

TREŚĆ: Od Redakcji. — Inż. St. Ochęduszek: Wpływ warunków pomiarowych na ciepło spalania gazów. — Inż. W. Wiśniewski: Niektóre obliczenia z dziedziny analizy gazów i opalania. — Inż. J. Wójcicki: Gaz ziemny jako paliwo. — Inż. M. Mogilnicki: Gazol jako paliwo. — Inż. Z. Ziolkowski: Problem chemicznej przeróbki gazu ziemnego w przemyśle. — Prof. R. Witkiewicz: O nauce pomiarów technicznych dla chemików. — Dr. Inż. W. Aulich: Na pograniczu między chemją a budową maszyn. — Recenzje i krytyki. — Sprawy Towarzystwa.

Od Redakcji.

Z okazji III. Zjazdu Chemików Polskich, który ma się odbyć w dniach 24—25 czerwca b. r. we Lwowie, postanowiła grupa inżynierów-mechaników, pracujących w lwowskich instytucjach naukowych i przemysłowo-badawczych — Politechnika Lwowska, Stowarzyszenie Dozoru Kotłów, Instytut Gazowy S. z O. O. — przygotować kilka referatów z zakresu dziedzin leżących na pograniczu mechaniki i chemji, aktualnych na tutejszym terenie. Dotyczą one przeważnie technologii gazu ziemnego (ich spalania i technicznego użytkowania), obejmują jednak również pewne problemy z zakresu troskliwie uprawianego we Lwowie szkolenia inżynierów-chemików. Wynikają one ze specjalnego nastawienia się tutejszych chemików i mechaników do zgodnej najintensywniejszej współpracy dla dobra Najjaśniejszej Rzeczypospolitej Polskiej.

Redakcja „CZASOPISMA TECHNICZNEGO“, chcąc ułatwić pracę w czasie obrad zjazdowych, ofiarowuje chętnie swoje łamy dla powyższych referatów, a wydając niniejszy zeszyt wita nim serdecznie III. Zjazd Chemików Polskich.

Inż. Stanisław Ochęduszek

Adjunkt Politechniki Lwowskiej.

Wpływ warunków pomiarowych na ciepło spalania gazów.

Celem tego referatu jest wykazanie, że wartość opałowa tego samego gazu nie jest wielkością stałą, i zależy nie tylko od rodzaju spalania (pod stałym ciśnieniem, w stałej objętości) i od temperatury odniesienia, co dotychczas było znane, ale i od nadmiaru powietrza oraz od jego wilgotności i zanieczyszczeń.

Ciepło spalania czyli t. zw. górna wartość opałowa gazu jest to ta ilość ciepła, która wyswobodzi się przez zupełne spalanie (a więc chemicznego węgla C na CO_2 , zaś wodoru H na H_2O) jednostki masy suchego gazu palnego po oziębieniu produktów spalania do temperatury początkowej t. j. tej temperatury, którą posiadała mieszanka (palna) gazu palnego i powietrza przed zapaleniem jej. Temperaturę początkową możemy dowolnie zmieniać, podgrzewając oddzielnie gaz i powietrze do tej samej temperatury. Temperaturę początkową mieszanki palnej nazywać będziemy temperaturą odniesienia ciepła spalania. Ilość gazu mierzyć można w normalnych metrach sześciennych, w kilogramach lub molach. Najdogodniejszą jest znajomość drobinowego ciepła spalania $\bar{Q} \cdot H$ t. j. tego ciepła, które uzyskamy przez spalanie jednego mola gazu palnego, gdyż z wartości tej łatwo dochodzimy do ciepła spalania h z 1 kg lub H z 1 nm^3 , wiedząc, że 1 mol waży μ (ciężar drobinowy) kg i zajmuje objętość $\bar{Q} nm^3$. Np. 1 mol wodoru t. j. 2,016 kg ma objętość $\bar{Q} = 22,4 m^3$ w temperaturze $0^\circ C$ i pod ciśnieniem 760 mm rt. Podane ciśnienie i temperatura przedstawiają warunki termiczne gazu uznane przez fizyków za normalne.

Rozważania dalsze dotyczyć będą pomiaru ciepła spalania zapomocą kalorymetru przepływowego t. j. kalorymetru typ Junkers'a, normalnie używanego w kalorymetri gazów. Do kalorymetru dopływa badany gaz, mierzony zapomocą gazomierza mokrego oraz powietrze z otoczenia; w kalorymetrze mieszanka ta spala się, poczem spaliny oziębiają się, oddając swe ciepło wodzie. Spaliny winne opuścić kalorymetr z temperaturą równą temperaturze mieszaniny gazu palnego i powietrza przed kalorymetrem. Nadmiar wody nad ilością pary potrzebną do zupełnego nasycenia spalin wycieka na zewnątrz osobną rurką jako kondensat. Z ilości wody

podgrzanej i przyrostu jej temperatury oblicza się ciepło spalania. Spalenie odbywa się tutaj pod stałym ciśnieniem (barometrycznym) a ciepło spalania uzyskane w ten sposób $\bar{Q} H_p$ jest większe, aniżeli ciepło spalania w bombie kalorymetrycznej o stałej objętości.

Normalnie zarówno gaz palny jak i powietrze są wilgotne t. j. zawierają pewną ilość pary wodnej $G_m kg/mol$ gp. Przez spalanie gazu palnego zawierającego wodor, otrzymuje się wodę chemiczną $G_{ch} kg/mol$ gp., a zatem spaliny z 1 mola gazu palnego będą posiadały w sumie: $G_s = G_m + G_{ch} kg$ wody/mol gp.

Jeżeli pominiemy nieznaczną wymianę ciepła płaszcza kalorymetru z otoczeniem, to w myśl I. zasady termodynamiki — zgodnie z podaną już definicją ciepła spalania — drobinowe ciepło spalania równa się różnicy między energją wilgotnej mieszanki palnej a energją wilgotnych spalin, dla tej samej temperatury odniesienia. Energją mieszaniny gazu z parą wodną składa się z energii suchych składników gazowych E i energii pary wodnej I . Dla odróżnienia oznaczymy wielkości dotyczące mieszanki palnej wskaźnikiem m , zaś dotyczące spalin wskaźnikiem s . Wówczas:

$$\bar{Q} \cdot H_p = E_m + I_m - E_s - I_s = E_m - E_s + I_m - I_s \text{ kal/mol gp.} \quad (1)$$

Energja gazów równa się:

$$E = m \cdot \left(\mu c_p \Big|_0^T \right) \cdot T + m \cdot b \quad \dots \quad (2)$$

$$= m \cdot \left(\mu c_p \Big|_0^T \right) \cdot T + B \text{ kal/mol gp.,} \quad (2a)$$

gdzie oznaczają:

m ilość moli gazu,

$T^\circ K$ absolutną temperaturę gazu,

$\mu \cdot c_p \Big|_0^T = \mu c_v \Big|_0^T + 1,987 \text{ kal/mol}^\circ K$ średnie drobinowe ciepło właściwe gazu pod stałym ciśnieniem, dla zakresu temperatur od $0^\circ K$ do $T^\circ K$,

$b \text{ kal/mol}$ pewną stałą całkowania, która uwzględnia inne rodzaje energii zawarte w 1 molu gazu poza

jego ciepłikiem: $\mu c_p \Big|_0^T \cdot T$.

Energję pary wodnej wyraża równanie:

$$I = G \cdot i_a, \quad (3)$$

gdzie:

G kg przedstawia ciężar pary wodnej, zaś i_a kal/kg absolutny ciepłik pary, t. j. tę ilość ciepła, którą otrzymalibyśmy, gdybyśmy $1 kg$ pary wodnej skroplili pod stałym ciśnieniem, wodę zamienili w lód a następnie lód oziębili do $0^\circ K$.

Absolutny ciepłik pary wodnej przegrzanej i pary nasyconej suchej oblicza się na podstawie równania:

$$i_a = i_0 + 595 + 0,46 t \quad (4)$$

i_0 kal/kg , to absolutny ciepłik wody w temperaturze $0^\circ C$, zaś.

$t^\circ C$, to temperatura pary.

Z równania tego widać, że ciepłik pary jest funkcją tylko temperatury.

Równanie to jest ważne dla par pod niskim ciśnieniem cząstkowym t. j. takich par, z jakimi w naszym rachunku mamy do czynienia.

Jeżeli natomiast para znajduje się w stanie nasyconym mokrym t. zn. jeżeli w $1 kg$ pary mamy $x kg$ pary nasyconej suchej i $(1-x) kg$ wody, to wiedząc, że ciepło właściwe wody równa się 1, dojdziemy do relacji:

$$i_{ax} = i_0 + (1-x)t + x(595 + 0,46 t) \\ i_{ax} = i_0 + t + x(595 - 0,54 t), \quad (5)$$

$x < 1$, zatem ciepłik pary mokrej jest mniejszy od ciepłika pary nasyconej suchej.

Ilość pary wodnej, zawartej w pewnej masie gazu suchego, wyznaczamy na podstawie prawa Dalton'a.

Oznaczmy przez:

V nm^3 : objętość gazu suchego w warunkach normalnych ($0^\circ C$, $760 mm$);

$\varphi = p/p_n$: wilgotność względną jako stosunek ciśnienia cząstkowego pary p mm rt. do ciśnienia pary nasyconej p_n mm rt. w danej temperaturze $t^\circ C$;

b mm rt.: stan barometryczny;

$\gamma = \varphi \cdot \gamma_n$ kg/m^3 : ciężar właściwy pary wodnej, gdzie γ_n jest cięż. właśc. pary nas. suchej,

to po zastosowaniu równania charakterystycznego dla gazów, otrzymamy:

$$G = V \frac{273+t}{273} \cdot \frac{760}{b-\varphi \cdot p_n} \cdot \varphi \cdot \gamma_n.$$

Dla par pod niskim ciśnieniem możemy napisać:

$$\frac{13,5 \cdot p_n}{\gamma_n} = 47,1 (273+t) \quad \text{lub} \quad \gamma_n = \frac{13,5 p_n}{47,1(273+t)}, \quad \text{zatem}$$

$$G = V \frac{760}{273} \cdot \frac{273+t}{b-\varphi \cdot p_n} \cdot \varphi \cdot \frac{13,5 p_n}{47,1(273+t)} = \\ = C \cdot V \cdot \left(\frac{b}{\varphi \cdot p_n} - 1 \right) \quad (6)$$

Ilość pary wodnej zawartej w danej mieszaninie gazowej rośnie linjowo z ilością gazu V , a jest odwrotnie proporcjonalna do wyrażenia:

$$\left(\frac{b}{\varphi \cdot p_n} - 1 \right)$$

t. zn. im większa wilgotność względna φ i im większe p_n , a tem samem im wyższa temperatura mieszaniny gazowej t , tem większe ilości pary zawiera w sobie ta sama masa gazu.

Para wodna zawarta w mieszaninie może być w stanie przegrzania, w stanie nasyconym suchym lub w stanie nasyconym mokrym. Niech ilość pary nasyconej suchej w danej masie gazu V i w danej temperaturze t wynosi:

$$G_n = C \cdot V / (b/p_n - 1).$$

Jeśli ilość pary wodnej rzeczywiście występującej w mieszaninie:

a) $G < G_n$, wówczas $\varphi < 1$ (100%), para znajduje się w stanie przegrzanym;

b) $G = G_n$, wówczas $\varphi = 1$, para jest nasycona sucha $x=1$. Temperaturę, w której ta równość zachodzi nazywamy „punktem rosy“ mieszaniny gazowej;

c) $G > G_n$, wówczas mamy do czynienia z parą nasyconą mokrą; ilość pary nasyconej suchej jest taka sama, jak w przypadku b), zaś $x = G_n/G < 1$. Wilgotność względna $\varphi = 1$, gdyż ciśnienie cząstkowe pary nasyconej mokrej równa się ciśnieniu pary nasyconej suchej. Z mieszaniny takiej wydzielać się będzie woda w ilości $(G - G_n) kg/V nm^3$ gazu.

Po tem przygotowaniu możemy przystąpić do interpretacji naszego zasadniczego wzoru (1) na ciepło spalania. Po uzupełnieniu, równanie to taką przybierze postać:

$$\Phi H_p^T = E_m - E_s + G_m i_{am} - (G_m + G_{c,h}) i_{as} + B_m - B_s,$$

$$\Phi H_p^T = E_m - E_s + G_m (i_{am} - i_{as}) - G_{c,h} i_{as} + B_m - B_s \quad (1a)$$

Jeżeli wstawimy w naszym równaniu $T=0$, to otrzymamy ciepło spalania w 0 absolutnem:

$$\Phi H_p^0 = B_m - B_s,$$

gdyż ciepłik absolutny lodu w myśl III. zasady termodynamiki jest równy 0, a więc $I=0$. Wyrażenie $(B_m - B_s)$ nazywamy energją chemiczną 1 mola gazu palnego.

Załóżmy na wstępie, że mamy do czynienia z gazem bezwodnorodnym, spalany w powietrzu suchem. Wówczas:

$$\Phi H_p = E_m - E_s = \left[1 \cdot \mu_{O_2} \cdot c_p \Big|_0^T + \lambda \frac{1}{0,21} \cdot m_{O_2} (\mu_{2,atm} \cdot c_p \Big|_0^T) - \right. \\ \left. - m_{CO_2} (\mu_{CO_2} \cdot c_p \Big|_0^T) - \left(\lambda \cdot \frac{1}{0,21} m_{O_2} - m_{O_2} \right) (\mu_{2,atm} \cdot c_p \Big|_0^T) \right] T + \\ + B_m - B_s = \left[\mu_{O_2} \cdot c_p \Big|_0^T + m_{O_2} (\mu_{2,atm} \cdot c_p \Big|_0^T) - \right. \\ \left. - m_{CO_2} (\mu_{CO_2} \cdot c_p \Big|_0^T) \right] T + B_m - B_s.$$

W równaniu tem oznaczają:

m_{O_2} ilość moli tlenu potrzebną do spalania 1 mola gazu palnego;

m_{CO_2} ilość moli bezwodnika kwasu węglowego uzyskanych ze spalania 1 mola gazu palnego;

λ nadmiar powietrza, t. j. stosunek powietrza rzeczywiście użytego do ilości teoretycznie potrzebnego do spalania gazu palnego.

Z równania tego wynika, że ciepło spalania gazu bezwodnorodnego jest niezależne od nadmiaru powietrza. Z temperaturą odniesienia ciepło spalania zmienia się o tyle, o ile ulega zmianie różnica ciepła właściwego substratów i produktów spalania. Gdybyśmy mieli do czynienia z gazami doskonałymi o stałym cieple właściwym, ciepło spalania rosłoby prostolinijnie z temperaturą.

Niebawem zobaczymy, że spalanie węglowodorów z powietrzem wilgotnem zmieni charakter krzywej ciepła spalania w zależności od temperatury. Dla uproszczenia załóżmy stałe ciśnienia cząstkowe pary wodnej w powietrzu i w gazie palnym (φp_n), również nadmiar powietrza niech będzie ten sam. Wówczas ilość pary wodnej dopływającej do kalorymetru G_m , w myśl równania (6), nie ulega zmianie, a w związku z tem zawartość pary wodnej w spalinach G_s jest ta sama. Jak długo temperatura odniesienia jest niższa od punktu rosy spalin, $\varphi_s = 1$; a zatem, gdy temperatura zwiększa się, p_n rośnie, ilość pary nasyconej suchej w spalinach G_m będzie większa (p. równ. 6); również ciepłik i_{as} będzie rósł, gdyż $x = G_n/G_s$ jest większe. Ciepłik

pary w mieszance palnej i_{as} osiągnie również większe wartości, ale różnica:

$$\Delta i = i_{am} - i_{as} = (1-x)(595 + 0,46 t)$$

ze wzrostem temperatury maleje, jak wykaże poniższy rachunek.

