

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

O stopach łożyskowych, nap. Dr. I. Feszczenko-Czopiwski, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.

Nasze projekty kanałowe, nap. Inż. A. Legun-Biliński.

Katatermometria i skala temperatur efektywnych, nap. Dr. B. Nowakowski.

Zagadnienie podwyższenia sprężania i detonacji w silnikach spalinowych, nap. Inż. C. Woynicz.

Przegląd pism technicznych.

Bibliografia.

## SOMMAIRE:

Sur les alliages pour coussinets, par M. I. Feszczenko-Czopiwski, Dr., Professeur à l'Académie des Mines de Cracovie.

Sur les projets des voies de navigation intérieure en Pologne (à suivre), par M. A. Legun-Biliński, Ingénieur.

Katathermometrie et l'échelle des températures effectives par M. B. Nowakowski, Dr., Prof. à l'École Nationale d'Hygiène de Varsovie.

Surcompression dans les moteurs à explosion, (à suivre), par M. C. Woynicz, Ingénieur.

Revue documentaire.

Bibliographie.

## O stopach łożyskowych.\*)

Napisał Dr. I. Feszczenko-Czopiwski, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.

Zadaniem łożyska, wypełnionego odpowiednim stopem, jest zapewnienie jaknajmniejszego tarcia przy pewnym obciążeniu i pewnej szybkości między łożyskiem a czopem wału maszyny. W tym celu materiał wypełniający łożysko powinien posiadać wysoką zdolność docierania się do powierzchni ciała obracającego się w panewce, przy najmniejszym zużyciu materiału, ulegać jak najmniejszemu odkształceniu i nie dopuszczać do przekroczenia pewnej granicy rozgrzania dotykających się powierzchni. Stop wypełniający panewkę musi być jak najmniej niszczącym się, dającym się łatwo zmieniać, mieć wysoką przewodność cieplną i być taniem. Stosunek obydwu ciał: wypełniającego łożysko i trącego się o nie musi być wzajemnie antyfrukcyjny, to znaczy, że obydwa te materiały muszą być jak najbardziej różnorodne, część obracająca się musi być znacznie twardszą od materiału łożyska, a ten ostatni musi składać się z dwóch odmiennych składników strukturalnych: miękkiej osnowy i twardych kryształków, rozrzuconych równomiernie po całej objętości tej osnowy.

Osnową stopu łożyskowego może być albo czysty metal miękki (Sn, Pb), albo roztwór stały ( $\alpha$ -Sn), albo eutektyka (Pb-Sb); twardą fazą są przeważnie związki chemiczne ( $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ) lub roztwory stałe ( $\beta$ -Sn), lub też twarde pierwiastki (Sb). Te twarde wtrącenia przeciwdziałają ciśnieniu czopa obciążonego i kręcącego się wału maszyny i przenoszą to ciśnienie na miękką osnowę łożyska. W razie miejscowego przeciążenia poszczególnych twardych cząsteczek, wciskają się one głębiej w miękką osnowę łożyska i tym samym rozkładają obciążenie równomiernie na całe łożysko. Stosunek ilości twardego składnika strukturalnego do miękkiej osnowy musi być taki, ażeby nie zachodziło zgniecenie twardych cząsteczek łożyska.

W ciągu pracy, miękka osnowa łożyska ściera się, skutkiem czego tworzy się różnica poziomów, która zapełnia się smarem. A z tego powodu, w do-tartem łożysku, zmniejsza się wielkość tarcia, a smar krąży szybciej.

Budowa stopu łożyskowego jest niejednorodna; wskutek różnej wielkości skurczu poszczególnych ziarn, powstają na powierzchni roboczej łożyska już podczas jego stygnięcia szczelinki, które wypełniają się smarami i wydzielają je tylko w razie zwiększonego ciśnienia na łożysko, t. j. w tej krytycznej chwili, gdy spójznik tarcia nagle zwiększa się. Wtedy wydzielające się ze szczelinek smary obniżają nadmierne podwyższone tarcie. Tego rodzaju procesy samozabezpieczające zachodzą w łożysku ciągle podczas jego pracy, pierwotne szczelinki zwiększają się w ciągu pracy łożyska, samo zaś łożysko coraz więcej przyciera się. Zdolność stopu łożyskowego do wytwarzania takich szczelinek jest najwięcej cenną cechą „antyfrukcyjną”. Idealna praca łożyska zachodzi wówczas, kiedy czop wału nie dotyka bezpośrednio do powierzchni łożyska, lecz jest oddzielony od tej powierzchni cienką warstwą smaru.

