. \quad (203)$$

f) Mocą bierną układu wielofazowego niesinusoidalnego nazywam wielkość określoną relacją:

$$P_b = \sqrt{P_w^2 + P_*^2}. \quad (204)$$

Określone powyższymi definicjami różne rodzaje mocy posiadają w pełni te same własności, jak ustalone w ustępie 1 rozdziału III moce wielofazowych układów sinusoidalnych. Definicje te stanowią zatem jedyne racjonalne fizycznie określenia mocy dla układów wielofazowych o przebiegach odkształconych.

Znaczenie fizyczne określonych wyżej mocy jest również zupełnie analogiczne do znaczenia odnośnych mocy dla układów wielofazowych o przebiegach sinusoidalnych i nie wymaga wobec tego bliższego omówienia. Należy jedynie wyjaśnić bliżej znaczenie określonej przez (201) mocy wektorowej. Otóż moc ta, stanowiąca uogólnienie miarodajnej dla nierównomierności obciążenia faz mocy wektorowej układów n -fazowych sinusoidalnych oraz miarodajnej dla zniekształcenia przebiegów mocy zniekształcenia wprowadzonej przez Budeanu, jest miarodajna równocześnie i dla nierównomierności obciążenia faz i dla zniekształcenia przebiegów układów wielofazowych o przebiegach niesinusoidalnych.

Kończąc, pozwalam sobie serdecznie podziękować JWPanowi Prof. Dr S. Fryzemu za cenne uwagi i wskazówki oraz za zainteresowanie, okazane niniejszej pracy.

Application of the Symbolic Multidimensional Vector - Calculus for Investigation of Multiphase Circuits.

S u m m a r y

In the present paper a new method of investigation of multiphase circuits is given. This method is developed on basis of the principles, suggested by A. Pen-Tung Sah, who applied in analysis of such circuits the calculus of multidimensional complex vectors. The idea of the new method consists in considering each group of n symbolic (complex) values \hat{W}_i ($i=1, 2, \dots, n$) which characterize n corresponding time functions of phase quantities (*i. e.* currents, tensions, EMF-s etc.) \hat{W}_{it} of a sinusoidal n -phase circuit as a single quantity of higher order, namely as a complex vector \mathfrak{B} of n dimensions. This vector, denoted shortly as *system vector* of quantities W_{it} , is defined by formula $\mathfrak{B} = \sum_{i=1}^n \epsilon_i \hat{W}_i$, where ϵ_i signify the unit vectors of the n orthogonal axes in a n -dimensional space.

The first part of the paper gives a short review of the necessary mathematical operations on multidimensional complex vectors. This review contains also the principles of the calculus of complex tensors (expressed in the form $\hat{\mathfrak{T}} = \sum_{i,k=1}^{i,k=n} \epsilon_i \epsilon_k \hat{T}_{ik}$ or by means of their matrices $\hat{\mathfrak{T}} = \|\hat{T}_{ik}\|_{\epsilon}$) and of complex bivectors (denoted by symbols $\hat{\mathfrak{B}} = \sum_{k>i=1}^{i,k=n} \epsilon_i \times \epsilon_k \hat{B}_{ik}$), *i. e.* antisymmetric tensors, interpreted geometrically as complex surfaces in a n -dimensional space.

Having established these mathematical operations, the author explains in the second part

of the publication the application of the vector calculus for investigation of currents and tensions of sinusoidal multiphase circuits. The formulae derived show the relationships between the *system vectors* of voltages (\hat{U}), currents (\hat{S}), EMF-s ($\hat{\mathcal{E}}$) and the *system tensors* of impedances ($\hat{\mathfrak{Z}}$) and admittances ($\hat{\mathfrak{Y}}$) of these circuits.

The obtained equations appear in the form of the *vectorial laws of Ohm and Kirchhoff* for multiphase circuits. These laws form a direct generalization of the well known symbolic laws which are applied generally for investigation of single-phase circuits.

The analysis of currents and tensions includes also the transformations of the axes of coordinates in the n -dimensional space. A special case of such transformations leads us direct to the foundations of the method of symmetrical components.

In the third part of the paper a new theory is developed of apparent power of sinusoidal multiphase circuits. The new theory is based on the calculus of system vectors, explained previously. The new definition of the *apparent power* $P_a = U \cdot I = |\hat{U}| \cdot |\hat{S}|$ states this quantity as equal to the product of absolute values of the system vectors \hat{U} and \hat{S} of the circuit investigated. We assume the newly defined apparent power P_a to be composed of two parts, the first one $\hat{P}_s = \hat{U} \cdot \hat{S}$ being the scalar product o

vectors \hat{U} and \hat{S} and called *scalar power*, and the second one $\hat{P}_s = \hat{U} \times \hat{S}$ being the vector product of these vectors and called the *vector power* of the circuit.

On the definitions of these three quantities (P_a , \hat{P}_s and \hat{P}_v) is based the new theory which forms a consequent generalization of the theory of apparent power of single-phase circuits.

The analysis of the properties of the new defined quantities leads to the determination of their physical significance. Especially, this analysis shows that the apparent power P_a always characterizes the magnitude of the multiphase generator, necessary for supplying of the given circuit. Moreover, the proof is given of the properties of conservation of both quantities \hat{P}_s and \hat{P}_v and of quantities derived, and the possibility is shown of decomposing each investigated n -phase circuit into parts which correspond to the various kinds of power.

Numerical examples show the method of use of the new theory for practical calculations.

In the last part of the paper a generalization is suggested of the new method in order to get the possibility of investigating non-sinusoidal multiphase circuits. This generalization is rendered possible by a new *principle of equivalency of phases and harmonics*. This principle states that from the mathematical point of view, there exists a strict equivalency between the individual harmonics of the waves of any non-sinusoidal multiphase circuit and the phases of this circuit. Thus a n -phases circuit with waves containing m harmonics of different orders can be considered either as a $m.n$ -phase sinusoidal circuit or as a monophasic circuit of $m.n$ harmonics.

By application of the above principle new definitions of various power quantities of non-sinusoidal multiphase circuits have been established.

SPIS LITERATURY.

A) Podstawy matematyczne.

1. R. Becker: Theorie der Elektrizität I, Berlin 1933.
2. R. Courant i D. Hilbert: Methoden der Mathematischen Physik I, Berlin 1931.
3. M. Lagally: Vorlesungen über Vektoren-Rechnung. Leipzig 1928.
4. J. A. Schouten: Grundlagen der Vektor- und Affinoranalysis. Leipzig-Berlin 1914.
5. J. Spielrein: Lehrbuch der Vektorrechnung, Stuttgart 1925.