Dla zakresu temperatur od $0^\circ C$ do $50^\circ C$ ciśnienie pary wodnej nasyconej w zależności od temperatury można wyrazić następującym wzorem:

$$p_n = e^{(C_1+t)/C_2} \text{ mm rt.}; \text{ stałe: } C_1=24, C_2=15,5.$$

Zatem:

$$x = C' \frac{e^{(C_1+t)/C_2}}{b - e^{(C_1+t)/C_2}},$$

zaś:

$$dx = C' \frac{e^{(C_1+t)/C_2}}{(b - e^{(C_1+t)/C_2})^2} dt = C' \frac{p_n}{(b - p_n)^2} dt.$$

gdzie:

$$C' = C' \cdot b / C_2.$$

Wiadomo, że:

$$\Delta i = (i_{am} - i_{as}) = (1-x)(595 + 0,46 t),$$

$$d(\Delta i) = (1-x)0,46 dt - (595 + 0,46 t) dx = (1-x)0,46 dt - (595 + 0,46 t) \cdot C' \cdot p_n / (b - p_n)^2 dt,$$

$$\frac{d(\Delta i)}{dt} = (1-x)0,46 - (595 + 0,46 t) C' \cdot (b/C_2) \cdot (p_n / (b - p_n)^2).$$

Stałą C' obliczymy z warunku, by dla punktu rosy $t = t_R$, $p_n = p_R$, wówczas $x = 1$.

$$1 = C' p_R / (b - p_R), \quad C' = (b - p_R) / p_R.$$

Więc:

$$\frac{d(\Delta i)}{dt} = 0,46 - 0,46 \left(\frac{b - p_R}{p_R} \right) \cdot \left(\frac{p_n}{b - p_n} \right) - (595 + 0,46 t) \cdot \left(\frac{b - p_R}{p_R} \right) \cdot \left(\frac{p_n}{b - p_n} \right) \cdot \left(\frac{b}{C_2} \right) \cdot \left(\frac{p_n}{b - p_n} \right)^2.$$

Aby wykazać, że $d(\Delta i)/dt$ stale ma wartość ujemną, przeliczmy taki przykład:

$$t_R = 60^\circ C, p_R = 0,203 \text{ ata}, b = 1 \text{ ata}, b - p_R = 0,797.$$

Dla $t = 0$, $p_n = 0,006 \text{ ata}$, $b - p_n = 0,994$,

$$\left(\frac{d(\Delta i)}{dt} \right)_{t=0} = 0,46 - 0,46 \frac{0,797}{0,203} \frac{0,006}{0,994} - 595 \frac{1}{15,5} \frac{0,797}{0,203} \frac{0,006}{0,994^2} = -0,4669.$$

Dla $t = t_R$:

$$\left(\frac{d(\Delta i)}{dt} \right)_{t=t_R} = - (595 + 0,46 t_R) \cdot \left(\frac{b}{b - p_R} \right) \cdot \frac{1}{C_2} = - (595 + 0,46 \cdot 60) \cdot \frac{1}{0,797} \cdot \frac{1}{15,5} = -50,8.$$

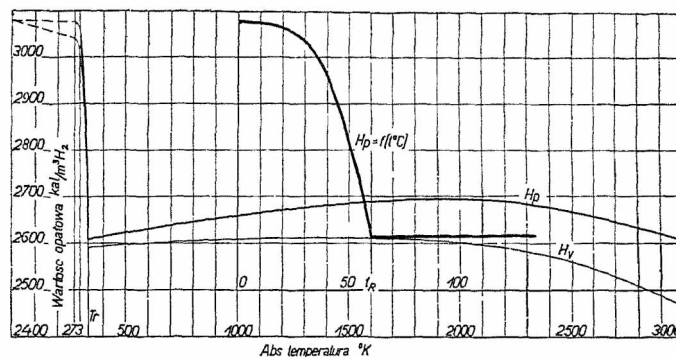
Stąd widać, jak gwałtownie spada Δi z temperaturą. Całkowity spadek różnicy energii pary wodnej z temperaturą daje równanie:

$$\frac{d(I_m - I_s)}{dt} = G_m \cdot \frac{d(\Delta i)}{dt} - G_{ch} \cdot 0,46.$$

A więc w równaniu (1) $(I_m - I_s)$ ze wzrostem temperatury silnie maleje i znaczenie przewyższa przyrost $(E_m - E_s)$ z racji wzrostu temperatury, tak, że w rezultacie ΦH_p gwałtownie spada. Spadek ten trwa aż do punktu rosy, poczem kondensat przestanie wyciekać z kalorymetru a ciepło spalania posłuszne jest prawu zmienności ciepła właściwego. Streszczając się możemy powiedzieć: Przez obniżanie temperatury odniesienia powodujemy wykraplanie się coraz to większych ilości pary wodnej a w związku z tem, oswabadzanie się coraz to większej ilości ciepła parowania i to właśnie ciepło tak wybitnie powiększa ciepło spalania gazu.

Jak zmienia się ciepło spalania wodoru z temperaturą, widać na rys. 1¹⁾. Powyżej i poniżej punktu rosy

ciepło spalania rośnie. W samym punkcie rosy ($t_R = 60^\circ C$) mamy charakterystyczne ostre załamanie krzywej.



Depth spalania wodoru pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości jako funkcje temperatury, dla nadmiaru powietrza $\lambda = 2$

Rys. 1.

Zobaczmy teraz, jaki wpływ na ciepło spalania ma wilgotność powietrza. Gaz palny, przepływając przez płótkę wodną i gazomierz mokry, nawilgaca się do 100% (w normalnych temperaturach otoczenia). Zatrzymajmy tę samą temperaturę odniesienia i ten sam nadmiar powietrza a zmieniamy tylko wilgotność powietrza φ_p . Ze wzrostem φ_p , w myśl równ. (6), przyrasta ilość pary wodnej płynącej z mieszanką G_m . O tyle zwiększy się zawartość pary wodnej w spalinach. Przypuśćmy, że temperatura odniesienia jest niższa od punktu rosy spalin (nawet w przypadku powietrza suchego), wówczas zachodzi zjawisko wyciekania kondensatu z kalorymetru. Ponieważ nadmiar powietrza jest ten sam, więc objętość spalin suchych nie ulega zmianie, a zatem ciężar pary nasyconej suchej w spalinach G_{sm} pozostaje ten sam. Ponieważ jednakowoż całkowita zawartość pary wodnej w spalinach wzrasta, więc ze wzrostem φ_p powietrza większe ilości kondensatu będą się tworzyć, $x = \frac{G_m}{G_s}$ pary nasyconej mokrej w spalinach maleje, a w związku z tem zmniejszy się ciepłik pary i_{as} (patrz równ. 5).

Ciepłik pary w powietrzu nie zmienia się, gdyż normalnie z wilgotnością powietrza dojść można maksymalnie do 100%.

Jeżeli przypatrzymy się równaniu (1a), to przekonamy się, że wyrażenie $[G_m(i_{as} - i_{am}) - G_{ch} i_{as}]$ rośnie, gdyż G_m rośnie, zaś i_{as} maleje. Zatem ciepło spalania musi rosnać ze wzrostem wilgotności powietrza, gdyż, jak wykazał nasz rachunek, większe ilości pary w spalinach skraplają się oddając swe duże ciepło parowania na zewnątrz. Jasnym jest, że wspomniane zjawisko wystąpi w większym stopniu, jeżeli nadmiar powietrza zwiększymy.

Powyżej punktu rosy spalin nie zachodzi zjawisko wykraplania się pary wodnej, a tem samem nie ujawni się wpływ wilgotności powietrza na ciepło spalania.

Dla wodoru przeliczono odnośne wielkości i zestawiono na wykresie 2.

Skolei zastanówmy się, czy i jak zmienia się ciepło spalania węglowodorów z nadmiarem powietrza wilgotnego. Poprzednio doszliśmy do tego, że nadmiar powietrza suchego nie wpływa na ciepło spalania gazów bezwodnorodnych. Niechaj wilgotność względna gazu palnego i powietrza nie zmienia się nadto przypuśćmy, że temperatura odniesienia jest ta sama i leży znacznie poniżej punktu rosy spalin. Wówczas ciepłik $i_{am} = \text{const}$.

Ilość pary wodnej zawartej w mieszance palnej wynosi:

¹⁾ Autora: „Wartość opałowa gazów z teoretycznego punktu widzenia“ (Czasopismo Techniczne — styczeń 1933).

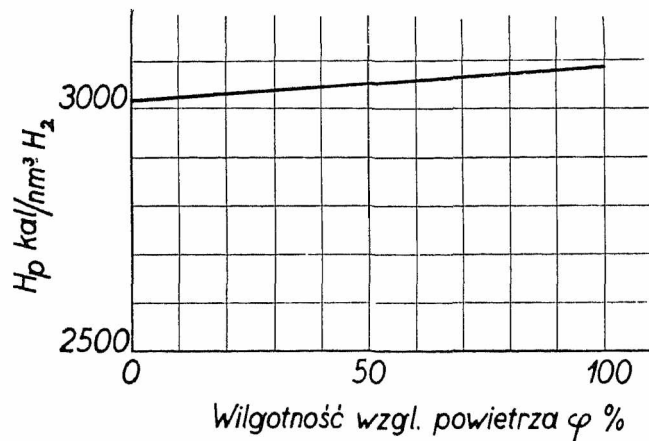
$$G_m = C \cdot V_g \frac{1}{b/(\varphi_g \cdot p_n) - 1} + C \cdot \lambda \cdot V_p \frac{1}{b/(\varphi_p \cdot p_n) - 1}.$$

V_g i V_p oznaczają normalne objętości 1 mola gazu palnego i teoretycznej ilości powietrza potrzebnej do spalania 1 mola gazu;

λ nadmiar powietrza;

φ_g i φ_p wilgotność względną gazu i powietrza;

p_n mm rt. ciśnienie cząstkowe pary nasyconej w temperaturze $t^\circ C$.



Rys. 2.

Ciepło spalania wodoru pod stałym ciśnieniem, jako funkcja wilgotności względnej powietrza dla $t=25^\circ C$, $\lambda=2$, $\varphi_g=100\%$.

Objętość spalin suchych wyraża równanie:

$$V_s = V_{CO_2} + \lambda \cdot V_p - V_{O_2}.$$

V_{CO_2} i V_{O_2} to normalne objętości utworzonego bezwodnika kwasu węglowego i teoretycznej ilości tlenu, która weszła w reakcję z 1 molem gazu.

Ilość pary wodnej nasyconej suchej w spalinach:

$$G_{s_n} = C(V_{CO_2} + \lambda \cdot V_p - V_{O_2}) \frac{1}{b/p_n - 1}.$$

Całkowita ilość pary w spalinach:

$$G_s = G_m + G_{c_h}, \text{ zaś } x = \frac{G_{s_n}}{G_s}.$$

Z równania (1a) interesuje nas tylko różnica:

$$I_m - I_s = G_m(1-x)(595 + 0,46 t) - G_{c_h}[i_0 + t + x(595 - 0,54 t)].$$

Oznaczmy jeszcze jako stałe:

$$K_1 = C(V_{CO_2} - V_{O_2}) \frac{1}{b/p_n - 1}$$

$$K_2 = G_{c_h} + C \cdot V_g \frac{1}{b/(\varphi_p \cdot p_n) - 1},$$

to ostatecznie otrzymamy następujące wyrażenie:

$$I_m - I_s = \left[K_2 - K_1 + \lambda \cdot V_p \left(\frac{1}{b/(\varphi_p \cdot p_n) - 1} - \frac{1}{b/p_n - 1} \right) \right] (595 + 0,46 t) - G_{c_h}(i_0 + t).$$

Dla $t = \text{const.}$ i $\varphi_p = \text{const.}$, $(I_m - I_s)$ jest prostolinią funkcją λ . Różnica:

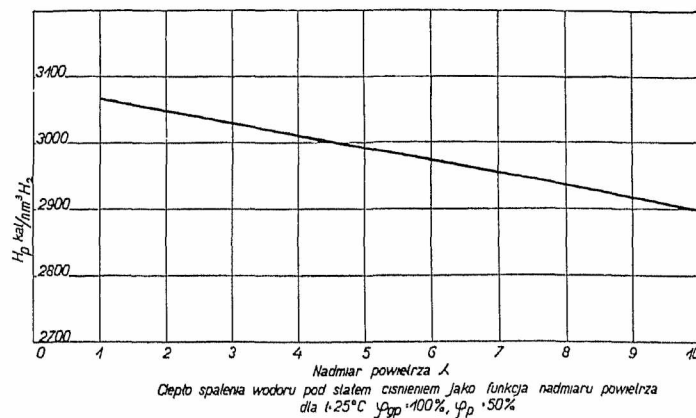
$$\left(\frac{1}{b/(\varphi_p \cdot p_n) - 1} - \frac{1}{b/p_n - 1} \right)$$

ma znak ujemny a wartość bezwzględną tem większą, im mniejsze φ_p . Dla $\varphi_p=1$ różnica ta równa się 0.

Wyrażenie $(I_m - I_s)$ a tem samem wartość opałowa górna gazu maleje prostolinijnie z nadmiarem powietrza wilgotnego. Nachylenie linii będzie tem większe, im suchszego powietrza

używamy do spalania. Tylko w jednym przypadku ciepło spalania nie zależy od nadmiaru powietrza, a mianowicie, gdy wilgotność względną tego powietrza wynosi 100%. Na tem polega korzyść stosowania specjalnych aparatów konstruowanych przez firmę Junkers do nawilgacania powietrza.

Wyrażając się krótko, jeżeli wilgotność powietrza $\varphi_p < 100\%$, zaś spaliny mają temperaturę niższą od punktu rosy t. zn. stałe $\varphi_s=100\%$, to przez zwiększenie ilości powietrza zwiększamy objętość spalin suchych i w takim razie spaliny odprowadzają o wiele więcej pary ze sobą aniżeli dopływa jej do kalorymetru ze zwiększoną ilością powietrza. Stąd pochodzi wspomniany spadek ciepła spalania.



Rys. 3.

Powyżej punktu rosy spalin zjawisko to nie występuje.

Zmienność ciepła spalania wodoru z nadmiarem powietrza przedstawiona jest na rys. 3.

Wreszcie pozostał do omówienia wpływ zanieczyszczenia powietrza gazem palnym. Ma to miejsce w okręgach przemysłowych zajmujących się eksploatacją gazu ziemnego albo w laboratoriach nienależycie wentylowanych. W tym przypadku ciepło reakcji spalania pochodzi nie tylko od mierzonego zapomocą gazomierza gazu, ale i od gazu palnego dopływającego z powietrzem. Skutek jest ten, że ciepło reakcji odniesione do zmierzonej ilości gazu wypadnie za duże. Dalszym znakiem widowym tego zanieczyszczenia, jest zwiększenie się ilości kondensatu, o ile w powietrzu znajdują się węglowodory. Naturalnym jest, że zwiększenie nadmiaru powietrza daje większe wartości ciepła spalania przy tem samym zanieczyszczeniu powietrza. Na tej własności polega sposób wykrywania obecności składników palnych powietrza.

Przeprowadzony przez Stowarzyszenie Dozorów Kotłów (Oddział Lwów) wraz z autorem pomiar ciepła spalania gazu ziemnego w Borysławiu, w lecie zeszłego roku wykazał, że powietrze posiadało ciepło spalania $\sim 30 \text{ kcal/m}^3$ czyli zanieczyszczenie gazem $C_n H_{2n+2}$ wynosiło 0,3%, jeśli $n=1,2$.

Streszczając się, dochodzimy do następujących wniosków:

a) Jeśli chcemy uniezależnić się od wpływu nadmiaru powietrza na ciepło spalania, należy postarać się o zupełne nawilgocenie powietrza (n. p. zapomocą muślinu zanurzonego w wodzie).

b) W okręgach przemysłowych eksploatujących gaz ziemny niemożliwe jest stosowanie kalorymetru przepływowego do wyznaczania wartości opałowej gazów palnych.

Wiktor Wiśniowski
Asystent Politechniki Lwowskiej.

Niektóre obliczenia z dziedziny analizy gazów i opalania.

(Streszczenie referatu zgłoszonego na III. Zjazd Chemików we Lwowie).

Wzory, używane dotychczas w wymienionych dziedzinach, oparte były na pewnych upraszczających założeniach, względnie dotyczyły tylko pewnych, ściśle określonych przypadków. Odnosiło się to szczególnie do niespalonych części w spalinach, względnie pewnych składników (węglowodorów) innego analizowanego gazu. Dokładne bilansowanie ciepła oraz dokładne pomiary analityczne w praktyce wykazały jednak potrzebę wzorów ogólniejszych, podanych też w swoim czasie przez autora referatu w *Przemysle Naftowym* i *Czasopiśmie Technicznym*. Skorzystano w tym wypadku z ogłoszonego przez Dra Dominika, a przez autora uogólnionego i w odpowiedzi dla praktycznego zastosowania formie matematycznej podanego twierdzenia, że mieszaninę węglowodorów homologicznych można pod wielu względami trakto-

wać jak węglowodór jednolity, o pewnym zastępczym wzorze.