Różne konstrukcje maszyn, w zależności od stopnia obciążenia i liczby obrotów, wymagają różnych gatunków smaru. Stąd wynika konieczność klasyfikacji stopów łożyskowych. Naturalna klasyfikacja stopów łożyskowych będzie według materiału ich osnowy, mianowicie:

stopy łożyskowe:

- 1) z osnową cynową (babity właściwe),
- 2) z osnową mieszaną (cynowo-ołowianą),
- 3) z osnową ołowianą (babity ekonomiczne),
- 4) z osnową cynkową,
- 5) babity specjalne,
- 6) „twardy ołów” (Lurgilagermetall),
- 7) brzozy antyfrukcyjne,
- 8) lekkie stopy łożyskowe, używane do silników lotniczych i samochodowych.

\*) Streszczenie referatu, wygłoszonego na Konferencji Metaloznawczej SIMP w Katowicach w marcu r. b.

Głównymi składnikami stopów łożyskowych są: cyna i ołów. Są to metale ciągliwe, miękkie i niskotopliwe. Twardość ołowiu w stanie walcowanym wynosi  $4,60 \text{ kg/mm}^2$ ; w stanie odlanym  $5,10 \text{ kg/mm}^2$ ; twardość cyny w stanie walcowanym  $4,72 \text{ kg/mm}^2$ ; w stanie odlanym  $7,30 \text{ kg/mm}^2$ . Stopy Pb—Sn posiadają twardość o 16% wyższą, niż czysta cyna; rozumiało jest, że dalsze utwardnianie tych metali może być osiągnięte przez domieszkę trzeciego metalu, którym może być: Sb, Cu, Ni, Zn, Al, Mg, Ba, Ca, Sr, Na, K, Hg. Wszystkie te pierwiastki tworzą z metalem osnowy związki chemiczne o stosunkowo znacznej twardości, a mianowicie:  $\text{SnSb} = 62 \text{ kg/mm}^2$ ;  $\text{Cu}_3\text{Sn} = 40 \text{ kg/mm}^2$ ;  $\text{Cu}_3\text{Sb} = 100 \text{ kg/mm}^2$ . Twardość czystej eutektyki Pb—Sn  $= 21 \text{ kg/mm}^2$ . Stąd wnioskujemy, że twardość stopów łożyskowych zależy głównie od domieszek antymonu i miedzi.

Jak wiadomo, stopy łożyskowe z osnową cynową lepiej zachowują własności antyfrakcyjne, a przede wszystkim twardość, przy nieco podwyższonych temperaturach, stopy zaś z osnową ołowianą — nieco gorzej. Większość stopów łożyskowych zawiera pewne domieszki znacznie tańszego ołowiu. Ołów rozpuszcza się w cynie w ilości nieznacznej (około 2%); odwrotnie, cyna rozpuszcza się ołowiu w ilości około 17%. Między temi roztworami granicznymi powstaje mieszanina eutektyczna o temperaturze krzepnięcia  $182^\circ$ . Jednak obydwa roztwory graniczne  $\alpha$  i  $\beta$ , w miarę obniżania temperatury, obniżają w znacznym stopniu wzajemną rozpuszczalność, i to w takim stopniu, że w zwyczajnych temperaturach mamy do czynienia z mieszaniną eutektyczną prawie czystego ołowiu i cyny. Stąd wynika, że stopy łożyskowe, zawierające cynę i ołów, stosunkowo szybko chłodzone, posiadają zdolność do samoczynnego ulepszania, t. j. do samoczynnego utwardniania, podobnie jak to zachodzi w stopach typu duraluminu, lecz z tą odmianą że proces samoczynnego utwardniania w stopach Sn—Pb, z powodu niskiej topliwości tych metali, zachodzi bardzo szybko.

Jednak twardość stopów łożyskowych powoduje przede wszystkim domieszka antymonu, i to w większym stopniu dla stopów z osnową cynową, a w mniejszym dla stopów z osnową ołowianą. Antymon częściowo (do 3%) rozpuszcza się w stałym ołowiu i nieco więcej (do 8%) w stałej cynie. Nadmiar antymonu w stopach z osnową cynową występuje w postaci kryształków roztworu stałego cyny w antymonie ( $\beta\text{-Sn}$ ) o zawartości około 50% Sb; ten roztwór stały często utożsamiamy ze związkiem chemicznym SnSb. Nadmiar antymonu w stopach z osnową ołowianą występuje w postaci kryształków czystego antymonu; w obecności pewnych zawartości cyny — w postaci SnSb. Kryształki Sb i SnSb wydzielają się w postaci sześcianów na tle mieszaniny eutektycznej Pb—Sn, lub Pb—Sb (w razie osnowy ołowianej) lub na tle roztworu cyny  $\alpha$  (w razie osnowy cynowej).