B) Teoria obwodu.

6. S. Fryze: Elektrotechnika Ogólna, Skrypt.
7. S. Fryze: Nowa teoria ogólnego obwodu elektrycznego. P. E. 1924, z. 11, 12 i 13.
8. S. Fryze: Strzałki kierunkowości w obwodach elektrycznych. P. E. 1925.
9. J. P. Nowacki i I. Rosenzweig: Zasada wzajemności w elektrotechnice P. E. 1928.

C) Zespołowa analiza układów wielofazowych.

Składowe symetryczne.

10. A. Boyajan: The Tensor - A New Engineering Tool. A. I. E. E. 55 (1936), str. 856.
11. C. L. Fortescue: Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks. A. I. E. E. 37 (1918), str. 1027.
12. A. Illiović: Les coordonées symétriques en électrotechnique. Paris 1934.
13. S. Koizumi: Transformation Formulae of Impedances and Admittances in the Method of Symmetrical Coordinates. Phil. Mag. 24 (1937), str. 195.
14. G. Kron: Tensor Analysis of Networks, New York 1939.
15. W. V. Lyon: Applications of the Method of Symmetrical Components. New York 1937.
16. H. Pender: Electrical Engineers Handbook. London 1936.
17. L. A. Pipes: Matrix Theory of Multi-conductor Transmission Lines. Phil. Mag. 24 (1937), str. 97.

18. I. Rosenzweig: Składowe symetryczne układów wielofazowych. P. E. 1936, zesz. 10.

19. A. Pen-Tung Sah: Representation of Polyphase Systems by Multidimensional Vectors. World Eng. Congr. Proc. 22 (1929), str. 3.

20. A. P. T. Sah i C. Yen: Impedance Dyadics of Synchronous Machines. Science Reports, Tsing-Hua Univ. Peiping, China, 3 (1935), str. 127.

21. A. P. T. Sah: Dyadic Algebra Applied to 3-phase Circuits. A. I. E. E. 55 (1936), str. 876.

22. A. P. T. Sah: Complex Vectors in 3-phase Circuits, A. I. E. E. 55 (1936), str. 1356.

23. S. A. Stigant: A. C. Circuits. Symmetrical components, Determinants, Tensors and Matrices. Electrician 119 (1937), str. 433.

24. Stokvis: Analysis of Unbalanced 3-phase Systems. El. World. 1915, str. 1111.

D) Moc układów wielofazowych i układów o przebiegach odkształconych.

25. F. Buchholz: Elektro-Journ. 1 (1921), zesz. 9, str. 15.

26. C. I. Budeanu: Puissance réactives et fictives. Wyd. Rumuńskiego Komitetu Energetycznego 1927.

27. H. L. Curtis i F. B. Silsbee: Definitions of Power and Related Quantities. A. I. E. E. 54 (1935), str. 394.

28. E. Emde: E. u. M. 39 (1921), str. 545.

29. F. Emde: Scheinleistung eines nicht sinusförmigen, schiefen Drehstromes. E. u. M. 55 (1937), str. 557.

30. S. Fryze: Moc rzeczywista, urojona i pozorna w obwodach elektrycznych o przebiegach odkształconych prądu i napięcia, P. E. 1931, z. 7 i 8.

31. S. Fryze: Wirk-, Blind- und Scheinleistung in elektrischen Stromkreisen mit nichtsinusförmigem Verlauf von Strom und Spannung E. T. Z. 53 (1932), str. 546.

32. G. Hommel: Leistungsbegriffe und Leistungsfaktor bei ein- und mehrphasigen Wechselströmen. Arch. f. El. 28 (1934), str. 737.
33. G. Hommel: Wechselstromleistungen in Symbolischer Darstellung. Arch. f. El. 30 (1936), str. 326.
34. W. Quade: Wirk-, Blind- und Scheinleistung bei Wechselströmen mit beliebiger Kurvenform. Arch. f. El. 28 (1934), str. 130.
35. W. Quade: Über Wechselströme mit beliebiger Kurvenform in Dreiphasensystemen. Arch. f. El. 28 (1934), str. 796.
36. W. Quade: Zusammensetzung der Wirk-, Blind- und Scheinleistung bei Wechselströmen beliebiger Kurvenform und neue Leistungsdefinitionen für unsymmetrische Mehrphasensysteme beliebiger Kurvenform. E. T. Z. 58 (1937), str. 1312.
37. A. E. F. Aufgabe 38, Wechselstromgrößen. E. T. Z. 58 (1937), str. 257.
38. Wydawnictwo: Comité d'études pour l'amélioration du facteur de puissance, Institut National Roumain I. R. E.

Przegląd czasopism

Żelbet

Słupy z rur stalowych w budownictwie omawia inż. H. Griffel w „Inżynierii i Budownictwie“ (1938, nr 6). Autor zaleca użycie słupów rurowych w budownictwie, wykazując ich zalety, a to jednolitość słupa, łatwe wykonanie, oszczędność na materiale i kosztach. Autor oblicza kilka przykładów i wykazuje znaczną oszczędność w materiale, a zatem i wadze słupów, która jest większa dla słupów mało obciążonych i smuklejszych. Autor zastanawia się też nad użyciem stali wyborowej. Ponieważ ceny jednostkowe rur bez szwu są większe od rur spawanych lub nitowanych, więc oszczędność w kosztach jest procentowo mniejsza, lecz zawsze godna uwagi. Jedynie dla słupów mało obciążonych potrzeba osobnych obliczeń, aby sprawdzić, kiedy koszt będzie najmniejszy.

Niesymetryczne ściskanie mimośrodkowe słupów żelbetowych omawia inż. E. Olszewski w „Cemencie“ (1939 I). Jeżeli na słup oprócz siły osiowej działa moment w kierunku niezgodnym z żadną osią główną, to obliczenie naprężeń jest bardzo utrudnione, a w praktyce niemożliwe, bo otrzymujemy wtedy równanie 5-go a nawet 20-go stopnia. Dlatego w takim razie posługujemy się metodą przybliżoną. Potrzeba użycia przybliżonego obliczenia powstaje zwłaszcza, gdy ciągnięcie w betonie przekraczają 3 kg/cm^2 i musimy obliczać słupy w fazie II. Autor opisuje różne metody obliczenia, między innymi metodę J. Mutermilcha i P. Szachowa jakoteż K. Ratuszyńskiego. Tę ostatnią metodę z pewnymi poprawkami omawia szerzej autor i oblicza przykłady, z których wynika, że niedokładność w stosunku do metody ścisłej wynosi tylko kilka procent.