Stosowanie wspomnianych wzorów wymaga przeprowadzenia analizy odnośnego gazu (spalin, gazu spalanego pod kotłem i t. d.) w aparacie, umożliwiającym, poza innymi, łatwe i pewne odczytywanie wyników, z dokładnością $\frac{1}{100}$ procentu objętości miernicy. Wedle wskazówek autora buduje się obecnie taki aparat, oparty na niestosowanej dotychczas w tej dziedzinie zasadzie.

Przedmiot referatu został w znacznej części omówiony w prasie fachowej w następujących czasopismach:

Dr. W. Dominik: *Metan* 1917, Nr. 5 i 7.

W. Wiśniowski: *Przemysł Naftowy* 1926, Nr. 9.

„ „ : *Przemysł Naftowy* 1927, Nr. 9 i 11.

„ „ : *Czasopismo Techniczne* 1930, Nr. 7.

Jan Wójcicki

Inżynier Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie.

Gaz ziemny jako paliwo.

Dotychczas gaz ziemny nie znalazł w Polsce zastosowania jako podstawowy surowiec dla przetworów chemicznych, chociaż w wielu wypadkach nadaje się do tego. lecz jest używany niemal wyłącznie jako paliwo w przemyśle i gospodarstwie domowym.

Ogólna produkcja gazu ziemnego w Polsce wynosi 450—500 milionów m^3 rocznie względnie około 900 m^3/min i utrzymuje się na stałym poziomie od 1927 r.

Udział jej w bilansie opałowem całej Polski nie jest wielki, odpowiada mu bowiem tylko około 5,5% ogólnego zużycia węgla w kraju. Mimo to gaz ziemny może odgrywać poważną rolę w naszej gospodarce energetycznej, jeżeli go w odpowiedni sposób wykorzystamy.

Otrzymuje się on bądź to jako produkt uboczny przy eksploataowaniu otworów naftowych, bądź też jako produkt podstawowy przy eksploatacji pól gazowych.

Z dotychczas odkrytych i eksploatowanych pól gazowych jedno znajduje się między Krosnem i Jasłem, na terenie gmin: Białkówka, Brzezówka, Dobrucowa, Jaszczew, Męcinka i Sądkowa, drugie zaś koło Stryja na terenie gmin: Daszawa i Gelsendorf.

Udział poszczególnych zagłębi w produkcji gazu ziemnego jest mniej więcej następujący:

	m^3/min	%
krośnieńsko-jasielskie:		
pola naftowe	80	8,9
„ gazowe	100	11,1
borysławskie:		
pola naftowe	350	38,9
daszawskie:		
pola gazowe	250	27,8
bitkowskie:		
pola naftowe	90	10,0
inne miejscowości:		
pola naftowe	30	3,3

Gaz z pól gazowych, zwany potocznie gazem suchym, składa się niemal wyłącznie z metanu. Poza nim zawiera nieznaczne ilości etanu i gazów niepalnych. Naprzykład gaz daszawski, badany drogą spalania, zawiera około 97% metanu i niepełny 1% etanu. Jego dolna wartość kaloryczna wynosi około 8.400 kal/m^3 760 $mm Hg$ 0°C i zmienia się w niewielkich granicach zależnie od składu chemicznego, który nie jest stały.

Jak widać z wyżej podanego zestawienia obecna produkcja gazu suchego = około 350 m^3/min , lecz zaznaczyć należy, że jest ona ograniczona zapotrzebowaniem. Gdyby to ostatnie wzrosło, to niewątpliwie wzrosłyby również: produkcja gazu i ruch wiertniczy w tym kierunku. Wymownym dowodem tego jest fakt utrzymania się produkcji gazowej na stałym poziomie od 1927 roku pomimo, że w tym czasie produkcja gazowa zagłębia borysławskiego zmniejszyła się o 160 m^3/min .

Gaz z otworów naftowych zawiera znaczniejsze — lecz różne — ilości cięższych od metanu węglowodorów grupy parafinowej. Przed użyciem go na opał jest on przeważnie poddawany odgazolinowaniu. Stąd otrzymuje się rocznie około 40 milionów kg gazoliny, wartości około 16 milionów złotych. Niektóre zakłady gazolinowe wytwarzają przytem skroplony propan (zwany w handlu gazolem), lub skroplony butan (zwany eteryną). Oba te produkty stanowią nową formę, pod którą gaz ziemny przenika jako paliwo nie tylko w głąb kraju, ale nawet zagranicę.

Odgazolinowany gaz zawiera jeszcze cięższe od metanu węglowodory. Jego dolna wartość kaloryczna wynosi 10—11 tys. kal/m^3 760 $mm Hg$ 0°C zależnie od pierwotnego składu i stopnia odgazolinowania.

Technika opalania gazem ziemnym, w zastosowaniu przemysłowym i domowym, została w znacznym stopniu już opanowana. Wprawdzie brak jeszcze wielu teoretycznych podstaw do budowy palników i komór spalania, niemniej jednak posiadamy już własne, technicznie dobre rozwiązania urządzeń paleniskowych dla kotłów parowych, kuźni, cegielń, pieców wapiennych i t. p., oraz dla potrzeb gospodarstwa domowego, a więc dla kotłów centralnego ogrzewania, pieców mieszkaniowych, pieców piekarskich, laboratorjów i t. d.

Jako paliwo posiada gaz ziemny szereg zalet w porównaniu z węglem, a mianowicie:

1. Daje możliwość osiągnięcia wyższej sprawności cieplnej opalanych urządzeń, ponieważ możemy go spalać z małym nadmiarem powietrza oraz lepiej wyzyskać powierzchnię ogrzewalną, gdyż w tym wypadku nie ulega ona zanieczyszczeniu popiołem i sadzą. Również straty niecałkowitego spalania mogą być niższe, niż przy opalaniu węglem, jeżeli tylko palenisko urządzone jest właściwie, a obsługa jest wyszkolona i sumienna. Wskutek dużej zawartości wodoru w gazie ziemnym, skraplanie się

pary wodnej w jego spalinach występuje w temperaturach daleko wyższych, niż przy węglu, to też w podgrzewaczach i kotłach centralnego ogrzewania (wodnego) możliwe jest wyższe wyzyskanie ciepła spalania gazu, niż na to pozwala jego dolna wartość kaloryczna.

2. Obsługa palenisk gazowych nie wymaga wysiłku fizycznego lub mechanicznego a ponadto odpadają kłopoty związane z magazynowaniem i dostawą do kotłowni węgla oraz z usuwaniem żużla i popiołu.

3. Opalanie gazem ziemnym daje się łatwo zastosować do istniejących urządzeń na paliwa stałe i płynne w charakterze palenisk zastępczych lub pomocniczych. Mamy połączenia palenisk gazowych z paleniskami węglowymi: pyłowymi lub o rusztach taśmowych, pracujące równie dobrze.

4. W pomieszczeniach palenisk gazowych można utrzymać daleko posuniętą czystość.

5. Spaliny z gazu ziemnego, odprowadzane w atmosferę, mogą nie zawierać sadzy, jeżeli paleniska pracują dobrze, nie zawierają zupełnie popiołu lotnego i szkodliwych dla zdrowia produktów spalania siarki. Ponadto zawierają one daleko mniej bezwodnika kwasu węglowego, niż spaliny z węgla. Różnica ta wynosi około 36%, a pochodzi stąd, że stosunek wodoru do węgla w gazie ziemnym jest wysoki (około 1 : 3).

Z powyższego wynika też, że gaz ziemny, ze względów higienicznych, jest paliwem bardziej odpowiednim dla większych ośrodków fabrycznych i miast. To też należałoby dążyć do umożliwienia ludności i przemysłowi korzystania z gazu w tych miastach, do których został on już doprowadzony. Prowadzi do tego obniżenie ceny gazu do takiej granicy, na jakiej będzie się on kalkulował konsumentowi taniej, niż węgiel.

Obecne, ogólne zużycie gazu ziemnego w miastach, dla celów gospodarstwa domowego wynosi około 21 milionów m^3 rocznie. Dla porównania podam, że produkcja roczna wszystkich gazowni miejskich w Polsce wynosi około 180 milionów m^3 , przyczem gaz miejski ma zazwyczaj o połowę niższą wartość kaloryczną.

Największym konsumentem gazu ziemnego jest kopalnictwo naftowe. Ogólnie zużywa ono około 70% całkowitej produkcji. Zagłębie borysławskie, największy producent gazu ziemnego, nie pokrywa nawet własnego zapotrzebowania, lecz sprowadza jeszcze z Daszawy do 70 m^3/min . Jest to nie normalne zjawisko, spowodowane nieregulowaną gospodarką gazem ziemnym na terenie zagłębia i niską sprawnością cieplną używanych jeszcze przeważnie maszyn parowych. Zagłębie nie posiada wspólnego gazociągu, łączącego producentów i konsumentów gazu lecz każda z firm ma własną sieć. Skutek jest ten, że jednocześnie spotyka się tam niedobór gazu w jednych firmach a nadmiar w drugich, których niestety nie można wyrównać z powodu braku rurociągów lub też nie zawsze życzliwych stosunków międzyfirmowych.

Przy racjonalnej gospodarce energetycznej i gazowej zagłębie borysławskie może łatwo nie tylko pokryć swoje zapotrzebowanie, ale nadto zaopatrywać w gaz pobliski przemysł rafineryjny i solny oraz miasto Drohobycz i Truskawiec.

Gaz ziemny zagłębia borysławskiego mniej nadaje się do transportu na dalsze odległości, ponieważ zawiera on znaczne ilości powietrza (około 50%). Pochodzi to stąd, że wydobywanie ropy z otworów odbywa się przeważnie za pomocą tłoka, co pociąga za sobą przedostawanie się powietrza do urządzeń gazociągowych.

Gospodarka energetyczna w innych ośrodkach kopalnictwa naftowego również nie jest lepsza, niż w zagłębiu borysławskim. To też nie dziwnego, że na ogół kopalnictwo naftowe nie pokrywa swego zapotrzebowania, pomimo produkcji 550 m^3/min gazu. Zaznaczyć jednak należy, że poświęciło ono w ostatnich latach dużo wy-

siłku w kierunku odgazolinowania gazu, przez co wartość produkcji gazowej zwiększyła się niemal dwukrotnie.

Aktywnym w obrocie gazem ziemnym nazwę przetrzymuje zagłębie gazowo-naftowych jest tylko kopalnictwo gazowe. Zagłębie daszawskie, na terenie którego pracują tylko dwie polskie firmy: Gazolina i Polmin, połączone jest dwoma gazociągami z Drohobyczem, skąd mniejsze odgałęzienia prowadzą do Borysławia, Stebnika i Ożyminy oraz jednym gazociągiem — długości 81 km — ze Lwowem.

Konsumcja gazociągu lwowskiego wynosiła w 1932 roku 19,287.444 m^3 , z czego przypada na przemysł 14,588.258 m^3 . Centralne ogrzewania zużyły 2,868.383 m^3 , a gazownia miejska tylko 1,830.803 m^3 . Największym odbiorcą zagłębia daszawskiego są drohobyckie rafinerje, a potem Borysław.

Zagłębie gazowe krośnieńsko-jasielskie posiada gazociąg państwowy, biegnący od Iwonicza, wzdłuż przez teren gazowy, do Glinika Marjampolskiego. Zasila ono zatem przemysł i miasta położone na terenie naftowo-gazowym.

W roku bieżącym Polmin ma wybudować gazociąg z Jasła do Państwowej Fabryki Związków Azotowych w Mościcach. Rozszerzy to znacznie rynek zbytu dla gazu ziemnego.

Całkowite oparcie Państw. Zakładów w Mościcach na gazie ziemnym wymagałoby jednak połączenia gazociągami obu zagłębi gazowych celem dostatecznego zabezpieczenia ciągłości dostawy. Samo zapotrzebowanie Mościc przekracza bowiem obecną produkcję zagłębia jasielskiego. Wprowadzić produkcja ta może być jeszcze znacznie zwiększona, nie mniej jednak nie stworzy to dostatecznego zapewnienia ciągłości dostawy. Kwestja budowy gazociągu Drohobycz-Krosno jest o tyle uproszczona, że obraca się w ramach interesów przedsiębiorstw państwowych, a pozatem będzie tylko przyspieszeniem wykonania inwestycji, która i tak w przyszłości wykonaną być musi.

Poza bezpośrednią drogą, gaz ziemny przenika jeszcze w głąb kraju w postaci energii elektrycznej. Obecnie trzy większe elektrownie korzystają całkowicie lub częściowo z gazu ziemnego. Są to: Okręgowa Elektrownia P. T. E. w Borysławiu (moc zainstalowana 11.200 kW), Elektrownia Zagłębia Krośnieńskiego w Brzezówce (moc zainstalowana 2080 kW) i elektrownia miasta Lwowa (moc zainstal. 25.900 kW). Razem elektrownie te zużywają rocznie około 18 milionów m^3 gazu ziemnego.

Sieć krośnieńska jest własnością Podkarpackiego Towarzystwa Elektrycznego, do którego należy elektrownia w Borysławiu wraz z siecią przez nią zasilaną. Długość sieci w obu zagłębiach wynosi razem 230 km , a w programie przedsiębiorstwa jest połączenie obu sieci i rozbudowa elektrowni w Brzezówce o ile tylko otrzyma ono uprawnienie elektryfikacji środkowej Małopolski.

W normalnych warunkach należy traktować gaz ziemny jako lokalne paliwo, przeznaczone dla zaspokojenia potrzeb przemysłów: naftowego i solnego oraz potrzeb elektryfikacji tej części Małopolski, która przylega do terenów naftowo-gazowych.

Taki pogląd usprawiedliwiają: wielkość odkrytych dotychczas zasobów gazu ziemnego, rozdział jego zużycia a wreszcie względy gospodarcze całego kraju. Uzasadnione jest również ograniczanie przez Władze Górnicze produkcji pól gazowych do rozmiarów zapewniających powolne ich wyczerpywanie się.

W momentach wyjątkowych, a mianowicie w razie przerwania dowozu węgla z kopalń, które niestety są umiejscowione na krańcu Polski najbardziej zagrożonym, gaz ziemny winien być wyzyskany jako rezerwa energetyczna dla obronnego ośrodka Państwa. Nadaje się on najlepiej do tego celu, ponieważ w takich momentach

produkcja pól gazowych da się zwiększyć w znacznym stopniu na pewien okres. Muszą tylko warunki normalnej pracy i urządzenia przewidywać takie możliwości.

Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej wchodzących w grę okręgów, a mianowicie: warszawskiego, radomskiego i tarnowskiego obecnie wynosi razem około 300 milionów kWh lub przeciętnie około 820 tysięcy kWh na dobę. Wytworzenie tej energii wymaga zużycia około $340 m^3/min$ gazu. Ilość ta może być dostarczona przez obydwie zagłębia (daszawskie i jasielskie) razem, poza pokryciem normalnego zapotrzebowania.

W tych wypadkach może być również użyty olej gazowy, którego roczna produkcja w Polsce wynosi około 80 tys. ton. Odpowiednikiem tej ilości oleju gazowego jest mniej więcej $180 m^3/min$ gazu ziemnego. Z tego więc wynika, że całkowitą produkcję oleju gazowego można pokryć połowę wymaganej rezerwy gazowej względnie ją zwiększyć o tę ilość.

Dotychczas jednak nie posiadamy urządzeń transportowych, któreby pozwalały na przesyłanie tej energii do miejsc przeznaczenia czy to w postaci gazu, czy też w postaci prądu. Jest to niewątpliwie ciemną kartą naszej działalności w odrodzonej Polsce, albowiem rezerwy energetyczną należy uważać jako jeden z bardzo ważnych środków obrony. Jako przykład może nam służyć sąsiad zachodni, który w tym kierunku poczynił daleko idące inwestycje.

Rozwiązanie tego zagadnienia na drodze elektrycznej, t. j. przez odpowiednie przeprowadzenie elektryfikacji Podkarpacia i środkowej Polski nie powinno napotykać wielkich trudności, gdyż na obu terenach elektryfikacja jest posunięta już dosyć daleko. Poza to potrzebne inwestycje pokrywają się z przyszłym planem elektryfikacji Polski, jak to wynika z projektu ogłoszonego przez P. K. E. w 1930 roku. Projekt ten w progra-

mie do roku 1935 przewiduje zarówno znaczną rozbudowę ciepłowniczych elektrowni opartych na gazie, jak i budowę przesyłowych linii: Bitków—Tarnów i Tarnów—Warszawa. Narazie na Podkarpaciu wystarczyłaby w zupełności linia przesyłowa Stryj—Tarnów.

Ujemną stroną rozwiązania tego zagadnienia na drodze elektrycznej jest ograniczone zastosowanie prądu i konieczność utrzymywania dużych rezerw maszynowych w elektrowniach opartych na gazie, ponieważ w razie braku węgla, nie da się wyzyskać urządzeń tych elektrowni, dla których ma być stworzona rezerwa.