W celu osiągnięcia jeszcze wyższych twardości, przyjęto wprowadzać w stopy łożyskowe miedź w ilości około 6%. Tak zwany „normalny” babil Charpy'ego zawiera: 83% Sn + 11% Sb + 6% Cu. Miedź w bardzo małym stopniu rozpuszcza się w stałej cynie, a wcale nie rozpuszcza się w stałym ołowiu. Jednak w tych wypadkach tworzą się związki chemiczne  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  i  $\text{Cu}_3\text{Sb}$ , które właśnie tworzą twardą

fazę stopów łożyskowych zawierających miedź. Stop o zawartości 78% Sn + 11% Sb + 11% Cu nazywa prof. A. H. Munday „plastycznym”, a to z tego powodu, że nadaje się on do różnego rodzaju napraw i szybkich remontów. Ten stop posiada szeroki zakres krzepnięcia, i w ciągu tego zakresu krzepnięcia pozostaje plastycznym i łatwo przybiera wymaganą formę. Jednak inni badacze twierdzą, że stopy łożyskowe, zawierające powyżej 6% miedzi, znacznie zwiększają swą twardość, kruchość i zdolność do wytwarzania szczelin, nadających stopowi antyfrakcyjność. Kryształki  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  ( $\text{Cu}_3\text{Sb}$ ) wydzielają się w postaci gwiazdek iglastych, które powstają najpierw podczas krzepnięcia i wytwarzają w całej masie stopu łożyskowego pewnego rodzaju siatkę. Kryształki Sb Sn, które wydzielają się nieco później, lecz są znacznie lżejsze, nie wypływają do góry (nie likwują), a zaplątują się w siatce kryształków  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ . Z tego powodu, zjawisko likwacji w stopach łożyskowych zawierających miedź jest o wiele mniejsze, niż w stopach bez miedzi.

Dodawanie do stopów wysokocynowych niklu nie wywołuje zwiększenia ani twardości, ani wytrzymałości na ściskanie, a w niektórych wypadkach można było zauważyć nawet pewne obniżenie własności antyfrakcyjnych: smary, używane do smarowania łożysk z tych stopów szybko ciemniały, wskutek nadmiernego zanieczyszczenia produktami ścierania stopu łożyskowego. Jednak stopy te wykazały większy stopień stałości przy nieco wyższych temperaturach i nie w takim stopniu traciły swą twardość, jak stopy cynowe, a tem więcej ołowiane. Nikiel dobrze rozpuszcza się w miedzi i widocznie częściowo zastępuje w stopach łożyskowych miedź, a może tworzy związek chemiczny  $\text{Ni}_3\text{Sn}_2$ , który mógłby spełniać rolę podobną, jak związek chemiczny  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ . Jednak znawca tych stopów, angielski prof. A. H. Munday nie stwierdził obecności tej fazy strukturalnej w stopach łożyskowych zawierających nikiel i zaprzecza celowości dodawania niklu do stopów łożyskowych z osnową cynową. Znaczenia domieszki niklu do stopów łożyskowych z osnową ołowianą nie można a priori ocenić; nikiel nie rozpuszcza się w stałym ołowiu. Jednak niewątpliwie, będąc rozproszonym atomowo, musi wywołać pewien wpływ utwardniający w stałej osnowie ołowianej. Wogóle, całe to zagadnienie — utwardnianie stopów łożyskowych przez domieszki niklu, — jak nam się wydaje, musi być ponownie zbadane.

W niektórych patentach wspomina się o skutecznym wpływie domieszek molibdenu i wolframu na własności antyfrakcyjne stopów łożyskowych z osnową ołowianą. Podwójne wykresy Pb—W i Pb—Mo nie są dokładnie zbadane, a starsze badania wykazują, że molibden i wolfram dobrze rozpuszczają się w płynnym ołowiu. Co do stanu stałego, to można przewidywać brak rozpuszczalności molibdenu i wolframu w ołowiu, co jednak nie jest podstawą do przewidywania dodatniego wpływu tych pierwiastków na własności antyfrakcyjne stopów łożyskowych. Zagadnienie to oczekuje jeszcze na szczegółowe zbadanie i może dać wyniki dodatnie.