Jak należy zapewnić współdziałanie uzbrojenia i betonu? Zagadnienie to bardzo ważne omawia nie podpisany autor w „Cemencie“ (1939, nr 1). Współdziałanie zależne jest: 1. od uzbrojenia, 2. od betonu i 3. od wykonania konstrukcji. Pierwsze dwa punkty są dobrze znane inżynierom, o trzecim punkcie, o wykonaniu mało się pisze a ten punkt jest obecnie tym ważniejszy, że używamy często teraz materiałów wyborowych, których wyzyskanie jednak wymaga bardzo starannego wykonania. Autor widocznie doświadczony praktyk, omawia szczegółowo wady wykonania najczęściej się trafiające. Wszystkich uwag autora niepodobna tu omawiać, ale uważam za wskazane dla każdego praktykującego inżyniera uważne przeczytanie tego wybornego

artykułu. Autor omawia najprzód przygotowanie uzbrojenia, zwłaszcza błędy często popełniane w magazynowaniu uzbrojenia, urządzeniu prętów odgiętych i gięciu wkładek. Potem omawia betonowanie, a w szczególności przy użyciu stali wyborowych, stali *Isteg* i grzebieniowej.

Cement glinowy czy portlandzki? Zagadnienie to omawia inż. A. Witkowski w „Cemencie“ (1939 kwiecień). Autor zwraca uwagę na niektóre strony ujemne cementu glinowego. Mianowicie przy cemencie glinowym wytrzymałość kostkowa może być znacznie większa od wytrzymałości betonu w większej masie. Wytrzymałość też betonu glinowego wzrasta wprawdzie z początku bardzo szybko i po 28 dniach jednak znacznie mniej niż betonu portlandzkiego. Przy twardnieniu beton glinowy wywołuje znaczny wzrost ciepłoty. Różnica ciepłoty w środku masywu betonowego i na powierzchni sprzyja powstawaniu pęknięć, które mogą nawet sprawić, że budowla nie jest szczelna, co jest ważnym głównie przy schronach.

Dr M. Thullie.

Drogi

Autostrady Niemiec. Dnia 17 lutego 1939 r. otwarto w Berlinie wielką międzynarodową wystawę samochodów pod hasłem całkowitej motoryzacji kraju. Wystawa mieści się w dziesięciu halach.

Przemówienie powitalne wygłosił minister Goebels, który wskazał, iż w ciągu $5\frac{1}{2}$ lat zbudowano w Niemczech 3065 km autostrad, 1490 km znajduje się w robocie, a budowa dalszych 6896 km dróg samochodowych dwutorowych zostanie niebawem rozpoczęta. Wielki szlak z północy na południe, sięgający od morza Północnego po Alpy jest oddany do użytku. Wedle relacji „Il. Kurj. Codz.“ (50/1939) kierownik nawy państwowej Rzeszy Niemieckiej Hitler, miał w przemowie swojej podnieść, że w ciągu sześciu lat Niemcy straciły wskutek wypadków samochodowych na drogach tylu ludzi, co na wojnie francusko-pruskiej w r. 1870/71.

Prasa niemiecka podaje, że w Niemczech co dwie minuty zdarza się wypadek samochodowy, a co godzinę kończy się taki wypadek śmiercią jednej osoby. W ciągu r. 1938 zginęło tak 8000 ludzi, a 150.000 było z tego powodu rannych, a wielu z nich zostało inwalidami na całe życie.

Jak się mówi o sieci kolejowej w Niemczech, tak samo mówi się i o sieci autostrad. Tworzą one osobne przedsiębiorstwo „Reichsautobahnen“, podporządkowane administracyjnie ministrowi komunikacji. Przedsiębiorstwo to wydało dotąd na budowę

dróg samochodowych trzy miliardy marek a więc około miliona marek na każdy *km* autostrady, z czego na koszt administracyjny zaledwie 6·7%. Do końca r. 1938 przy budowie zużyto, względnie wykonano 119·2 milj. dniówek roboczych, 270 milj. m^3 robót ziemnych, 20 tysięcy ton konstrukcji stalowych, 260 tys. ton konstrukcji żelazno-betonowych, 5 milionów ton betonu, 50 milj. m^2 nawierzchni drogowej. („Verkehrstechnische Woche“ 49/1938).

W celu utrzymania sprawności ruchu na autostradach zbudowano dotąd 63 warsztaty naprawcze wraz z domami dla robotników i 52 stacje benzynowe, zaopatrzone w dźwigi do podnoszenia pojazdów. Wszystkie stacje benzynowe posiadają urządzenia, umożliwiające przejeżdżającym otrzymanie kawy gorącej i napojów chłodzących. Równocześnie jednak zbudowano szereg gospód, w których podróżni mogą zatrzymać się na dłuższy wypoczynek, w nich są restauracje, pokoje gościnne, werandy i t. p. Przy wszystkich gospodach przewidziane są obszernie pomieszczenia dla samochodów. („Reichsbahn“ 50/1938). Ze wzmoczeniem się ruchu samochodowego występuje niezbędna potrzeba budowy autostrad.

O drogach komunikacyjnych Pomorza zamieszczony jest artykuł w „Kurj. turyst. i komunik.“ (6/1939), w którym podnosi autor, że wszystkie trakty prowadzą ze wschodu na zachód, gdy z północy na południe prowadzi tam właściwie tylko magistrala węglowa. Wskazaniem jest zatym powiązanie dróg komunikacyjnych kraju z Pomorzem i wybrzeżem morskim i przyspieszenie budowy autostrady północ-południe przez Żukowo, Osie, Świecie, Chełmno, Toruń i dalej do górnego Śląska z odgałęzieniami do Poznania i Warszawy. W Świeciu musiałby być wybudowany most przez Wisłę.

Inż. A. W. Krüger.