Rozbudowa elektrycznej sieci podkarpackiej i połączenie jej z siecią środkowej Polski stworzyłaby natomiast warunki umożliwiające stopniowe wyzyskanie sił wodnych na Podkarpaciu, a zatem przyspieszyłaby uruchomienie nowych źródeł energii.

Gazyfikacja (gazem ziemnym) wymienionych wyżej trzech okręgów pozwoliłaby na wszechstronniejsze wykorzystanie gazu ziemnego i dałaby możliwość wyzyskania istniejących urządzeń maszynowych, a poza to ułatwiłaby na tem terenie akcję, ostatnio u nas podjętą, zwalczania zadyminowania miast i ośrodków fabrycznych. Nie wiadomo tylko, czy pod względem rentowności mogłaby ona konkurować z przesyłką prądu.

Które z powyższych rozwiązań jest odpowiedniejsze dla naszych warunków, może dopiero rozstrzygnąć przeprowadzenie dokładnych badań i kalkulacji. Samo zaś zagadnienie stworzenia rezerwy energetycznej dla ośrodków przemysłu obronnego stało się w obecnych stosunkach międzynarodowych koniecznością państwową. Na zrealizowanie potrzebnych do tego inwestycji powinny znaleźć się środki, pomimo obecnej, ciężkiej sytuacji gospodarczej, choćby miało to spowodować częściowe użycie na ten cel „Funduszu pracy“.

Inż. Marjan Mogilnicki

Instytut Gazowy — Lwów.

Gazol jako paliwo.

Zagadnienie paliwa gazowego, któreby w stanie skroplonym było podatne do transportu, zostało po raz pierwszy rozwiązane w Niemczech w roku 1904 przez chemika Dra Hermana Blau'a.

Dr. Blau poddawał olej krakowskiemu w temp. $550^{\circ}C$ i otrzymywał wszystkie frakcje począwszy od metanu rozpuszczonego w tej mieszaninie, aż do węglowodorów cięższych jak pentan i heksan.

Gaz Dr. Blau'a znalazł zastosowanie do oświetlenia ulic i był produkowany początkowo w Augsburgu a potem nawet i w Ameryce. Gaz ten posiadał następujące wady:

1. Ciśnienie jego w stanie płynnym wynosiło przy normalnej temp. otoczenia ponad 100 atm. z czego wynikała bardzo silna, a zatem i ciężka konstrukcja zbiornika, tak, że ciężar zbiornika był siedmiokrotnie wyższy od transportu gazu.

2. Wysoka cena gazu — 0,5 \$ za kg .

W roku 1912 w Sisterville U. S. A. uruchomiono przy gazolinarni pierwszą fabrykę gazów skroplonych, produkowanych z gazu ziemnego. Od tego czasu datuje się ogromny wzrost tego przemysłu w Ameryce.

Problem destylacji gazoliny pod ciśnieniem został rozwiązany po raz pierwszy w roku 1917 przez obecnego Prezydenta Rzeczypospolitej Prof. Ignacego Mościckiego, co dało asumpt firmie „Gazolina“ S. A. do wybudowania w roku 1928 stabilizatora gazoliny i pierwszej fabryki gazu w Europie wedle projektu inż. Szymańskiego.

Produkowany w powyższej fabryce gazol jest jednorodną mieszaniną węglowodorów nasyconych o znaku chemicznym C

W skład gazułu wchodzi następujące związki chemiczne: propan (C_3H_8), butan (C_4H_{10}), izobutan (C_4H_{10}) z wielką przewagą propanu. Wszystkie więc właściwości gazułu są zbliżone do propanu i pod tym kątem widzenia będzie on nadal traktowany.

Otrzymywanie gazułu.

W naszych zagłębiach naftowych a w szczególności w zagłębiu borysławskim produkują szyby naftowe t. zw. gaz mokry, będący głównie mieszaniną metanu oraz węglowodorów cięższych. Te właśnie węglowodory cięższe od metanu są brane pod uwagę przy fabrykacji gazoliny i gazułu. Przy stabilizacji gazoliny odchodzą z procesu węglowodory lżejsze, t. zw. dzikie gazoliny, które oziębione i sprężone skraplają się, tworząc produkt omawiany w niniejszym referacie. Proces i kontrola fabrykacji gazułu jest tego rodzaju, że otrzymuje się produkt o stałych własnościach fizycznych i chemicznych.

Właściwości fizyczne gazułu.

Ciężar gatunkowy gazułu w stanie płynnym wynosi 0,540 przy $+15^{\circ}C$.

Ciężar gatunkowy w stanie gazowym w stosunku do powietrza = 1,759.

Ciężar gatunkowy gazułu w stanie gazowym wynosi $2,275 kg/1 m^3$.

Z jednego kg gazułu wywiązuje się około 440 l gazu. Utajone ciepło parowania gazułu wynosi $100 kcal/kg$. Wartość opałowa $1 m^3$ gazułu wynosi $26.000 kcal/m^3$. Wartość opałowa $1 kg$ gazułu wynosi $11.500 kcal/m^3$.

Na spalenie $1 m^3$ gazolu potrzeba $27,5 m^3$ powietrza lub $5,75 m^3$ tlenu.

Spalając całkowicie $1 m^3$ gazolu i dostarczywszy do spalania teoretyczną ilość powietrza otrzymujemy następujący skład spalin:

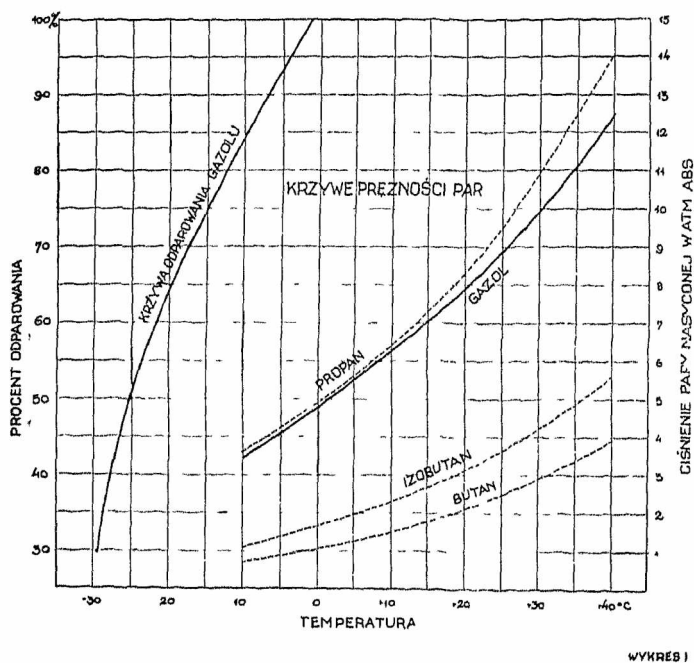
$3,5 m^3 CO_2$ (bezwodnika węglowego),
 $4,5 m^3 H_2O$ (pary wodnej),
 $25,25 m^3 N_2$ (azotu).

Maksymalna zawartość CO_2 (bezwodnika węglowego) w spalinach suchych wynosi dla gazolu $13,86\%$.

Maksymalna temperatura spalin jaką możemy uzyskać przez spalenie gazolu, wynosi około $2.000^\circ C$.

Odparowanie gazolu.

Temperatura gazolu $^\circ C$	Ilość gazolu odparowanego w $\%$
$-39^\circ C$	Początek wrzenia
$-30^\circ C$	25% gazolu odparowało
$-20^\circ C$	64% " "
$-10^\circ C$	83% " "
$-1^\circ C$	100% " "



Rys. 1.
Prężności par gazolu.

Dzięki temu, że gazol daje się łatwo skroplić (Vide wykres 1) mamy do dyspozycji paliwo, które przy swojej wysokiej wartości opałowej ($1 kg$ gazolu wywiązuje $11.500 kcal$) posiada w stanie płynnym małą objętość ($1 kg$ gazolu objętościowo $= 1,85 l$), a zatem w tej postaci nadaje się doskonale do transportu i magazynowania.

Niska temperatura odparowania gazolu (koniec wrzenia przy $-1^\circ C$) pozwala nam w łatwy sposób na użytkowanie paliwa w jego najdoskonalszej formie — gazowej.

Pomiary szybkości postępu zapalania przeprowadzono spalając gaz u wylotu rury o średnicy wewnętrznej wynoszącej $25 m/m$.

Szybkość postępu zapalania dla gazolu wynosi $82,4 cm/sek$.

Spalanie gazu we wszystkich palnikach, gdzie zachodzi dostarczanie powietrza pierwszego, odbywa się na prawej odnodze krzywej postępu zapalania. (Rys. 2). Każde paliwo gazowe posiada punkt na tej krzywej, gdzie spalanie jest najekonomiczniejsze, oczywiście dzieje

się to przy teoretycznym nadmiarze powietrza, t. j. na wierzchołku krzywej.

Z tego wynika, że im wierzchołek danej krzywej szybkości postępu zapalania jest ostrzejszy i im prawa gałąź krzywej szybkości bardziej stroma, tem łatwiej jest uregulować palnik na optymalne spalanie się gazu, gdyż w tym punkcie pojawią się objawy najekonomiczniejszego spalania się gazu, to jest, niekopący płomień niebieski oraz silnie zarysowany stożek wewnętrzny, natomiast dla gazów o kopulastym wierzchołku krzywej te objawy dobrego spalania wystąpią w szerszych granicach bez możności stwierdzenia, czy osiągnięto najlepszy wynik spalania gazu, oczywiście pod założeniem, że nie robi się analizy spalin.

Wykres 3 podaje nam granice eksplozywności dla rozmaitych gazów. Łatwo zauważyć, że propan, który jest głównym składnikiem gazolu, posiada najwyższe granice eksplozywności, skutkiem czego możliwość wytworzenia się mieszanki wybuchowej jest mniejsza niż u innych gazów palnych.

Gazol jako taki nie posiada żadnych składników trujących (jak CO), a zatem jest jednym z nielicznych stosowanych gazów palnych, który jest nietrujący.

Gazol w przeciwieństwie do prawie wszystkich gazów węglowych, nie zawiera żadnych zanieczyszczeń ani składników takich, jak siarka, która dla wielu procesów jest czynnikiem szkodliwym.

Sposób zużytkowania gazolu.

Gazol transportuje się w stanie płynnym w zbiornikach stalowych o wielkości dostosowanej do konsumpcji danego ośrodka.

Zbiorniki te są poddawane próbom przez Stowarzyszenie Dozoru Kocioł, przy czem próba szczelności i wytrzymałości zbiornika odbywa się przy ciśnieniu $25 atm$.

Gazol jest pobierany z dolnej części zbiornika za pomocą rurki miedzianej. Urządzenie to zapewnia nam odbieranie przez cały czas ze zbiornika produktu jednorodnego.

By sprowadzić ciśnienie, jakie panuje w zbiorniku (około $6 atm$), na ciśnienie użytkowe, wynoszące normalnie $500 m/m$ słupa wody, stosuje się reduktory membranowe.

Użytkowe ciśnienie stosowane w instalacjach gazowych jest wyższe od ciśnienia, jakie się stosuje normalnie w gazownictwie węglowym.

Ma to swoje uzasadnienie w tem, że palniki są zwyczajnie konstruowane w ten sposób, że gaz za pośrednictwem injektora zasysa powietrze potrzebne mu do spalania. Zapotrzebowanie powietrza dla gazolu wynosi $27,5 m^3$ powietrza na $1 m^3$ gazolu, zaś dla gazu węglowego cyfra ta jest prawie siedmiokrotnie niższa. Ilość powietrza zassanego przez injektor zależy od energii kinetycznej ($m \cdot v^2$) przepływającego przez dyszę gazu.

Zmianę energii kinetycznej wyzyskujemy przez zmianę szybkości przepływu gazu przez dyszę tembardziej, że wyraz ten występuje w kwadracie.

Masy przepływającego gazu zmieniać nie możemy, gdyż jest on dla każdego wypadku liczbą stałą.

Ostatecznie zwiększamy chyżość gazu przez dyszę, co uzyskujemy przez podwyższenie ciśnienia użytkowego do $500 m/m$ słupa wody.

Jak już wspomniano konstrukcja palnika zależy od następujących własności gazu:

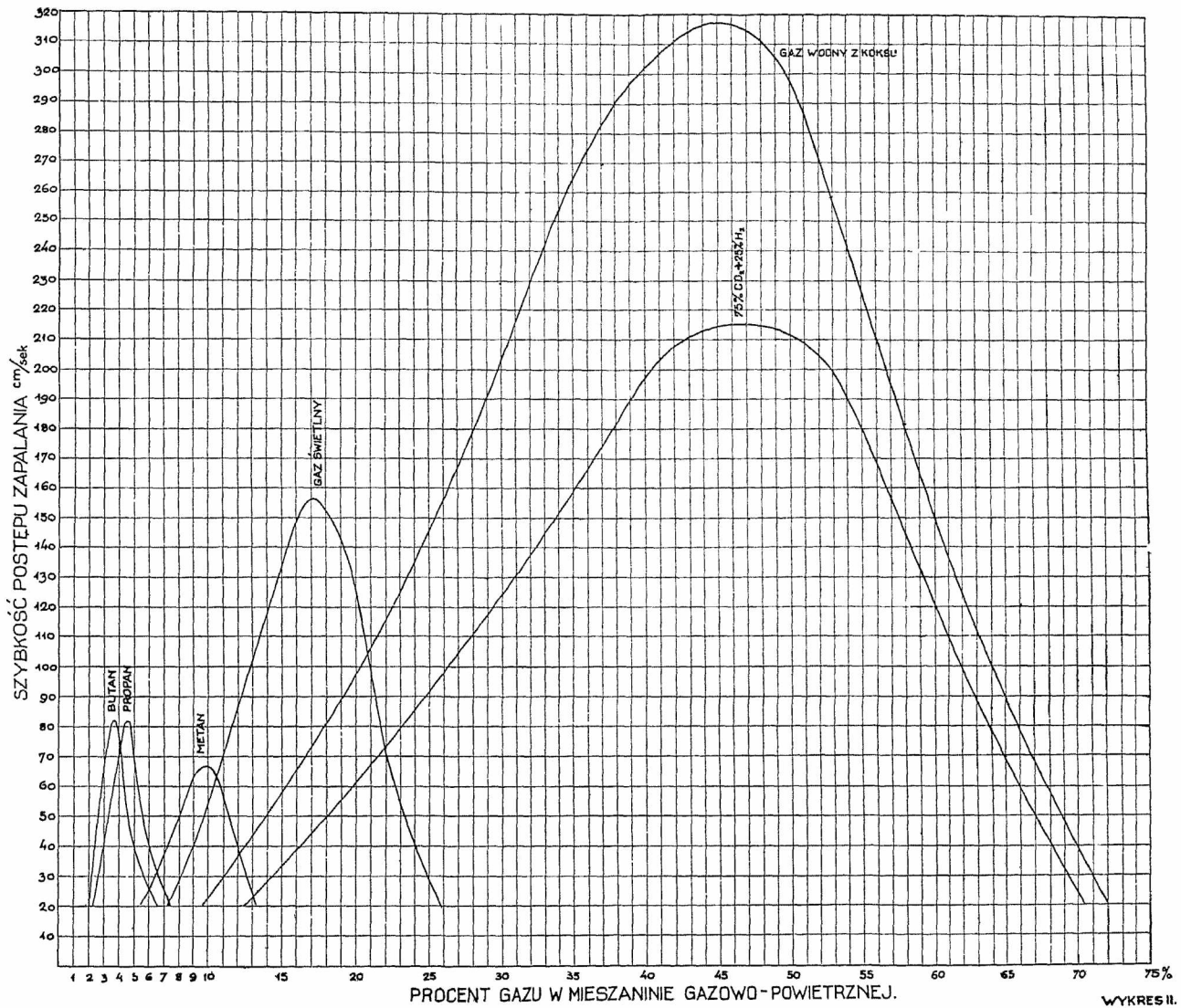
Gazol: Gaz węglowy:

1. szybkość postępu zapalania $82,5 cm/sek$ $150 cm/sek$
2. wartość kaloryczna gazu $26000 kcal/m^3$ $4200 kcal/m^3$
3. ilość powietrza potrzebnego do zupełnego spalania gazu $27,5 m^3/m^3$ ok. $4 m^3/m^3$ gazolu
4. ciśnienie użytkowe gazu $500 m/m$ SW. $40-80 m/m$ SW.