Koleje

Budowa kolei, łączącej Mossul z Bagdadem i Morzem Śródziemnym. Przed wojną światową zbudowały Niemcy kolej z Aleppo do Nisibin, od Bagdadu ułożono tor do Samary. Zachodni odcinek wybudowały dopiero przed niewiele laty koleje syryjskie, mianowicie od Nisibiny do granicy Iraku. Po obsadzeniu Iraku przez wojska angielskie te ostatnie przedłużyły odcinek Bagdad-Samara do Sherghat. Obecnie władze Iraku podjęły kroki w celu budowy kolei do granicy Syrii. Takie rozwiązanie jest dla Iraku najbardziej odpowiednie, dając połączenie Mossulu z Bagdadem i Morzem Śródziemnym. Roboty są w toku od marca 1937 i będą zamknięte z końcem roku 1939. Po wykończeniu tej budowy będą mogły przejeżdżać wagony z Europy do Bagdadu bez przeładunku. („Zeitung d. Vereins mitteleur. Eisenb. Verw.“ 18/1938).

Inż. A. W. Krüger.

Recenzje i krytyki

„Kalendarz Chemiczny“ na r. 1939/40. Wydany w roku bieżącym „Kalendarz Chemiczny“ 1939/40 jest znacznie rozszerzony w stosunku do poprzedniego wydania z roku 1937/38: zawiera 550 str. tekstu, 64 rysunki i 2 nomogramy.

Na treść Kalendarza składają się następujące działy: ogólny, fizyko-chemiczny, własności związków nieorganicznych i organicznych, analityczny, materiałoznawstwo, technologiczny, przemysłowo-prawny, bibliograficzny oraz słowniczek nazw produktów chemicznych.

Poza wielką ilością tablic i zestawień umieszczone w Kalendarzu działy: technologiczny i materiałoznawstwo, sprawiają, że Kalendarz staje się niezbędną książką zarówno dla chemików pracujących w laboratoriach, jak i w ruchu fabrycznym.

Dział technologiczny zawiera zasady i charakterystyki techniczne podstawowych przemysłowych aparatów chemicznych.

Ze względu na dobór treści „Kalendarz Chemiczny“ 1939/40 jest obecnie jedynym polskim wydawnictwem tego rodzaju przeznaczonym dla chemików pracujących naukowo i w przemyśle.

Kalendarz jest do nabycia w Zarządzie Okręgu Warszawskiego Związku Inżynierów Chemików R. P. Warszawa, Kruca 14 m. 1. oraz w większych księgarniach. Cena zł 5,40.

Książki nadesłane do Redakcji

Inż. Władysław Kollis, Sygnalizacja, ostrzeżenia, prognoza na rzekach, kanałach i zbiornikach z 16 tabelami, 178 rysunkami oraz streszczeniem niemieckim. Warszawa 1938. Nakł. Autora. 8°. Str. 286. Cena zł 10. Obszerniejsza recenzja tej nader wartościowej i godnej polecenia książki podana zostanie w jednym z najbliższych numerów.

Kronika

Kongresy naukowe w Liège. Z okazji odbywającej się obecnie w Liège (Belgia) Międzynarodowej Wystawy odbędzie się w czasie jej trwania 121 zjazdów i kongresów naukowych z zakresu wszelkich niemal dziedzin wiedzy, w tym 15 kongresów i zjazdów technicznych w miesiącach czerwcem, lipcu, sierpniu i wrześniu.

Te ostatnie poświęcone będą zagadnieniom elektrotechniki, hydrauliki, budowy okrętów, żegludze śródlądowej, technologii chemicznej i balneologii. Informacji udziela Commissariat Général du Gouvernement Belge. Liège (Belgique) 4, Boulevard Piercot. Prospekty są wydane w czytelni P. T. P.

XXVI Kongres międzynarodowego Związku tramwajów, kolei lokalnych i publicznego transportu samochodowego odbędzie się w dniach 16 do 22 lipca b. r. w Zurychu i Bernie Szwajcarskim i będzie poświęcony zagadnieniom wchodzącym w zakres zainteresowań Związku.

Pierwszy Polski Zjazd Spawalniczy odbył się w Warszawie w dniach od 21. do 23. IV. 1939 r.

Zjazd rozpoczął się posiedzeniem plenarnym w auli Politechniki Warszawskiej, który zajął prof. dr inż. Stefan Bryła, podkreślając znaczenie spawalnictwa dla dobra Państwa i dla rozwoju przemysłu metalowego, budowlanego i uzbrojeniowego.

Przewodniczącym Zjazdu został obrany dr Alfred Szner, znany i zasłużony działacz z dziedziny spawalnictwa. Wygłoszone zostały referaty prof. dr inż. S. Bryły, dr A. Sznera i inż. Tułacza na tematy ogólnie społeczne oraz w sprawie budowy „Domu spawania“.

Obrazy Zjazdu podzielone zostały na pięć sekcji:

1. Zagadnienia ogólne.
2. Urządzenia i materiały.
3. Zagadnienia wytrzymałościowe i materiałoznawcze.
4. Spawanie w budowie maszyn, zbiorników i kotłów, i
5. Spawanie w konstrukcjach inżynierskich.

Obrazy sekcji I obejmowały 9 referatów, które na wniosek przewodniczącego sekcji inż. Szwabowicza zostały podzielone na grupy dyskusyjne według pokrewnych tematów. Po wygłoszeniu pierwszej grupy referatów dyskusja nie rozwinęła się zupełnie — prawdopodobnie na skutek zbyt ogólnego potraktowania referatów — co nie wzbudziło zbyt dużego zainteresowania słuchaczy.

Słaba stosunkowo dyskusja nastąpiła po referacie inż. S. Paleckiego p. t. „Spawanie odlewów żeliwnych i stalowych łukiem prądu stałego“, który został potraktowany indywidualnie. W dyskusji tej zabierali głos przedstawiciele warsztatów naprawczych, dla których temat ten był specjalnie interesujący. Poddane zostały krytyce niektóre metody naprawy za pomocą spawania, przedstawione przez referenta jako nowoczesne stosowane za granicą. Zostało stwierdzone, że zupełnie podobne metody

stosowane były w naszych warsztatach, już kilka lat temu. Dalsze referaty tej sekcji nie wzbudziły zainteresowania, gdyż nie podawały specjalnie ciekawych i nowych rzeczy. Wieczór odczytowy Stowarzyszenia Techników obejmował referaty „zagraniczne” inż. Yves Mercier z Paryża, prof. dr inż. Gotwalda Schapera z Berlina i inż. Nenado Loacos'a z Belgradu.

Inż. Mercier przedstawił najnowszy model palnika do hartowania i cięcia szyn, którego zalety polegają na tym, że uzyskuje się hartowanie powierzchniowe końca szyny do twardości 400 H_B , przy równoczesnym równomiernym jej spadku włąb przekroju szyny. Uzyskano to przez odpowiednie studzenie szyny wodą rozpryskiwaną za pomocą tlenu. Studzenie trwa do momentu zaprzestania ukazywania się pary tzn. do temp. ok. 100°. Ten sam palnik stosuje się do hartowania otworów w szynach na śruby. Stwierdzono, że sposób ten zapobiega powstawaniu pęknięć w tych miejscach. Dalsze zastosowanie palnika do cięcia szyn, ulepszone zastosowaniem układu dźwigniowego, dającego palnikami ruch po torze zbliżonym do profilu szyny, dzięki czemu uzyskano dużą ekonomię czasu i zużycia acetylenu i tlenu.

Czas przecięcia szyny o normalnym profilu wynosi 1½ minuty. Dalsze dwa referaty były bardzo rozwlekłe i zostały odczytane wprost w tłumaczeniu polskim.

Obrazy sekcji 3. Przewodniczył tej sekcji prof. dr inż. Łoskiewicz. Obejmowała ona dziewięć referatów, które jak poprzednie zostały podzielone na grupy dyskusyjne.

Po wygłoszeniu sześciu referatów nastąpiła dyskusja, która ograniczyła się wyłącznie do referatu inż. F. Stauba p. t. „Projekt oceny dobroci i klasyfikacji jakości spoiny”.

Na ogół uważano, że klasyfikacja jest celową i w dyskusji żądano rozszerzenia klasyfikacji dla oceny spawacza oraz włączenia jako dalszego czynnika czasu. Ponadto wysuwano wątpliwości co do podanych cyfr kwalifikacyjnych. W odpowiedzi inż. Staub umotywiował zajęte swoje dotychczasowe stanowisko i podkreślił, że dopiero po przeprowadzeniu większej ilości prób i zestawieniu wyników w formie wykresów częstotliwości można będzie podane cyfry zmienić wzgl. sprzecyzować.

Obrazy sekcji 4 pod przewodnictwem dr Sznera objęły dziewięć referatów, z których pierwsze cztery dotyczyły spawania stali kwasoodpornych. Dyskusja wykazała, że jakkolwiek spawanie cienkich blach kwasoodpornych jest opanowane, jednak nie daje jeszcze wyników pożądaných. Badania nad całkowitym rozwiązaniem tego problemu są stale prowadzone i idą w kierunku ustalenia najodpowiedniejszego składu materiału stosowanego do tych celów.

Posiedzenie plenarne w trzecim dniu zjazdu obejmowało referaty prof. Brillé z Paryża, prof. dr inż. I. Feszczenko - Czopińskiego, inż. J. Koziarskiego i dr inż. W. Poniża.

Dyskusja rozwinęła się jedynie po referacie inż. J. Koziarskiego p. t. „Współpraca pomiędzy konstruktorem spawalniczym, materiałowcą i warsztatem spawalniczym nad zagadnieniami korozji”. Dyskusja przybrała formy niejako obrony przedstawicieli przemysłu, który został zaatakowany przez referenta.

Referent poruszył sprawę oznaczania materiałów w prospektach wydawanych przez firmy. Specjalnie chodziło mu o klasyfikację materiału pod względem spawania. Określenie, że materiał „spawa się”, jak podają prospekty, nie może być traktowane bezkrytycznie przez konstruktora. Dopiero porozumienie się jego z materiałowcą i warsztatem spawalniczym oraz uzgodnienie warunków spawania jak i doboru materiałów dodatkowych może zapewnić poprawne wykonanie danego elementu i zapobiec powstawaniu korozji. Dotyczy to specjalnie materiałów łatwo korodujących, jak np. stop $AlMg$, dla którego referent przytoczył kilka ciekawych przykładów powstania korozji międzykrystalicznej, spowodowanej złym spawaniem jak i nieodpowiednim doбором materiałów.

Po referacie dr Poniża i uchwaleniu wniosków i dezyderatów przewodniczący dr Sehnerr zamknął Zjazd.

Skróty referatów pomieszczono w Zeszycie Zjazdowym „Spawania i Cięcia Metali”.

Inicjatywa budowy „Domu Spawania” (który należałoby nazwać „Instytutem”) jest bardzo cenną i winna znaleźć rychłą realizację.

W ogólności jeżeli chodzi o organizację Zjazdu, to nie stała ona na poziomie najwyższym. Jako główną wadę należy uważać pewne przedkładanie referatów i zbyt

ich rozwlekłość. Niekiedy referaty pokredne odbywały się w tym samym czasie w różnych sekcjach i przez to uniemożliwiały dyskusję zainteresowanych, którzy musieli wybrać jeden tylko z tematów. Rozwlekłość, to była rzecz nagminna, każdy z referentów uważał za święty obowiązek powiedzieć możliwie najwięcej, chociażby to były rzeczy znane powszechnie lub też powtarzane nawet w czasie referatu. Mało było referatów wygłoszonych krótko, treściwie i ze swadą. To przewlekanie było też powodem braku dyskusji po referatach. Na przyszłość należałoby referaty zamieszczać w Zeszycie Zjazdowym albo w całej osnowie, albo tylko w obszernym streszczeniu i dyskusję ograniczyć tylko do wniosków referenta. Taka wymiana myśli byłaby z korzyścią dla większości uczestników zjazdu, a równocześnie przyczyniłaby się do skrócenia czasu trwania obrad właściwych.

Równocześnie ze Zjazdem czynna była wystawa potraktowana jako przegląd wyrobów firm wytwarzających wyroby z dziedziny spawania.

Na ogół Zjazd przyniósł korzystną wymianę myśli fachowców z tej dziedziny i niewątpliwie przyczyni się do dalszego rozwoju spawania w Polsce.

M. S. D. delegowała na Zjazd inż. M. Popiela, Fr. Stauba i as. T. Hankiewicza.

Precz z hałasem. Hałas męczy i przeszkadza w pracy, co gorsza — wielki hałas z towarzyszącymi mu wibracjami działa szkodliwie na organizm i spowodować trwałe zmiany chorobowe, aż do silnej głuchoty. Objawy „nerwowości” takie, jak drżenie rąk, bladeść skóry, zaburzenia w pulsie, depresja psychiczna z jednoczesnym zwiększeniem pobudliwości — o ile występują u osób pracujących w hałasie — badacze naukowcy przypisują również w znacznej mierze działaniu wibracji.