Ponieważ wymienione wartości są różne dla gazolu, a inne dla gazu węglowego, wynika z tego, że palniki dla gazu węglowego musimy poddać pewnym zmianom, jeśli się chce je zastosować dla paliwa gazolowego. W tym celu należy zmniejszyć przekrój dyszy w stosunku do 1:17 i odpowiednio powiększyć otwory powietrzne.

Ilość ciepła, potrzebnego do odparowania gazolu, wynosi około 100 kcal/kg gazolu.

Gazol jest w 100% gazem palnym, wolnym od takiego balastu, jak CO_2 , N_2 i H_2O , nie ogrzewa więc przy spalaniu żadnych gazów nieczynnych, jak to ma miejsce przy spalaniu gazu świetlnego, dlatego też tem-



Rys. 2.

Szybkość postępu zapalania.

W wypadku zużycia gazolu na skalę przemysłową zachodzi potrzeba dostarczenia ciepła, potrzebnego do odparowania gazolu, gdyż w tym wypadku ciepło pobrane z otoczenia może nie wystarczyć.

Temperatura spalania gazolu jest wyższa, a dzielność termiczna w porównaniu z gazem świetlnym większa.

Zastosowanie gazolu.

Gazol znalazł wielkie zastosowanie w gospodarstwie domowym do opalania kucharek, piecyków łazienkowych, grzejników oraz oświetlenia, a to dzięki wysokiej ekonomii spalania gazolu w tego rodzaju aparatach.

Badania nad spalaniem gazolu dały następujące wyniki:

Dzielność termiczna kucharki gazolowej — $59,6\%$.

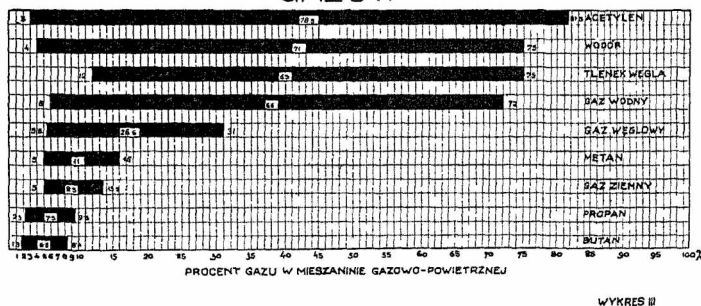
Dzielność termiczna piecyka kąpielowego — $86,2\%$.

Zużycie gazolu na jeden płomień w lampie — $0,025 \text{ kg/godz.}$

Zużycie gazolu na jeden płomień kucharki gaz. — $0,146 \text{ kg/godz.}$

Łatwość montażu instalacji, prosta obsługa, niskie koszty ruchu, oraz możliwość dostarczenia gazolu do każdej miejscowości, pozwala na korzystanie z paliwa gazowego, jakim jest gazol, sanatorjom, pensjonatom i osiedlom, położonym zdaleka od miejscowości produkujących gaz.

GRANICE EKSPLOZYWNOŚCI GAZÓW



Rys. 3.

Przeprowadza się to technicznie w ten sposób, że gazol przepływa w przeciwnym kierunku z parą lub ciepłą wodą

Cele laboratoryjne.

W wielu wypadkach koniecznością dla przedsiębiorstwa przemysłowego jest utrzymanie laboratorium, które nie da się pomyśleć bez palników laboratoryjnych, opalanych gazem. Wskutek słabej gazyfikacji Polski, korzystanie z gazu jest w wielu miejscowościach niemożliwe i tutaj właśnie paliwo gazowe przychodzi laboratorjom z pomocą, dając im odpowiedni materiał opałowy.

Do tych celów skonstruowano specjalne palniki laboratoryjne i dmuchawkowe, które odpowiadają w zupełności wymaganiom, stawianym tego rodzaju palnikom.

Zużycie gazu w palniku lab. typ „a“ = 0,108 kg/godz.

Zużycie gazu w palniku lab. typ „b“ = 0,035 kg/godz.

Zużycie gazu w palniku dmuchawkowym = 0,1—0,3 kg/godz, zależnie od wielkości płomienia.

Termiczna obróbka metali.

Gaz jako paliwo gazowe o stałych własnościach fizycznych jest paliwem, które nadaje się szczególnie tam, gdzie wymaga się dokładnej regulacji i ustalenia temperatury na pewnym poziomie.

Gaz jest wolny od wszelkich zanieczyszczeń składnikami siarki, teru, żywici i t. p.

Ze względu na to gaz nadaje się do opalania tych pieców, gdzie spaliny muszą być wolne od zanieczyszczeń, ponieważ siarka powoduje przy nagrzewaniu stali powstawanie zendry.

Te zalety powodują, że gaz jest doskonałym paliwem gazowym, nadającym się specjalnie do obróbki termicznej jak hartowanie, normalizowanie, odpuszczanie, azotowanie, kucie, topienie miękkich metali, oraz podgrzewania stali do ciągnięcia.

Gaz jako paliwo wysokokaloryczne pozwala na zwiększenie produkcji pieca opalanego dotychczas innymi paliwami stałymi, płynnymi, lub gazowymi.

Do tych celów nadaje się również gaz gazolowo - powietrzny, o wartości kalorycznej 5.300—7.000 kal/m³.

Huty szkła.

W pewnej hucie szkła używano do obtapiania szkielek i do przecinania szkła naftę. Przeprowadzono próbę zastosowania do tych celów gazu i w tym wypadku paliwo gazowe wykazało swoją wyższość, gdyż nie tylko procent sfluczki zmniejszył się do 2%, ale produkcja na tej samej maszynie wzrosła przy użyciu gazu o 60%, przy czym zużycie gazu było mniejsze, niż nafty.

Osiągnięto więc przy zastosowaniu gazu potrójną korzyść:

1. potaniecie kosztów produkcji,
2. mniejszy procent sfluczki,
3. zwiększenie produkcji.

Przemysł włókienniczy.

W Polsce istnieje wiele fabryk produkujących towary bawełniane, a położonych o dziesiątki km od miejscowości zaopatrywanych w gaz. Fabryki te potrzebują do takich maszyn jak opalarki i kalandry paliwa gazowego. W braku gazu stosowano do tych maszyn gaz wytwarzany w aparatach Benoid'a.

W wyniku przeprowadzonych prób opalania tkanin gazem na opalarkę, otrzymano bardzo korzystne wyniki, gdyż użycie gazu pozwoliło na szybką regulację płomienia oraz otrzymano płomień równy, niekopący, co w wysokim stopniu wpłynęło na jakość wyrabianego towaru. Wysoka temperatura płomienia pozwoliła na wykonanie tej samej roboty w czasie krótszym, niż przy użyciu gazu Benoid'a.

W czasie prób opalono 10.000 m tkaniny bawełnianej dwustronnie a zużycie paliwa na 1 m bież. tkaniny wyniosło 0,00324 kg gazu.

Ogółem uzyskano polepszenie jakości towaru oraz potaniecie kosztów ruchu.

Równie dobre wyniki dało opalenie gazem kalandrów, a to dzięki możności uzyskania żądanej temperatury kalandra, oraz łatwości regulacji temperatury.

Popęd silników.

Gaz nadaje się doskonale do popędu silników gazowych i benzynowych, przy czym przejście na paliwo gazowe nie wymaga żadnych przeróbek poza odpowiednim wyregulowaniem gaźnika w wypadku silników benzynowych.

W wyniku wykonanych prób na silniku 15 KM zużycie gazu na jednego KM/godz przy pełnym obciążeniu wyniosło 220 gramów gazu.

Zastosowanie gazu do silników zapewnia im większą akcelerację, spokojny chód, oraz bezwonną wydmuch dzięki całkowitemu spalaniu się gazu.

Gazownictwo.

Gazownie produkujące gazy niskokaloryczne korzystają z gazu jako materiału karburyzacyjnego. Posiada on w stosunku do innych materiałów następujące zalety:

Ad 1. Zmieszany wraz z innymi gazami, nie zmienia swego składu ilościowego do pozostałej mieszaniny.

2. Jako ciecz niskowrząca nie wykrapla się w rurociągach z mieszaniny innych gazów.

3. Urządzenie do karburyzacji jest łatwe, proste i da się wszędzie przeprowadzić.

W małych miejscowościach, gdzie z rozmaitych względów prowadzenie gazowni wytwarzającej gaz świetlny się nie opłaca, można z powodzeniem zastosować gaz gazolowo - powietrzny o takiej wartości opałowej, by spalanie jego było zupełne, w istniejących aparatach gazowych. W tym wypadku stosuje się mieszaninę gazu i powietrza w stosunku objętościowym jak 20 : 80 i otrzymuje się gaz o wartości opałowej 5.200 kal/m³. Gazownie na gaz gazolowo - powietrzny w porównaniu z gazowniami węglowymi posiadają wiele zalet, które można skreślić w następujących punktach:

1. wytwarzany gaz nie jest trujący,
2. system fabrykacji umożliwia łatwe regulowanie wartości opałowej gazu,
3. produkowany gaz jest czysty, nie wymaga więc zastosowania odczyszczalników,
4. małe koszty inwestycji,
5. niskie koszty utrzymania, gdyż cały ruch można łatwo zautomatyzować,
6. niskie koszty utrzymania rurociągów ze względu na brak zawartości składników działających szkodliwie na materiał rur.

Urządzenie takiej gazowni jest bardzo proste, gdyż składa się z reduktorów pozwalających na zredukowanie ciśnienia w zbiorniku gazolowym na ciśnienie użytkowe, wymiennicza ciepła, dmuchawy i aparatów służących do mierzenia przepływu gazu i powietrza.

Przebieg fabrykacji gazu gazolowo - powietrznego jest również prosty. Gaz z butli prowadzi się przewodami przez reduktor, gdzie ciśnienie gazu redukuje się na 100 m/m S. W. Następnie przez wymiennicz ciepła i miernik idzie gaz do rurociągu, gdzie miesza się z powietrzem tłoczonym przez dmuchawę.

Dla nadania wyraźniejszej woni, nawania się gaz surowym benzolem lub „Detektolem“. Gaz ma tę właściwość, że stworzywszy raz mieszaninę z powietrzem, nie zmienia jej składu.

Granice eksplozywności gazu mieszczą się między 2,3 a 8,5% zawartości gazu w mieszaninie, ponieważ

zaś wytwarzany gaz zawiera 20% gazu, zatem zawartość gazu w gazie gazolowo - powietrznym leży znacznie powyżej granicy jego wybuchowości, a tem samem wytwarzany gaz sam w sobie nie jest eksplozywny.

Gazownia tego typu jest czynna w Polsce od 26 lutego 1932 i pracuje ku ogólnemu zadowoleniu.

Również czysty gazol można stosować do gazyfikacji małych miast względnie osiedli. Gazol czysty ma tę przewagę nad gazem gazolowo - powietrznym, że skutkiem wysokiej wartości opałowej czystego gazu, dymenzyje rurociągów wypadają o wiele mniejsze, co znowu obniża koszty inwestycyjne sieci rurociągów. Ruch takiej gazowni ogranicza się do napełnienia zbiorników gazolem przytransportowanym na miejsce w cysternach lub w butlach.

Gazownie gazolowo - powietrzne i czysto gazolowe mają wielką przyszłość przy gazyfikacji małych miast ze względu na małe koszty inwestycyjne.

Przeróbka chemiczna gazu

Na podstawie badań dokonanych przez Laboratorium Maszynowe Politechniki Lwowskiej, został skonstruowany aparat do ciągłej produkcji wodoru z gazu lub gazu ziemnego.

Proces polega na zastosowaniu pary wodnej oraz katalizatorów, przyczem temperatura reakcji wynosi 600° C.

Skład wytwarzanego gazu reakcyjnego po wypłukaniu CO₂:

Wodoru 87,6%
Metanu 6%
Tlenku węgla 6,1%
Bezwodnika węglowego 0,3%

Ciągłość produkcji, niezawodność ruchu, wysoki procent otrzymanego wodoru, niskie koszty aparatury, oraz fakt, że tak produkowany wodor kalkuluje się taniej od innych metod otrzymywania tego produktu, tworzą właściwe zalety tej metody.

Aparatura do produkcji wodoru z gazu pracuje na Śląsku bez żadnych trudności.

Jeśli chodzi o przeróbkę chemiczną gazu, to na razie jest ona nie wykorzystana i stwarza pole do pracy dla chemika.

Poza wyżej wymienionemi gazol znalazł zastosowanie do takich celów, jak przecinanie blach, lutowanie, opalanie suszarń, oraz tego rodzaju przedsięwzięciom, jak dojrzewalni bananów, przetwórnictwo owocowe i t. p.

Jak widzimy, gazol wkroczył w rozmaite dziedziny przemysłu i gospodarstwa domowego, a to dzięki swoim zaletom i łatwości zastosowania tego paliwa do rozmaitych celów.

Nie od rzeczy będzie wspomnieć, że produkcję gazów skroplonych na wielką skalę prowadzi przedewszystkiem Ameryka Północna i Polska.

W Ameryce przemysł ten kroczy wielkimi krokami naprzód i z roku na rok powiększa się zbyt gazów skroplonych, uzyskanych z gazu ziemnego. I tak w roku 1932 było zainstalowanych 170.000 instalacji na gaz skroplony, 120 gazowni na gaz gazolowo - powietrzny i 20 gazowni na czysty gaz skroplony.

Inż. Zdzisław Ziolkowski
Asystent Politechniki Lwowskiej.

Problem chemicznej przeróbki gazu ziemnego w przemyśle.

Ostatnie lata wykazały u nas możliwość nadprodukcji gazu ziemnego. Duże, niewyżyskane rezerwy gazowe posiada Daszawa, która po uruchomieniu nawierconych, a z powodu braku zbytu obecnie zamkniętych szybów, może dostarczyć każdej chwili około 350 m³ gazu na minutę (już po zaspokojeniu potrzeb Borysławia i Lwowa i przy produkcji stanowiącej 20% wolnego wypływu). Nadmiar gazu wykazuje dalej Bitkowskie Zagłębie, w ilości około 100 m³/min, oraz Zagłębie Krośnieńskie - Jasielskie.

Jak zużytkować te rezerwy gazowe? Wysuwane propozycje sprowadzają się naogół do energetycznego wykorzystania gazu (budowa dalekobieżnych rurociągów) z pominięciem chemicznej przeróbki, mimo, że ta ostatnia jest przy obecnym stanie techniki w wielu wypadkach możliwa do przeprowadzenia na większą skalę i celową ze względów gospodarczych, czy też wojskowych.

Na pierwszy plan wysuwa się zagadnienie uzyskiwania z gazu ziemnego paliwa płynnego oraz wodoru, jako surowca do fabrykacji nawozów azotowych, środków wybuchowych, uwodarniania i t. d. Oba te produkty mogą znaleźć masowy zbyt na rynkach krajowych w czasie pokojowym. Z drugiej strony ważną jest ich rola dla obrony Państwa, choćby ze względu na korzystne strategiczne położenie pól gazowych.

1. P a l i w a p ł y n n e. Można stosować przeróbkę na benzol, benzynę względnie paliwa zawierające tlen (syntol, metanol).

Problemem przeróbki gazu ziemnego na benzol przez rozkład termiczny interesują się Stany Zjednoczone A. P. ¹⁾, oraz Niemcy ²⁾, które rozporządzają, mimo

braku naturalnych źródeł gazu ziemnego pokaźną ilością 3,5 miliardów m³ metanu rocznie w gazie koksowniczym. Mogą też one budować urządzenia do „odbenzolowania“ metanu na skalę techniczną (Ruhrchemie A. G. ³⁾). Są to komory szamotowe, wyposażone w szereg urządzeń pomocniczych, które pracują w dwóch okresach: pierwszy okres jest nagrzewaniem komór, do wysokiej temperatury (ca 1.100° C) przez spalanie w nich gazu, w drugim okresie przepuszcza się metan, który pod działaniem wysokiej temperatury przez pewien określony interwał czasu polimeryzuje częściowo na połączenia aromatyczne. Z 1000 m³ metanu dostaje się ⁴⁾ 63 kg lekkich olei (benzol, toluol), 12 kg teru, dalej pewne ilości etylenu oraz 500 m³ gazu ($Wd = 7.000 \text{ kal/m}^3$), już po pokryciu zapotrzebowania opału na napęd aparatury. W tych warunkach benzol wobec dużej ilości gazu poreakcyjnego jest właściwie produktem ubocznym i nie może pokryć kosztów przeróbki. O rentowności procesu decyduje zbyt gazu poreakcyjnego. Tak np. przy cenie gazu ziemnego i poreakcyjnego 5 gr/m³, cenie benzolu 40 gr. za kg, brak

Wheller and Wood: „Recent Experiments on the Pyrolysis of Methane“, Fuel in Sci. and Prac. 1928, 1930.