Do niedawna hałas uważaliśmy za zło nieuniknione, obecnie wymagania nasze wzrosły — przyzwyczajamy się do względnie ciszy na ulicach miast, np. w Warszawie, żądamy zmniejszenia hałasów w fabrykach i biurach. Należy jednak uświadomić sobie, że wymagania te stawia dzisiejsza technika, doprowadzona w precyzji do subtelności nieznanych poprzednim pokoleniom. Aby przyrząd precyzyjny sprawnie działał, musi się z nim „po ludzku” obchodzić człowiek i z kolei ten sam człowiek musi być oszczędzany, żeby jego słuch, wzrok i dotyk nie zawiodły. Aby silnik lotniczy był wykonany idealnie, aby uniknąć w wysięgu pracy straty materiału i czasu, trzeba usuwać z warsztatów pracy wszystkie czynniki szkodzące maszynom, wytworom oraz — co jest również ważne — samym ludziom.

W trosce o wygranie wyścigu pracy kraje zachodnioeuropejskie podjęły walkę ze wszystkimi czynnikami, szkodzącymi w pracy, m. in. z hałasem. Walkę tę prowadzi dosłownie wszędzie: w fabrykach, sklepach i magazynach, w biurach, w ruchu kołowym — przy tym starają się ochraniać wszystkich wchodzących w skład „materiału ludzkiego” stosowanego w produkcji, nawet wykonywujących najcięższe roboty, a więc np. nitowników.

Oto jeden z przykładów. W warsztatach kolejowych w Cottbus w hali naprawy kotłów panował stale hałas przekraczający granicę szkodliwości, obliczoną przez higienistów dość wysoko, bo aż na 90 tzw. fonów. Stwierdzono, że przeciętnie pracuje przy nitowaniu 10 młotków pneumatycznych, wytwarzających hałas o natężeniu dochodzącym do 130 fonów. Od hałasu tego cierpieli robotnicy zatrudnieni w liczbie 90 przy innych robotach w tej samej hali. Hałasu od nitowania usunąć się nie da, można go jednak ograniczyć w czasie. Po zbadaniu, że 20 młotków kujących jednocześnie wytwarza hałas nie wiele większy niż 10 młotków, czas pracy ułożono jak następuje: 2½ godziny hałasu (nitowania), 15 minut przerwy w pracy, 2½ godziny prac cichszych (okres ten podwyższono stopniowo do 3½ godzin), 15 minut przerwy w pracy i znowu okres pracy w wielkim hałasie. Takie zorganizowanie pracy zmusiło do zatrudnienia nitowników przy innych robotach, a więc usunęło równocześnie monotonię i jednostronność wysiłku. Stan zdrowia robotników, spośród których wielu cierpiało na bezsenność, poprawił się znacznie. Oczywiście, wydajność pracy utrzymano w pełni.

Przykład powyższy dotyczy ograniczania hałasu w czasie. Jednocześnie technicy, wspólnie z higienistami nie ustają w pracy badawczej, mającej na celu zmniejszenie hałasu do minimum. Ciekawe są np. próby stosowania tłumików na piłach tarczowych, których dźwięk bywa szczególnie donośny. (Kom. Inst. S. S. Nr 9 — 1939.

Celuloza z węgla brunatnego. W węglu brunatnym znajdują się często składniki niezupełnie zwęglone. Przy fabrykacji brykietów musi się takie części zdrewniałe usuwać, a znajduje się w nich do 40% błonnika. Za pomocą chemicznej przeróbki utrzymuje się w ten sposób 15 do 25% celulozy. Jest to znacznie mniej, niż z drewna, ale zato surowiec jest znacznie tańszy. Ten sposób fabrykacji celulozy może oszczędzić znaczne ilości drzewa.

Samochody na drogach kuli ziemskiej z końcem roku 1938. Pisma poświęcone automobilizmowi i turystyce podają statystykę samochodów za rok 1938., przy czym konstatują słaby ich przyrost. We wszystkich częściach świata kursowało w tym roku 42,942.387 samochodów, co wskazuje na przyrost 400 tysięcy sztuk, gdy w r. 1937 przyrost ten wynosił ponad 2 $\frac{1}{2}$ miliona. Stany Zjednoczone A. P. posiadały 29,211.632 pojazdy, gdy rok przedtem było ich 29,649.270. Występuje tu przesył i zmniejszenie o 438 tysięcy. Reszta Ameryki bez Stanów Zjednoczonych liczyła 2,214.318 (w roku 1937: 2,105.190); Europa 9,063.473 (8,455.577); Australia i Oceania 1,128.637 (1,052.511), Azja 666.530 (666.719); Afryka 635.755 (619.867).

W Europie w zeszłym roku posiadała Anglia 2,545.294 samochodów, Francja 2,250.000, Niemcy 1,707.496. Polska posiada 55.000 zarejestrowanych samochodów, w co są wliczone i motocykle, czego nieuwzględniają inne statystyki.

Autostrada Moskwa—Mińsk. Rząd sowiecki przystępuje do budowy nowoczesnej, prawie prostolinijnej, 700 km długiej autostrady Moskwa—Mińsk. Również przewidziana jest przy tej drodze budowa warsztatów reperacyjnych i stacji benzynowych, a skrzyżowania z innymi drogami będą prowadziły popod i nad autostradę. („Kury. Kom. i Turyst.” 18/1939).

Samolot popularny. W Hamburgu fabryka wagonów wyprodukowała mały samolot, który będzie kosztował około 5000 marek. Będzie on odpowiadał wszelkim warunkom bezpieczeństwa lotów, posiada dwa czterocylindrowe silniki (50—53 M. R.) i osiąga szybkość 195 km/godz. („Kury. Kom. i Turyst.” 18/1939).

Inż. A. W. Krüger.

Lato 1939 na liniach „Lotu“. Z dniem 15 kwietnia br. wszedł w życie letni rozkład lotów, który przynosi dość znaczne rozszerzenie sieci „Lotu“.

Linie przewidziane przez nowy rozkład podzielić można na trzy grupy:

I. Linia międzykontynentalna Warszawa—Bagdad.

II. Linie międzynarodowe europejskie.

III. Linie krajowe.

Słaby mur naszej granicy wschodniej uniemożliwia naszym lotnictwu komunikacyjnemu wykonywanie jego naturalnego, z położenia geograficznego wynikającego, zadania, jakim jest obsługa tranzytu Zachód—Wschód.