Stanley and Nash: „The Thermal Decomposition of Methane“, Jour. Soc. Chem. Ind. 1929.

Frolich, White, Dayton: „Studies on Production of Acetylen from Methane“, Jour. Ind. Eng. Chem. 1930.

Smith, Grandone, Rall: „Production of Motor Fuels From Natural Gas“, Report of Inv. Bureau of Mines 1931.

Chamberin and Bloom: „Thermal Treatment of Naturel Gas“. Ind. and Eng. Chem. 1929.

²⁾ Prace Instytutu Badania węgla w Mülheim - Ruhr, — Breunstoff - Chemie, r 1928, s. 309. 1929 r, s. 279, 324.

³⁾ V. D. I. 1931, s. 93.

⁴⁾ Fischer, Brennstoffchemie 1928, s. 309.

¹⁾ Ważniejsze prace: Holliday: „The Thermal Decomposition of Methane“, Jour. Chem. Soc. 1929, 1931.

jeszcze pokrycia kosztów ruchu i amortyzacji urządzeń. Wzrost ceny gazu poreakcyjnego np. do 10 gr/m^3 może już kalkulację uczynić bardziej realną.

Rozchód	Dochód		U w a g a
1000 m^3 gazu ziemn.	63 kg benzolu	gaz reak. 500 m^3	pominięto ter oraz etylen. Cena gazu 5 gr/m^3 jest przeciętną ceną w Zagłębiach Naft.
à 5 gr.	à 40 gr.	à 5 gr. à 10 gr.	
50 zł.	25 zł.	25 zł. 50 zł.	

Budowanie benzolowni na gazie ziemnym, technicznie prostych, uzasadnionym może być jedynie względami militarnymi, dając Państwu potrzebne dla obrony paliwo względnie surowiec dla środków wybuchowych (toluol). W pewnym wypadku można pogodzić interes gospodarczy z militarnymi momentami, a mianowicie tam, gdzie istnieje możliwość korzystnej sprzedaży gazu poreakcyjnego: w gazowniach miejskich. Tak np. Gazownia Lwowska obecnie już zużywająca pewne ilości gazu ziemnego do produkcji gazu miejskiego, dalej Gazownia w Stryju, mogą pracować rentownie w oparciu o benzolownię gazu ziemnego — będąc równocześnie rezerwą wojskową na wypadek wojny⁵⁾.

Produkcja benzyny z gazu ziemnego należy do bardzo skomplikowanych technicznie procesów. Wymaga ona uprzedniego przeprowadzenia gazu ziemnego na mieszaninę tlenek węgla-wodór (np. z parą wodną), mającą poza tym szeregi innych zastosowań. Mieszanki $\text{CO}-\text{H}_2$ przeprowadza się metodą Fischera⁶⁾, na węglowodory parafinowe, między innymi na benzynę. Metoda stosuje normalne ciśnienia, temperatury około $250-300^\circ \text{C}$. oraz katalizatory. Dotąd nie została jeszcze opracowana na skalę techniczną napotykać na duże trudności w opanowaniu trwałości katalizatorów oraz zjawisk cieplnych jakie występują równoległe z reakcją chemiczną (miejscowe wzrosty temperatury, zmieniające kierunek reakcji w sposób niepożądany). W doświadczeniach laboratoryjnych wydatek lekkich oleji (benzyny) wynosi $100-150 \text{ g}$ z m^3 mieszanki $\text{CO}-\text{H}_2$, co odpowiada wydajności do 250 kg benzyny z 1000 m^3 gazu ziemnego⁷⁾. Teoretycznie więc zużycie surowca jest korzystnym. O cenie benzyny syntetycznej zdecydować nadto koszty zakładowe instalacji oraz koszty ruchu, co do których brak narazie danych. Uniemożliwia to wypowiedzenie sądu co do rentowności fabrykacji. W każdym razie wobec wyczerpywania się naszych złóż ropnych, fabrykacja syntetycznej benzyny z gazu ziemnego może odegrać dla przemysłu naftowego poważną rolę, uzupełniając produkcję środków motorycznych.

Mieszanka $\text{CO}-\text{H}_2$ jest produktem wyjściowym dla syntezy syntolu, paliwa o charakterze alkoholowym oraz metanolu, cennego dla przemysłu chemicznego produktu. Ten ostatni fabrykowany jest z gazów koksowniczych metodą Patart'a, przez szereg fabryk w Europie. Charakterystycznym jest, że syntetyczny metanol pod względem ceny konkuruje z powodzeniem z alkoholem metylowym

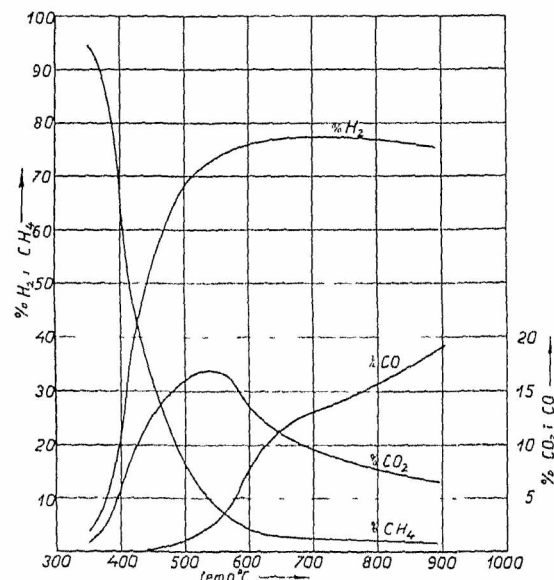
⁵⁾ Gazownie miejskie w Polsce mogą produkować rocznie około 1.500 ton benzolu, co dostarczyć nam może przeróbka 40 m^3 gazu ziemnego w minucie, t. j. około 12% nadwyżki produkcji Daszawy.

⁶⁾ „Brennstoffchemie“ r. 1926, str. 97.

⁷⁾ Na pokrycie obecnej produkcji benzyny w Polsce (12.000 cysteru rocznie) trzeba by przerobić około 900 m^3 gazu ziemnego w minucie, t. zn. prawie całą obecną produkcję gazu ziemnego.

pochodzenia naturalnego a nawet przyczynił się do obniżenia ceny tego produktu na rynkach.

2. W o d ó r : Obok paliw płynnych, ważnym zagadnieniem jest uzyskiwanie wodoru z gazu ziemnego. Technicznie problem ten jest stosunkowo znacznie zaawansowanym i znalazł już zastosowanie przemysłowe w Ameryce do fabrykacji amoniaku. Ponadto wyrób wodoru odgrywa rolę w procesach uwodarniania. U nas w najbliższym czasie przewidywanym jest przejście P. F. Z. A. w Mościcach na wodór z gazu ziemnego. Są to reakcje endotermiczne, które przeprowadza się z reguły na katalizatorach (niklowych). Proponowane metody⁸⁾ różnią się głównie stosowaniem różnych temperatur (600°C . — 1000°C .), od czego zależy stopień utlenienia węgla na tlenek węgla względnie bezwodnik węglowy. (Wykres 1).



Wykres 1.

Skład gazu reakcyjnego, otrzymanego przez rozkład gazu daszawskiego z parą wodną, jako funkcja temperatury. Katalizator niklowy. Stosunek obj. $\text{CII}_4:\text{H}_2\text{O}$ 1:10. Przepływ gazu ziemnego $200 \text{ m}^3/1 \text{ m}^3$ katalizatora.

Specjalnie korzystną jest reakcja, dająca mieszaninę CO_2-H_2 w jednym procesie, gdyż bezwodnik węglowy daje się łatwo usunąć. W tym wypadku odpada potrzeba konwersji (przeprowadzenia tlenku węgla na CO_2), co upraszcza aparaturę. Należy stosować tu niskie temperatury (550°C .), w których reakcja przebiega na odpowiednich katalizatorach dość szybko (wykres 2)⁹⁾, ale produkt otrzymany zanieczyszczony jest jeszcze znacznie większą ilością nierozłożonego metanu. — Stosowanie wyższych temperatur reakcji ($800-1000^\circ \text{C}$) daje korzyści w formie większej chylności reakcji, mniejszej objętości przestrzeni katalitycznej oraz lepszego stopnia przeróbki. Odczyszczanie mieszanki $\text{CO}-\text{H}_2$ wymaga jednak drugiego procesu chemicznego (konwersji). Urządzenie składa się wtedy z właściwego generatora, gdzie metan przeprowadza się z parą wodną na mieszaninę $\text{CO}-\text{H}_2$, oraz aparatury konwersyjnej. W fabrykacji wodoru do syntezy amoniaku, gdzie koncentracja metanu musi być minimalną korzystniejszym wydaje się stosowanie wyższych temperatur. Dla celów uwodarniania wystarczy koncentracja wodoru 85% -wa, tu więc racjonalniejszym jest stosowanie temperatur niskich dających od razu mieszaninę CO_2-H_2 ,

⁸⁾ W Polsce przeróbkę metanu na wodór opracowała P. F. Z. A. w Mościcach (wyniki, nieogłoszone w literaturze — podano na V. Zjeździe naftowym w Krośnie), oraz Laboratorium Maszynowe Politechniki Lwowskiej („Przemysł Naftowy“ r. 1932, str. 224. — Patryna, Ziolkowski).

⁹⁾ 1 m^3 przestrzeni katalitycznej przerabia do 500 m^3 metanu w godzinie.

dzy¹⁶⁾). Dla wytworzenia importowanej do Polski sadzy (około 400 ton rocznie) wystarczy przerobienie 8 m³ gazu ziemnego na minutę.

4. Chlorowanie. Jest to dziedzina u nas obszernie opracowana¹⁷⁾. Chlorowanie dostarcza nam takie produkty, jak chloroform (lecznictwo), czterochlorek węgla (zastosowanie w gaśnicach), rozpuszczalniki i t. d. Gospodarczo nie ma tak szerokiego znaczenia, jak np. problem paliw płynnych, gdyż może zużyć stosunkowo niewielkie ilości gazu ziemnego. Procesy chlorowania wymagają drogiego surowca, chloru. Trudność tę omija metoda chlorowania opracowana przez prof. Suchardę, która wprowadza do reakcji chlorowodór, dający się tanio

¹⁶⁾ Literatura: Carbon-Black. — Ist Manufacture Properties and Uses, Neal and Perrott r. 1932. The Electrical Manufacture of Carbon-Black, Jakosky, 1924 r.

¹⁷⁾ Prace przeważnie nieogłaszane drukiem.

Dr. R. Witkiewicz

Prof. Politechniki Lwowskiej.

O nauce pomiarów technicznych dla chemików.

Od pięciu lat wprowadzono obowiązkowo dla studentów IV roku Wydziału chemicznego Politechniki Lwowskiej wykład „Pomiarów maszyn i urządzeń dla przemysłu chemicznego“, połączony z ćwiczeniami praktycznymi w Laboratorium maszynowym. Przedmiot ten oraz poprzedzające go kolejno na niższych latach „Kreślenie techniczne i elementy maszyn“, „Maszynoznawstwo ogólne dla chemików“ i „Maszynoznawstwo specjalne dla chemików“ mają konsekwentnie przygotowywać studenta w kierunku maszynowo-ruchowym do dowolnej, chociaż elementarnej, pracy technologiczno-chemicznej w skali przemysłowej.

Przedmiot „pomiarów maszyn“ przeszczerpiono niejako z Wydziału mechanicznego. Trzeba jednak otwarcie przyznać, że i tam jest on z pewną nowością, chociaż wprowadzoną od 15 lat — nieistniejącą zresztą do dziś dnia na wielu innych politechnikach. Zależy to od sposobu zorganizowania maszynowego. To ostatnie istnieje wprawdzie obecnie już przy każdej uczelni technicznej, ale kierunek szkolenia bywa różny.

Rezultatem tego stanu rzeczy było, że w budowie ono być może dla studenta mechanika, czem jest klinika dla medyka. Czy moglibyśmy mieć zaufanie do przyszłego lekarza, którego nauka polegała tylko na słuchaniu wykładów, a który nigdy sam chorego się nie dotknął? Lekarz — pozostaliśmy jeszcze przy tej analogji — przyszedłszy do chorego, bada najpierw stan chorego, więc mierzy temperaturę, tętno, słucha szmerów, analizuje krew, mocz etc. Podobnie i inżynier — wezwany do niedomagającej maszyny lub urządzenia — musi umieć przede wszystkim bez błędu przeprowadzić szereg pomiarów podstawowych (określenie różnych temperatur, analiza spalin, obserwacja uderzeń, etc.) i przez porównanie istniejącego stanu ze stanem optymalnym dla danej maszyny może dopiero postawić diagnozę oraz wskazać środki zaradcze dla zwiększenia bezpieczeństwa względnie ekonomji ruchu. Należy tu jeszcze dodać, że do „wyleczenia“ potrzeba jeszcze konsekwentnego postępowania obsługi wedle wskazówek lekarza-inżyniera, której to wytrwałości często jej brak — i wtedy cały początkowy wysiłek idzie na marne. Wiele ekspertyz kończy się... elaborem, umieszczonym gdzieś w archiwum.

Inżynier musi więc umieć mierzyć. Pomiar techniczny różni się od fizykalnych przede wszystkim tem, że zależy tu na szybkości a rezygnuje się ze zbytnej dokładności, (błąd $\pm 1\%$ jest często dopuszczalny). W związku z tem istnieje dla każdego działu bardzo wiele metod. z pośród których trzeba na pierwsze miejsce wysuwać te,

produkować z NaCl oraz H_2SO_4 . W najbliższym czasie P. F. O. M. „Polmin“ ma przystąpić do przemysłowej eksploatacji metody.

Zestawienie: 1. Niektóre działy chemicznej przeróbki gazu ziemnego: fabrykacja wodoru i chlorowanie, dojrzały u nas do realizacji przemysłowej. Obecnie wprowadza się je w życie, co ma uzasadnienie zarówno w momentach natury gospodarczej jak i wojskowej.

2. Uzyskiwanie paliw płynnych z gazu ziemnego, chociaż nie przewyższa zdolności produkcyjnej naszych złóż gazowych, ma wobec skurczenia się pojemności rynków krajowych na materiały napędowe, znaczenie raczej militarne. Technicznie rozwiązana jest jedynie przeróbka na benzol.

3. Istniejąca u nas w pierwszych latach naszej państwowości produkcja sadzy, zaniechana następnie z powodu nierentowności, powinna być na nowo podjęta, wobec technicznego udoskonalenia przeróbki.

z pośród których trzeba na pierwsze miejsce wysuwać te, które są samocechowe, względnie łatwo do skontrolowania. Nie małą trudność stanowi właściwe wbudowanie przyrządu. W rezultacie trzeba odróżniać pozorne błędy maszyny względnie urządzenia, które można położyć na karb przyrządu, od istotnych błędów maszyn. Otrzymujemy — dla przykładu — nieraz wykresy indykatorskie z prośbą o radę „jak naprawić wykres“, gdy tymczasem wykres (i maszyna) są dobre, a dziwny kształt wykresu pochodzi z nieumiejętności indykowania.

Podobnie jak prawie każdy laik czuje się uprawnionym do leczenia, tak i większość inżynierów nie zdaje sobie zupełnie sprawy, że technikę mierzenia, będącą podstawą diagnozy, zdobywa się kosztem dłuższego specjalnego uczenia i ćwiczenia. Poniżej przedstawimy zakres szkolenia chemików oraz kilka typowych przykładów nieumiejętności pomiarowych, istnej „komedji onytek“ — bardzo przykrej jednak dla przedsiębiorstwa.