Zachodnia Europa odczuwa jednak nadal potrzebę tego tranzytu w stosunku do szybko rozwijających się pod względem gospodarczym i kulturalnym krajów Bliskiego Wschodu (Turcja, Egipt, Palestyna, Syria i Liban, Irak, Iran).

W stosunku do tego tranzytu położenie Polski nie jest już tak korzystne, ponieważ szlak najkrótszy z Zachodniej Europy na Bliski Wschód przebiega obecnie bardziej na południe (znowu ze względu na zamknięcie granicy sowieckiej). Tym niemniej Polska może przez stworzenie szybkiej i dogodnej komunikacji ściągnąć część tego tranzytu na swoje linie. Poza tym pozostają do obsłużenia potrzeby komunikacyjne krajów skandynawskich, bałtyckich oraz samej Polski, której zainteresowania gospodarcze krajami Bliskiego Wschodu będą niewątpliwie wzrastać.

Tym celom służy linia Warszawa—Ateny—Bejrut—Bagdad*), łącząca się z linią angielską Londyn—Berlin—Warszawa.

Dzięki dalekim przelotom bez lądowania linia wykazuje w całej pełni możliwości samolotów Lockheed 14 i daje na odległości ok. 4.000 km połączenia tak szybkie, że konkurencja lądowo-wodnych środków komunikacji praktycznie dla niej nie istnieje.

Linie międzynarodowe europejskie. Wszystkie dotychczas istniejące linie tej grupy są krótkoskokowe i mają za zadanie połączenie łańcuchowe jak

największej liczby ośrodków gospodarczych i politycznych z punktami węzłowymi komunikacji lotniczej.

Linii takich jest cztery:

a) Helsinki—Tallin—Ryga—Kowno—Wilno—Warszawa—Kraków—Budapeszt.

b) Rzym—Wenecja—Zagrzeb—Budapeszt—Warszawa—Gdynia.

Obie te linie, uzupełniając się nawzajem, stanowią połączenie lotnicze krajów północno-wschodnich z Włochami, Jugosławią i Węgrami, które dotąd istniało tylko drogą okrężną przez Berlin.

Naturalnym przedłużeniem tej linii byłoby połączenie Gdyni ze Skandynawią.

c) Warszawa—Lwów—Czerniowce—Bukareszt—Sofia—Saloniki—Ateny.

Linia ta ma rozmaite zadania: obsługa łańcuchowa państw bałkańskich, zbieranie poczty i pasażerów dla linii międzykontynentalnej, wreszcie dublowanie tej ostatniej w razie jej przecięcia.

d) Linia Warszawa—Poznań—Berlin ma za zadanie uzyskanie w Berlinie połączeń z możliwie największą ilością linii, wychodzących wachlarzem na zachód z tego wielkiego portu.



Obecnie Warszawie brakuje długoskokowych bezpośrednich połączeń z wielkimi ośrodkami gospodarczymi i bazami komunikacji transatlantycznej na Zachodzie Europy. Zadanie to będzie częściowo spełniać linia angielska Londyn—Berlin—Warszawa, ale tego połączenia nie można uważać za wystarczające.

Linie krajowe. Przewidziane są dwie linie: Warszawa—Katowice, pozwalająca przybyć do Warszawy rano i powrócić przed wieczorem do Katowic, oraz drugie, sezonowe połączenie, na odcinku Warszawa—Gdynia, obsługujące od 1 lipca do 15 sierpnia ruch turystyczny.

Inne szlaki komunikacyjne krajowe obsługiwane są jedynie przez odpowiednie odcinki krótkoskokowych linii międzynarodowych. Jest to tylko kompromis. Zagadnienie komunikacji krajowej nie znalazło dotychczas w Polsce zadowalającego rozwiązania z powodu braku stosownego sprzętu.

Długość sieci wynosić będzie w r. 1939 8940 km.

Nowy rozkład daje korzystne połączenie Londyn—Bagdad w 30 godzin, z czego 6,5 godziny przypada na odpoczynek w Warszawie. Ten sam przelot linią angielską, francuską lub holenderską trwa przeszło dwie doby z dwoma noclegami po drodze. Start z Warszawy do Bagdadu następować będzie o godz. 01,00 (w nocy), tak aby przed wieczorem osiągnąć Bagdad. W ten sposób rozszerzenia doznają stopniowo nocne loty, które na naszych liniach zapoczątkowane były dotychczas przez wieczorny przylot z Berlina.

Podróż z Helsinek do Budapesztu trwać będzie 9 godzin, w tym 1,5 godziny na obiad w Warszawie. To po-

*) Bejrut—Bagdad w projekcie.

łączenie jest również bezkonkurencyjne, ponieważ podróż powietrzna przez Berlin trwa półtora doby (z nocowaniem), zaś podróż koleją (i statkiem) dwie i pół doby (62,5 godz.).

Z Rzymu do Gdyni przelatywać będziemy w 9,5 godz., do Gdańska w 10 godzin, podczas gdy na przejazd koleją zużyć trzeba 45 godzin.

Reasumując powiedzieć można, że uczyniony został dalszy krok na drodze do racjonalizacji naszej sieci. Racjonalne ukształtowanie sieci w trudnych geopolitycznych warunkach europejskich nie jest zadaniem łatwym, bowiem kierunki linii wytyczania nie mogą być wytyczane swobodnie w zależności od potrzeb gospodarczych, lecz muszą lawirować pośród żądań, przepisów prawnych, granic i stref zakazanych poszczególnych państw. (Przeł. Kom. Lotniczej Nr 1. 1939).

Sprawy Towarzystwa

Protokół z posiedzenia Wydziału Głównego P. T. P. z dnia 24. IV. 1939 r.

Obecni: Prezes prof. dr Nadolski, wiceprezesi: inż. Nosowicz, inż. Kozłowski, 10 członków Wydziału, przewodn. Sekcji Inż. Bud. i Drog., przewodn. Sekcji Elektryków i Red. „Czasopisma Technicznego“

1. Protokół z ostatniego posiedzenia z dnia 3 kwietnia br. po odczytaniu przyjęto.

2. Wydział Główny P. T. P. wybrany na Walnym Zebraniu dnia 22 marca br. ukonstytuował się następująco:

Sekretarz i gospodarz lokalu: inż. Stanisław Korniński. — Zast. sekretarza i gosp. lokalu: dr inż. Robert Szewalski. — Skarbnik: prof. dr Edmund Wilczkiewicz. — Zast. skarbnika: inż. Jan Dziewoński.