Zacniemy od pomiaru temperatury. Fizycy swoją dokładność pomiaru przy termometrze rtęciowym precyzują z reguły żądaniem uwzględnienia korektury „wystającego słupka“, co tworzy najwyżej kilka $^{\circ}\text{C}$. Tymczasem termometr w osłonie metalowej, wsunięty nawet głęboko w rurociąg, może dawać błąd 25°C , przy temperaturze powietrza 200°C , a to wskutek zachodzącego ruchu ciepła. Dopiero izolowanie zewnątrz rury, dodanie specjalnej osłony przed promieniowaniem zmniejsza ten błąd do około 1°C . Z tego samego powodu w palenisku kołowym różnice między temperaturą istotną gazu a wskazaną przez nieodpowiednio wbudowany termometr mogą wynosić np. 600°C ($=800-200$). Warto też przypomnieć częste pomiary temperatury wrzenia oleju, wypełniającego osłonę metalową termometru, albo temperatury lokalnego wiru — zamiast temperatury przepływającego medjum. Termometrami technicznymi są termometry elektryczne, które mogą wskazywać na odległość i rejestrować, przyczem trzeba dobrze odróżniać między termometrem oporowym o różnej możliwości precyzji (przy odpowiednim układzie części elektrycznej są możliwe odczyty z dokładnością $\pm 0,001^{\circ}\text{C}$ w zakresie od -200 do $+900^{\circ}\text{C}$), a termoelementem, tanim przyrządem technologicznym o błędzie $\pm 5^{\circ}\text{C}$, (co jednak ewentualne multiplikowanie stosownie zmniejsza). Odpowiednim termometrem oporowym możemy wyznaczać średnią temperaturę pewnego przepływu, termoelement zaś mierzy zasadniczo temperaturę „w punkcie“ (np. gorączkę u pchły). Do błędów samego termometru przychodzą jeszcze ewentualne błędy elektrycznego przeniesienia. Tych

kilka danych niech wyjaśni źródło częstych „nieporozumień“ w dziale pomiaru temperatury, gdzie — zdaje się — panuje największe nieuctwo, gdyż ten pomiar wydaje się być najłatwiejszym.

A przecież cała gospodarka cieplna, jakiegokolwiek bilansowanie ciepła, opiera się właśnie na pomiarze temperatury. Pozatem względy fabrykacyjne wymagają nie raz wielkiej stałości temperatury, więc i jej kontroli względnie automatycznego regulowania, szczególnie we fabrykach chemicznych. Szkolenie więc studentów w dziale temperatury, podobnie zresztą jak i w innych działach, idzie w kierunku zapoznania ich z obecnym stanem techniki pomiarowej i jej opanowania oraz należytej oceny prawdopodobnego błędu.

Równie częsty, jak pomiar temperatury, jest może pomiar ciśnienia. Humorystycznie, niby dziecko w zadużem ubraniu, wygląda w ruchu manometr z podziałką na duże ciśnienia, a wykorzystujący ją tylko w małej części; o litość prosi manometr, którego podziałka waha w takt maszyny, gdyż nie zdławiono odpowiednio kurka, aby zaszanować mechanizm; — a jak wielu inżynierów przechodzi codziennie obok mnóstwa podobnych manometrów, nie widząc zupełnie ich wad. Niektórzy, ufając widocznie w jego wykonanie „z metalu“ nie wiedzą nawet, że manometr rurkowy wzgl. membranowy nie jest przyrządem samocechwalnym i z oburzeniem odpiesają posądzenie, iż „jego manometr“ pokazuje błędnie (nieraz istotnie o wiele atmosfer). Albo te staranne korektury gazowe, do któregoś miejsca dziesiątego, korzystające ze wskazania przygodnego aneroidu, którego podziałkę miejscowy kupiec (optyk) tak przekręca, aby dobrze wskazywał pogodę, czemu np. odpowiada w Zakopanem ciśnienie barometryczne 630 mm sł. rt., we Lwowie zaś 730, albo analogiczne podziałki procentowe próżnomierza, wprowadzające tylko w błąd, — czyż nie są one dowodem, że i ciśnienie trzeba umieć mierzyć.

Jakiś czas wielką rolę odgrywały mikromanometry, z których niektóre typy są samocechowalne. Pozwalają one na pomiar bardzo małych ciśnień, np. kilku setnych milimetra słupa wody. Nowoczesnymi przyrządami specjalnie do pomiaru ciśnień różnicowych są, konkurujące między sobą technicznie, oraz fabrykacyjnie, urządzenia pływakowe i waga pierścieniowa, ta ostatnia w wielu zastosowaniach jedyna.

W dziale analizy spalin, którą to technikę, samą dla siebie, zresztą studenci chemicy z reguły bardzo dobrą posiadają, spotykamy brak nawiązania wyników pomiaru z ruchem kotła¹⁾, albo nieznaną analizatorów ciągłych (tych „automatycznych chemików“). Odpowiednie ćwiczenia (obsługa ciągłego analizatora, techniczna kontrola palenia, bilans cieplny kotła) dążą do uzupełnienia powyższych braków.

W ruchu fabrycznym również często mamy do czynienia z pomiarem ilości przepływającego gazu, pary, lub płynu. Najdokładniejszymi przyrządami (pomocniczymi) są tu waga i zegar. Przy niemożności ważenia wysuwa się ostatnio na pierwszy plan metoda zwężki mierzniczej, bardzo wygodnej w ruchu i posiadającej dla pewnych unormowanych profilów dzisiaj już dostateczną w technice dokładność: trzeba tylko umieć określić bez błędu odnośne współczynniki. W porównaniu z tem, jak rażąco niedokładne są, spotykane jeszcze, pomiary gazu zapomocą rurek Pitota, którym np. na terenie zagłębia naftowo-gazowego wypowiedzieliśmy bezwzględna walekę²⁾. Dużo grzeszy się przy wyborze mierników mecha-

¹⁾ Witkiewicz: „Z techniki kontroli palenia“. — Wykłady o gospodarce cieplnej. 1923, nakładem Stowarzyszenia Dozoru Kotłów, str. 119—137.

²⁾ Komisja dla spraw mierzenia gazu ziemnego, powołana przez III. Zjazd Naftowy. — „Normy mierzenia przepływu gazu

ziemnego zapomocą dysz i kryz“, 1932. Nakładem „Przemysłu Naftowego“, str. 15.

nicznych na wodę, gaz etc. w przemyśle, również w gospodarstwie domowym. Trzeba tu zwalczać, (więc już na ławie szkolnej odpowiednio urabiać), psychozę społeczeństwa, które z największym marnotrawstwem odnosi się do wszystkiego, „za co nie trzeba płacić“³⁾.
Dalszym elementem bardzo ważnym w ruchu jest izolacja cieplna, rzecz nieraz prosta ale w niejednym wykonaniu wymagająca pełnej znajomości zasad przepływu ciepła. Trudno np. bez tego zrozumieć: dlaczego rury cienkie mogą być izolowane cienką warstwą, a płaskie ściany należy chronić stosunkowo bardzo grubą; dlaczego dwukrotnie gorszy co do współczynnika przewodzenia materiału izolacyjny wymaga przy rurze nie dwu — ale wielokrotnie grubszą warstwę, jeżeli straty ciepłne na 1 mb mają być te same; kiedy warstwa powietrza przestaje izolować; dlaczego odwrotnie folja glinowa jest w pewnych warunkach dobrą i używaną izolacją, chociaż glin na bardzo niekorzystny współczynnik przewodzenia ciepła; kiedy wogóle najmniejszy wydatek na izolację jest nieekonomiczny; jak lichą izolacją jest zwykły krajany korek, maczany w smole; jak wielkie nadzieje przykładac musi Polska, nieposiadająca naturalnego korka ani magnezji lub okrzemki, do izolacji rodzimej z wełny szklanej⁴⁾ i t. d. — obok wielu, wielu specjalnych problemów. Należy tu też łatwy do obliczenia a tak doniosły w ogrzewnictwie, fakt, że woda o temperaturze 100°, przepływając w izolowanym rurociągu traci zaledwie około 1° C na długości 1 km.

Dużo grzeszy się w ruchu z aparaturą parową, więc wszelkiego rodzaju odwadniaczami pary, garnkami kondenzacyjnymi (automatami), wentylami bezpieczeństwa, wentylami redukcyjnymi, wentylami samozamykającymi w razie pęknięcia rurociągu, odoliwiaczami, injektorami, pulsometrami, etc. W Laboratorium maszynowym Politechniki Lwowskiej, gdzie odbywają się wszystkie ćwiczenia studentów chemików, zmontowano w kotłowni oddzielnie około 40 różnych modeli powyższych aparatów, stąd wielka różnorodność ćwiczeń i doskonały pokaz. W ruchu szczególnie niektóre automaty, źle dobrane lub wbudowane, albo niedziałają zupełnie (— oko niestety nie przenika żelaznego rurociągu pozornie odprowadzającego kondensat —) albo „źrać“ wprost parę obciążają podstępnie konto maszyny. Zachowanie się wentyli redukcyjnych określają znowu pewne charakterystyki t. zw. krzywe stałości regulatora, których znajomość jest w ruchu konieczną.

Chemicy nie ćwiczą natomiast ze silnikami (parowymi lub spalinowymi), a z t. zw. maszyn roboczych wchodzi dla chemików w rachubę tylko ćwiczenie z wentylatorem i ćwiczenie z turbopompą, oba polegające na zdjęciu pełnej charakterystyki i na umiejętności jej interpretacji (zamały lub zaduży agregat, nieodpowiedni typ, praca szeregową względnie równoległą dwu agregatów, wpływ zmiany gęstości przepływającego medjum na ciśnienie i pracę agregatu, etc).

W sumie wykonują studenci chemicy 12 ćwiczeń dwugodzinnych w jednym półroczu szkolnym. Ograniczony programem czas nie pozwala na ruchowe pomiary kompresora i pompy tłokowej, co prawda prostsze od ana-

³⁾ Nieszczelność np. lub stałe niedomykanie kurków przy ryczałtowych opłatach za wodę zwiększa u nas prawie dwukrotnie zapotrzebowanie wody na głowę w porównaniu z zagranicą. Klasyycznym przykładem są tu też niektóre miasteczka, w których mieszkańcy świecą lampy elektryczne dzień i noc, bo z powodu braku mierników płaci się tam „od żarówki“.

⁴⁾ Inż. Sekułowicz wyrabia w Bilezu (obok Gorlic w Małopolsce) wełną szklaną (na gazie ziemnym). Współczynnik przewodzenia dla niej dorównuje, względnie przewyższa najlepsze materiały izolacyjne zagranicy.

logicznych agregatów obrotowych, ale również bardzo częste w przemyśle chemicznym. Sporadycznie-tylko, t. j. nie-obowiązkowo, odbywają się ćwiczenia z generatorem na gaz ssany, oraz ćwiczenia z chłodzarką amonjakalną. W porównaniu do obowiązkowego pensum studentów Wydziału mechanicznego, obejmującego około 40 ćwiczeń w trzech półroczach szkolnych, odpadają tu między innymi: badanie węgla, wyznaczanie wartości opałowej gazu, analiza gazu i spalin, indykatory pracy, badanie smarów, wody kotłowej, ćwiczenia montażowe, ruchowe oraz badanie regulatora, maszyn parowych, różnych typów silników spalinowych ec. Niektóre wspólne dla obu wydziałów ćwiczenia są dla mechaników odpowiednio rozszerzone.

Przygotowane schematy oraz powielane odpisy ułatwiają studentom ćwiczenia. Nie można się jednak łudzić, żeby student po przerobieniu kilkunastu czy kilkadziesiąt ćwiczeń w laboratorium maszynowym, posiadał już technikę przyrządów, gdyż do tego potrzebna oprócz wrodzonych zdolności (i do zawodu lekarza nie każdy mózg jest predystynowany), jeszcze dłuższa praktyka fachowa. Ćwiczenia praktyczne, dające pierwsze czucie z maszyną, mają dać podwaliny do przyszłego samokształcenia, oraz przestrzec przed zbagatelizowaniem tego działu czyto przez mechanika, czyto przez chemika.

Wykład, poprzedzający ćwiczenia, nie jest opisem stosowanych przyrządów, np. najnowszych modeli, tylko obejmuje całkowicie dane problemy (z punktu widzenia

teoretycznego i ruchowego), przyczem główną rolę gra umiejętny pomiar a nie przyrząd. W takim ujęciu każdy przyrząd jest dobry, tylko trzeba go traktować indywidualnie, ze zrozumieniem teoretycznym, z zamiłowaniem dla sprawy, nie oddawać go w ręce robotnika, ale samemu nauczyć się z nim obchodzić, jego mowę rozumieć; trzeba też mieć męską wolę i cierpliwość w pokonywaniu pozornych grymasów czy bierności aparatów. — Ustawiając przyrządy trzeba z nich korzystać, a poznawszy błędy swego zakładu, starać się je usunąć. Jakakolwiek tutaj połowiczność jest oszukiwaniem samego siebie. Właściwą obsługą przyrządu odpowiada pełnej godności inżyniera i jest zajęciem wdzięcznym, gdyż sprowadza czynności inżyniera ruchu z administracyjnego z powrotem do rzeczywiście technicznego.

Przykre wrażenie sprawia, gdy fabryka przy budowie pozwala się „nabrać“, t. j. zakupuje bezkrytycznie „hurtem“ przyrządy za kwotę zbyt nie stosunkową do całej inwestycji, a potem zupełnie z nich niekorzysta. W przeciwnym razie do tego pozwala odpowiednio rozplanowana aparatura pomiarowa, uzupełniona urządzeniami sygnalizacyjnymi i innymi, do prowadzenia ruchu zapomocą „dysponowania ruchu“ z jednego punktu, centrali, co analogicznie do kolejowych urządzeń ruchowych wzdłużowych stacyj znacznie zwiększa sprawność i bezpieczeństwo zakładu. Chemia zagranicą coraz więcej korzysta z tak zorganizowanego ruchu, oby Polska poszła jej przykładem.

Dr. Inż. Witold Aulich.

Na pograniczu między chemią a budową maszyn.

Gdziekolwiek sąsiadują dwie dziedziny wiedzy, tam musi zachodzić współpraca i wzajemna wymiana usług i doświadczeń. Taka współpraca jest łatwa i naturalna w wypadkach, gdzie obie sąsiadujące dziedziny częściowo się pokrywają, tworząc pole pograniczne wspólne, na którym nad pokrewnymi zagadnieniami mogą pracować przedstawiciele obu tych dziedzin. W tych wypadkach przedstawiciele obu dziedzin znajdują się na pewnym gruncie, a porozumienie między nimi nie przedstawia trudności. Są jednak wypadki, w których pomiędzy terytoriami dwóch kierunków zawodowych znajduje się pas „ziemi niczyjej“, teren niezajęty, o który nie kwapi się żadna strona. W miarę jak zmusza do tego potrzeba, muszą spotykać się na tym terenie i współpracować z sobą przedstawiciele obu dziedzin; znajdują wówczas, że obu im jest na tym terenie obco i spotyka ich zawód co do oczekiwanych od drugiej strony danych i wiadomości.

Na pograniczu chemii i inżynierji mechanicznej istnieje obustronne świadczenie pomocy. Budowa maszyn korzysta od dawna z usług chemii. Mam na myśli metalurgję, która dostarcza budowie maszyn materiałów konstrukcyjnych, oraz liczne działy technologii mechanicznej, korzystające w większym lub mniejszym zakresie z pomocy chemii, jak papiernictwo i przemysł tekstylny. Jeśli inżynierja mechaniczna długo nie odzwajemniała się w pełnej mierze usługami ze swej strony, jeśli budowa aparatów i maszyn dla przemysłu chemicznego była pozostawiona praktykom pracującym empirycznie, należy to położyć na karb faktu, że na tym odcinku pogranicza obu wymienionych dziedzin znajduje się właśnie taki pas „ziemi niczyjej“, na którym zarówno chemik jak i mechanik wykształcony wedle dzisiejszych programów naukowych, nie znajdują się na swoim gruncie.

Rezultatem tego stanu rzeczy było, że w budowie maszyn i aparatów przemysłu chemicznego, w większej mierze niż w innych działach techniki, zapanowała atmosfera pilnie strzeżonych tajemnic zawodowych. Przeważna część tajemnic, otaczających przemysł chemiczny

odnosi się do techniki procesów, co łączy się ściśle ze sprawą aparatury i wyposażenia fabryk. W jednym z angielskich podręczników spotkałem np. zdanie, że o ile chodzi o niemiecki przemysł barwikowy, to cała jego strona chemiczna jest opublikowana, a tylko technika procesów stanowi tajemnicę.

Reforma programów na wydziałach chemicznych politechnik, przesuwająca punkt ciężkości studjów w kierunku technologicznym, sprawiła, że przemysł chemiczny bez trudu znajduje kandydatów na stanowiska inżynierów ruchu, kierujących w fabrykach przebiegiem procesów. Pograniczny pas „ziemi niczyjej“ uległ wskutek tego znacznemu zwężeniu, nie znikł jednak zupełnie. Technologia chemiczna bowiem, nawet najdoświadczeńszy, w wyjątkowych chyba wypadkach może zająć się stroną konstrukcyjną aparatury chemicznej. Rozwiązywanie zagadnień konstrukcji wymaga osobnego typu zdolności wrodzonych i wyszkolenia umysłu. Charakter studjów chemicznych nie pociąga z reguły jednostek o tym typie uzdolnienia, a chemiczne studja nie dają sposobności do jego rozwoju. O ile jednak jest jasnym, że podstawą wykształcenia konstruktora urządzeń maszynowych i aparatury dla przemysłu chemicznego muszą być studja konstruktorskie na wydziale mechanicznym, o tyle też nie ulega wątpliwości, że studja te same nie przygotowują jeszcze do podejmowania zadań omawianej specjalności a inżynier-mechanik chcący się temu działowi poświęcić jest zdany na samouctwo i to nie na samouctwo dotyczące szczegółów i rzeczy specjalnych — co byłoby rzeczą naturalną — ale samouctwo w rzeczach podstawowych.

Pośpieszną i błędną byłaby konkluzja, że uzupełnieniem podstawowych studjów konstruktora urządzeń fabryk chemicznych powinny być studja chemiczne, że należy utworzyć kierunek studjów, któryby kandydatom dawał połączone wykształcenie inżyniera - mechanika i chemika, z pewną może przewagą pierwszego. Niejasno jeszcze zdawano sobie z tego sprawę, gdy w roku 1888 zakładano w Stanach Zjednoczonych pierwszy wydział

„inżynierji chemicznej“ (Chemical Engineering) w bostońskiej politechnice, noszącej nazwę Massachusetts Institute of Technology. Miał to być — wedle słów ówczesnego programu — kurs studjów dla studentów, którzy „zamierzali otrzymać ogólne wykształcenie w inżynierji mechanicznej (budowie maszyn), poświęcając część czasu na studjum zastosowań przemysłowych chemji, w szczególności tych, które odnoszą się do spożytkowywania i wytwarzania produktów chemicznych“¹⁾. Wydziały inżynierji chemicznej, których w Stanach Zjednoczonych powstało bardzo wiele, a które dziś kształcą 12% ogółu inżynierów amerykańskich, musiały przejść drogę pewnej ewolucji programów, zanim zdołały dawać swym elewom kompletne wykształcenie.

Aby móc ocenić, w jakim kierunku powinno iść wykształcenie konstruktorów, którzy mają projektować maszyny i aparaty dla fabryk chemicznych, przyjrzyjmy się żądaniom, jakie im stawia praktyka.

Proces chemiczny, wychodząc ze stanu przygotowawczego, ewentualnie wypróbowany na skalę niby fabryczną w instytucie badawczym, nie jest jeszcze wypracowany we wszystkich szczegółach. Na podstawie badań wykonanych na aparaturze małych rozmiarów, ma się zaprojektować rodzaj i wymiary urządzeń na skalę fabryczną. Nie wszystkie typy urządzeń, jakie były użyte w procesie na małą skalę, dadzą się zastosować w fabrykacji na skalę handlową. Mogą stać tu na przeszkodzie względy termiczne, własności materiałów, konieczność wprowadzenia procesu ciągłego tam, gdzie poprzednio stosowano okresowy i t. p. Aby móc dobrać stosowne urządzenia i maszyny, musi konstruktor mieć dobrą znajomość istniejących typów i to znajomość nie wyłącznie opisową; musi znać ich zalety, wady i niedostatkii, cechy szczególne, ograniczenia w zastosowaniu i t. d. Wybrawszy rodzaj aparatów i maszyn, musi konstruktor zdecydować ich wielkość, co sprowadza się do rozwiązania szeregu zagadnień z zakresu podobieństwa fizykalnego; chodzi o wykrycie, jak się zmienia wielkość ta, owa i inna ze wzrostem ilości produktu wytwarzanego w jednostce czasu. Na pytania te w wielu wypadkach może dać odpowiedź fizyka, o ile jednak chodzi o zagadnienia mało jeszcze teoretycznie zbadane, nie pozostaje nic innego, jak uciec się do pomocy nie bardzo pewnych danych z praktyki. Należyte rozwiązanie tych zagadnień jest rzeczą wielkiej wagi tam szczególnie, gdzie — zgodnie z wymaganiami ekonomji — stosować zamierzamy procesy ciągłe w miejsce okresowych, ciągłość bowiem produkcji w fabryce wymaga nader dokładnego dostrojenia wzajemnego wszystkich urządzeń.

Podczas gdy chemik, pomysłodawca procesu, myśląc o stronie ekonomicznej problemu, miał na uwadze przede wszystkim wydajność procesu pod względem chemicznym, (wykorzystanie surowca względnie materiałów wyjściowych), konstruktor aparatury musi zająć się gospodarką cieplną, zużyciem energii, wody, smarów, materiałów pomocniczych, sprawami trwałości, zużycia i remontu urządzeń, mając wciąż na uwadze, że celem fabryki chemicznej jest wytwarzanie produktu z zyskiem. Do niego też należy nietylko obmyślenie i obliczenie samych aparatów i maszyn, ale również wyposażenie ich w rozliczne urządzenia kontrolne i pomiarowe, bez których nie można by pomyśleć o prowadzeniu procesu, a które stanowią o bezpieczeństwie i ekonomji fabryki zarówno jak o jakości produktu. Urządzenia kontrolne trzeba często obmyślać *ad hoc*, co daje okazję do wykorzystywania najrozmaitszych zjawisk fizycznych. Jako przykład pomysłowości na tem polu przytoczę ogromnie

proste urządzenie alarmowe dla fabryk syntetycznego amoniaku. Urządzenie to składa się z dwu piszczałek o jednakowych rozmiarach, z których jedną wprowadza w brzmienie przepływ normalnej mieszanki gazów, podczas gdy przez drugą przepływa mieszanka wchodząca w danej chwili do procesu. Jakkolwiek zmiana składu tej ostatniej mieszanki powoduje zmianę wysokości tonu piszczałki, a już małe różnice wysokości tonu obu piszczałek dają się wyczuć uchem jako dudnienie.

Ten przegląd zadań, jakie ma do rozwiązania konstruktor względnie projektodawca urządzeń fabryki chemicznej wykazuje, że w zakresie chemji może się on obywać encyklopedycznym wykształceniem. Wystarczy mu również opisowe, jakkolwiek dość obszerne poznanie poszczególnych działów chemicznej technologii. Wszak będzie on zawsze współpracować z chemikiem - technologiem, do którego należy cała chemiczna strona zadania. Znajomość maszyn i aparatów używanych w przemyśle chemicznym jest łatwa do nabycia w drodze samouctwa; będzie ona gruntować się i wzrastać w miarę nabywania doświadczenia praktycznego. Natomiast, obok wyszkolenia w konstrukcji maszyn musi on opanowywać liczne działy fizyki technicznej. Obok mechaniki, termodynamiki i elektrotechniki oraz fizyki materiałów w zakresie przystosowanym do potrzeb inżyniera maszynowca, musi poznać gruntownie całość technicznej nauki o ciepłe, z której będzie korzystał obliczając urządzenia do odparowywania, skraplania i suszenia w próżni, ogrzewania pod ciśnieniem w autoklawach, destylowania i i. Musi umieć rozwiązywać zagadnienia, dotyczące ruchu ciepła. Ponieważ nie zawsze można dostać gotowe tablice dotyczące własności par, musi umieć sam obliczyć ciśnienia par dowolnych substancji dla znanego punktu wrzenia i znanego ciśnienia pary przy dowolnej innej temperaturze; musi umieć rachować ciśnieniami częściowemi. Podczas gdy inżynier - hydraulik ma do czynienia tylko z wodą, problemy projektodawcy urządzeń dla fabryk chemicznych dotyczą płynów o bardzo różnych własnościach; ma on również do czynienia z najróżnorodniejszymi gazami, nie zaś wyłącznie z powietrzem i parą wodną. Obok materiałów konstrukcyjnych, używanych w ogólnej budowie maszyn, ma on do czynienia z całym szeregiem materiałów odpornych na działania chemiczne, których własności fizykalne znać musi i t. d., i t. d.

Jak widzimy z tego pobieżnego przeglądu, ową „ziemią niczyją“, leżącą na pograniczu chemji i budowy maszyn, stanowi szereg działów fizyki technicznej; to też poznanie fizyki technicznej w szerokim zakresie jest koniecznym uzupełnieniem studjów inżyniera - mechanika, chcącego poświęcić się budowie aparatów i maszyn przemysłu chemicznego. W tym dziale nie wystarcza być inżynierem - mechanikiem; trzeba w nim inżyniera-fizyka.

Nasuwa się pytanie, gdzie i jak można się kształcić w tym kierunku? Ameryka rozwiązała ten problem dwójako. Obok omówionych już wydziałów „inżynierji chemicznej“ niektóre tamtejsze politechniki urządzają jednoroczne studia specjalizujące w tym kierunku dla dyplomowanych inżynierów. Nie ulega wątpliwości, że kursa takie, zapewniając lepszą selekcję kandydatów, mogą dawać doskonałe rezultaty.

Na zakończenie pragnę podkreślić, że konstrukcja aparatów i maszyn przemysłu chemicznego stanowi dział studjum o charakterze wybitnie akademickim, w najbardziej dodatnim znaczeniu tego wyrazu. Studjum to nie łączy w kierunku wywołanej koniunktury, zacieśniającej widnokrąg specjalizacji, ale przygotowuje do podejmowania i rozwiązywania coraz to odmiennej zagadnień. Ten dział pracy otwiera szerokie pole dla jednostek samodzielnich i obdarzonych inwencją.

¹⁾ Kurs ten obejmował początkowo 6 lat studjów; z biegiem czasu zredukowano jego trwanie do lat 4-ch, w ten sposób sprowadzając czas studjów do normy przeciętnej na innych wydziałach.

RECENZJE I KRYTYKI.

Władysław Baliński: „Metody porządkowania i przechowywania papierów w biurze i w domu“. Wydawnictwo „Ligi Pracy“. Str. 179. Rys. 100. Cena 5 zł.

Porządkowanie i przechowywanie papierów wydaje się czynnością drugorzędną i nie wymagającą specjalnej uwagi.

Byłoby wielką szkoda, gdyby się pogląd ten upowszechniał, porządkowanie i przechowywanie jest bowiem czynnością ważną, poprzedzającą należyte i umiejętne korzystanie z materiałów posiadanych.

Jak pamięć w umyśle ludzkim jest podstawą do sądu i decyzji rozumnej, a bez pamięci ani sąd, ani powzięta decyzja nie posiadają rozumnych podstaw, tak możliwość korzystania w każdej chwili z materiałów uporządkowanych jest jednym z koniecznych warunków sprawności pracy umysłowej i jest podstawą pracy prawidłowo zorganizowanego biura.

Niestety w literaturze naszej nie posiadaliśmy dotychczas prac poświęconych tym zagadnieniom. Jest zasługą autora, iż literatura polska zostaje wzbogacona pracą, zawierającą tak wiele pożytecznych uwag, które mogą przynieść korzyść każdemu czytelnikowi, a to tembardziej, iż autor zajmował kierownicze stanowiska w dużych przedsiębiorstwach o rozległym zakresie działalności, przytem na-

der różnorodnej. Jest on praktykiem, posiadającym duże doświadczenie organizacyjne i w tym charakterze dał się już poznać szerszemu ogółowi pracą swą p. t. „Biuro Wzorowe“.

Inż. Piotr Drzewiecki: „Zaniedbane źródła dobrobytu w Polsce“ Nr. 70. Str. 52, Cena 2 zł.

Piotr Drzewiecki, wybitny znawca prawidłowej organizacji i zagadnień gospodarczych, wzbogacił naszą literaturę nową pracą na ciekawy temat zaniedbanych źródeł dobrobytu w Polsce.

Autor analizuje w sposób przekonujący istotne przyczyny różnego stopnia zagospodarowania poszczególnych krajów i słusznie dowodzi, iż obecny stan gospodarczy Polski nie odpowiada posiadanym dogodnościom i przyrodzonym warunkom dla rozwoju gospodarczego naszej ludności.

W części II znajdujemy cały szereg cennych uwag i praktycznych wskazań w zakresie czynników poprawy, gdyż słusznie wywodzi autor, iż ludność polska ma wszelkie możliwości i szanse wyrównać swe zaniedbania i stanąć w rzędzie bogatych i kulturalnych narodów.

Powyższa praca inż. Piotra Drzewieckiego, bogato ilustrowana starannie dobranymi tabelami statycznymi winna się znaleźć w rękach tych wszystkich, którym przyszłość gospodarcza Polski nie jest obojętna.

SPRAWY TOWARZYSTWA.

Rozszerzenie konkursu Polskiego Towarzystwa Politechnicznego im. Bar. Gostkowskiego.

Polskie Towarzystwo Politechniczne we Lwowie ogłosiło w *Czasopiśmie Technicznym* Nr. 7 z dnia 10. kwietnia b. r. konkurs im. bar. Gostkowskiego następującej treści:

Wydział Główny P. T. P. uchwalił na posiedzeniu d. 6. marca 1933 r. rozpisac konkurs na pracę naukową na dowolny temat z dziedziny techniki, zalecając jednak następujące tematy:

1. Sprawa zabezpieczenia przejazdów na skrzyżowaniach dróg w poziomie.
2. Ekonomja mostów kratowo-drewnianych.
3. Jak poprzeć rozwój kanalizacji i wodociągów dla małych miast.
4. Zastosowanie drzewa w budownictwie mieszkaniowym.
5. Drzewo w budownictwie.

O nagrodę mogą się ubiegać członkowie P. T. P. Termin wręczenia prac konkursowych w biurze Towarzystwa Lwów (ul. Zimorowicza l. 9) upływa dnia 16. grudnia 1933 o godz. 18. Prace mają być opatrzone godłem wraz z zamkniętą kopertą oznaczoną tem samym godłem, a zawierającą wewnątrz imię i nazwisko, oraz adres autora. Nagroda 600 zł. będzie przyznana pracy, uznanej przez Sąd za najlepszą. W razie uznania dwóch lub trzech prac za równorzędne, nagroda zostanie podzielona. O przyznaniu nagrody rozstrzyga Wydział Główny P. T. P. we Lwowie na podstawie wniosków Komisji konkursowej złożonej z trzech profesosów Politechniki i Prezesa P. T. P. pod przewodnictwem urzędującego Rektora Politechniki Lwowskiej.

Praca nagrodzona zostaje własnością autora, który w razie jej ogłoszenia drukiem winien się zastosować do ewentualnych wskazówek Wydziału Głównego.

(Przyczem zaznacza się, że pierwotnie podany temat drugi „Ekonomja mostów kratowo-żelaznych“ podany był mylnie i powinien opiewać: „ekonomja mostów Eratowo-drewnianych“).

Obecnie na podstawie uchwały Wydziału Głównego rozszerza się ten konkurs przez dodanie drugiej grupy tematów, a mianowicie:

6. Szkieletowe budownictwo stalowe.
7. Trwałe nawierzchnie drogowe, zbrojone żelazem, w świetle najnowszych doświadczeń.
8. Spawane mosty belkowe dla dróg.
9. Stosowanie spawania acetylenowo-tlenowego w budowie łodzi i statków.
10. Spółczesny stan technologii betonu w świetle najnowszych badań.
11. Wpływ powiększenia naprężeń dopuszczalnych w betonie na oszczędność konstrukcyj żelbetowych.
12. Metody fundamentowania przed powstaniem żelbetu a dzisiaj.

Za prace na temat grupy 2-giej od 6 do 12, uznane przez Sąd konkursowy za najlepsze przyzna Wydział Główny za każdy temat nagrody po 200 zł. ustanowione za tematy pod 6, 7 i 8 przez Syndykat Polskich Hut Żelaznych, za temat pod 9 nagrodę ustanowioną przez Francuskie Towarzystwo Akcyjne „Perun“ w Warszawie, za tematy pod 10, 11 i 12 nagrody ustanowione przez Związek Polskich Fabryk Portland-Cementu.

Dla wszystkich tematów tak grupy 1 jak i 2-giej obowiązują warunki konkursowe identyczne z warunkami ustanowionymi dla konkursu im. Bar. Gostkowskiego z tem, że o nagrody ubiegać się mogą autorzy tak będący już obecnie Członkami P. T. P., jak i ci, którzy posiadając warunki statutowe P. T. P. zgłoszą swoje przystąpienie do P. T. P. i zostaną przez Wydział Główny przyjęci jako członkowie przed terminem konkursu.

Termin wręczenia prac konkursowych, ustalony w ogłoszeniu w Nr. 7 *Czasopisma Technicznego* z dnia 10. IV. b. r. na dzień 16. XII. 1933 r. przedłuża się do dnia 15. lutego 1934 r. godz. 18-tej.

Wszystkie prace konkursowe winny być na kopertach oznaczone jako należące do tematów grupy I-szej, wzgl. grupy II-giej.