Po dyskusji nad wyborem skarbnika na podstawie jedynomyślnej uchwały postanowiono zwrócić się do prof. dr Wilczkiewicza z prośbą o przyjęcie tej godności.

Administrator domu: prof. inż. Dyonizy Krzyczkowski. — Zast. administratora domu: inż. Franciszek Przewirski. — Bibliotekarz: inż. Władysław Ostrowski. — Doradca fachowy: inż. Tytus Laskiewicz. — Redaktor i Administrator „Czasopisma Technicznego“ inż. Tytus Laskiewicz.

a) Na Walnym Zebraniu Muzeum Techniki i Przemysłu w Warszawie dnia 5 kwietnia br. był obecny w charakterze delegata P. T. P. inż. Kazimierz Górski.

b) Stow. P. Inż. Przem. Naftowego w Borysławiu zawiadomiło o ukonstytuowaniu się nowego Wydziału. Prezesem jest inż. Tadeusz Reguła, wiceprezesami inż. Alojzy Zmigrodzki i inż. Ignacy Piątkiewicz.

5. Sprawozdanie z posiedzenia Rady Głównej N. O. I. z dnia 15 i 16 kwietnia br. składa wiceprezes inż. Kozłowski.

Wysłano z N. O. I. telegram do Marszałka Polski Edwarda Śmigłego-Rydza w związku z akcją Obrony Narodowej.

Członek Prezydium N. O. I. zasiada w Komitecie Pożyczki Obrony Przeciwlotniczej w sekcji inżynierskiej Wydziału Wolnych Zawodów, celem opracowania norm subskrypcji pożyczki.

Postanowiono nawiązać kontakt z ogólnopolskim Komitetem Wystawy Powszechnej, która ma się odbyć

w Warszawie w 1944 r., a której celem będzie zobrazowanie dorobku 25-lecia Niepodległości.

Członkowie Prezydium N. O. I. brali udział w pracach Akademii Nauk Technicznych — Polskiego Słownika Techn., Instytutu popierania wynalazczości przy Muzeum Techniki i Przemysłu, Ligi Morskiej w sprawie regulacji Wisły, Komitetu O. Przeciwlotniczej itp.

Nawiązano kontakt ze Stowarzyszeniem Inżynierów Mierników. Na najbliższym posiedzeniu Rady Głównej Prezydium postawi wniosek o przyjęcie do N. O. I. Stowarzyszenia Inżynierów w Kielcach.

Dnia 20 lutego br. odbyło się zebranie w sprawie projektu ustawy naftowej. Postanowiono następnie zorganizować w Warszawie cykl wykładów ekonomiczno-gospodarczych jakoteż zapoznać się z istniejącą na Śląsku organizacją opieki inżynierskiej nad drobną wytwórczością przemysłową. Zamierzone jest zwołanie zebrania w sprawie kopalnictwa węglowego.

Komisja Akcji odbyła kilka zebrań z Wawelberczykami, Chemikami z uniwersyteckim wykształceniem, technikami oraz członkami Komisji Oświatowej Sejmu i Senatu. Ostatecznie uchwalono projekt kompromisowy z tym zastrzeżeniem, że techniczne wyższe szkoły nieakademickie powinny być zlikwidowane. Ważnym postanowieniem tego nowego projektu jest ta okoliczność, że niektóre kategorie zwłaszcza Wawelberzycy są zwolnieni od egzaminu a nawet w pewnych kategoriach od sprawdzania, poza tym stworzono możliwość uzyskania dyplomów po odbyciu odpowiedniej praktyki i po odpowiednim egzaminie tym studentom, którzy otrzymali pół dyplomu.

Komisja do Spraw Obrony Państwa — podjęła akcję w sprawie skrócenia czasu trwania kursów organizowanych przez L. O. P. P. na instruktorów 2-jej kategorii dla inżynierów, po złożeniu egzaminu wstępnego, do którego byłoby wystarczającym przygotowaniem się z podręczników wskazanych przez L. O. P. P.

Komisja Wydawnicza I. P. Kongresu Inżynierów we Lwowie ukończyła swoje prace wydając referaty sekcji II do VII. Sekcja I i VIII nie nadesłały swoich referatów i prace jej nie zostaną wydane drukiem.

Dyskusja nad projektem statutu N. O. I. nie została zakończona.

Co do dyskusji nad sprawozdaniem Komisji Akcji przedłożonym na omawianym posiedzeniu N. O. I. uchwalono wystosować pismo do Komisji Akcji z protestem przeciw daleko idącemu kompromisowi w stosunku do Wawelberczyków, którzy uzyskiwać będą mogli tytuł inżyniera bez egzaminu a nawet bez sprawozdania dyplomowego i zażądać nadesłania tekstu nowego projektu kompromisowego.

6. Uchwalono zainicjować akcję mającą na celu utworzenie Oddziału P. T. P. w Rzeszowie.

Uchwalono uprosić prelegentów do wygłaszania odczytów w Oddziałach P. T. P.

Na wniosek dr Szewalskiego uchwalono zwrócić się do poszczególnych Sekcji z prośbą o podawanie do „Czasopisma Technicznego“ notatek i streszczeń z odczytów.

KOMUNIKAT

XI Walne Zgromadzenie Stowarzyszenia Elektryków Polskich odbędzie się w Katowicach i Cieszyźnie w dniach 18—21. VI. 1939 r.

„CZASOPISMO TECHNICZNE“ WYCHODZI 10-go i 25-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:	Adres Redakcji i Administracji:	Przy ogłoszeniach powtarzanych udziela się następujących opustów:
1/1 str. zł. 240; 1/2 str. zł. 140	Lwów ul. Zimorowicza l. 9.	2-krotnie 10% 3-krotnie 12%
1/4 „ „ 80; 1/8 „ „ 50	Telefon Redakcji 226-60. Telefon	4- „ 15% 6- „ 20%
1/16 „ „ 30; 1/32 „ „ 20	Redaktora 236—46 Konto P. K. O.	10- „ 25% 12- „ 30%
Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zaofiarowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.	511.738.	18- „ 40% 24- „ 50%
	Prenumerata w kraju: rocznie zł. 32; kwartalnie zł. 8.	Dla ogłaszających się stale, zmiany w tekstach ogłoszeń są bezpłatne.
	Cena pojedynczego zeszytu zł. 1.60.	