Przyjęto uważać, że stopy cynowe są konieczne do silnych maszyn, pracujących przy wielkich szybkościach. Stopy z osnową mieszaną lub czysto ołowiane używane są w praktyce do różnych celów. Stopy ołowiane zadawalniają wymagania, stawiane stopom cynowym: posiadają również wszystkie ce-

chy antyfrakcyjne i praca jednych i drugich, według twierdzenia znawcy tych stopów, prof. A. H. Munday'a, jest podobna. Na tej podstawie prof. A. H. Munday nie widzi powodu, ażeby ograniczać używanie takich ołowianych stopów łożyskowych w szerokim zakresie ich dotychczasowego zastosowania. Również i badania drugiego znakomitego znawcy tych stopów, rosyjskiego prof. A. Zajcewa, stwierdziły identyczność pracy stopów z osnową cynową i ołowianą, a powszechne mniemanie o szczególnej trwałości cynowych stopów łożyskowych podczas ich pracy przy wyższych temperaturach nie jest dostatecznie uzasadnione. Jednak manipulowanie cynowymi stopami łożyskowymi jest nieco łatwiejsze, podczas gdy stopy z osnową ołowianą wymagają większej uwagi i umiejętności majstra. Są one czułe na szybkość ochładzania i łatwo poddają się likwacji. W ten sposób stop ołowiany może być łatwo zepsuty pod względem jego budowy. Przy łożyskach z osnową ołowianą, poleca się używanie nieco dłuższych panewek, w celu rozłożenia ciśnienia roboczego na większą powierzchnię. Praktyka lat wojennych stwierdza, że każdy gatunek cynowych stopów łożyskowych może być zastąpiony odpowiednim gatunkiem stopów ołowianych. Jednak prof. A. Zajcew nie zgadza się całkowicie z takim poglądem i podaje ciekawe porównanie z praktyki jednego z tramwajów miejskich, kiedy koszta eksploatacji 1000 wagonokilometrów wynosiły przy używaniu stopu łożyskowego z osnową cynową 296 rubli, zaś z osnową ołowianą 418 rubli, skąd wynika, że tani stop łożyskowy jest droższy w eksploatacji.

Jednak tanie ołowiane stopy łożyskowe zwracają na siebie coraz większą uwagę. W czasie wojny światowej Niemcy, z powodu braku cyny, zaczęli wyrabiać stopy łożyskowe z osnową ołowianą, utwardzoną przez domieszki Ba, Ca, Sr, Mg, Na, K, Li i Hg. Głównymi składnikami niemieckiego „twardego ołowiu” (Lurgilagermetall) są: bar w zawartości około 2—4% i wapień w ilości około 1%.

Ba, Ca, Sr, Mg nie rozpuszczają się w stałym ołowiu i tworzą związki chemiczne  $Pb_3Ba$ ;  $Pb_3Ca$ ;  $Pb_3Sr$ ;  $Mg_2Pb$ . Te związki chemiczne posiadają stosunkowo wysokie punkty topliwości, a mechanizm utwardniania tych stopów jest analogiczny do zachodzącego u stopów cynowych: kryształki twardej fazy (związku chemicznego) rozrzucone są po całej masie miękkiej osnowy, a na powierzchni roboczej panewki przyjmują całe ciśnienie wału maszyny.

O stopniach utwardnienia ołowiu przez poszczególne domieszki daje nam J. Goebel dane następujące:

	Ilość wagowa użytej do- mieszki w %	Zwiększenie twardości przy założeniu, że twardość ołowiu = 100
Ołów . . .	100 . . . . .	100
Rtęć . . .	10 . . . . .	210
Cyna . . .	10 . . . . .	225
Kadm . . .	5 . . . . .	275
Antymon . .	13 . . . . .	375
Arsen . . .	1,5 . . . . .	260
Magnez . . .	2,0 . . . . .	400
Sód . . . .	0,8 . . . . .	825

Z tabeli tej wynika, że bodaj czy nie największe widoki ma układ podwójny Pb—Na. Sód rozpuszcza się nieco w ołowiu i tworzy roztwór stały o zawartości granicznej około 1,6%. Przy wyższych za-

wartościach sodu, występuje mieszanina eutektyczna między granicznym roztworem stałym sodu w ołowiu i związkiem chemicznym  $Na_2Pb_3$ .

Stopy łożyskowe typu „twardy ołów”, przy zawartości baru 0,6—4% i wapnia 0,5—2,0%, są trwałe na powietrzu i w wodzie. Przy przetapianiu jednak, bar, wapień, a również i inne podobne domieszki, łatwo się wypalają i utleniają. Zalewanie łożysk „twardym ołowiem” wymaga wielkiej umiejętności i ostrożności. Temperatura topienia stopu „twardy ołów” leży około 450°, a proces topienia musi odbywać się pod warstwą ochronną suchego proszku węgla drzewnego.

Stopy typu „twardy ołów”, przy zawartości wapnia powyżej 1,5% i baru około 5% i więcej, wykazują wysoką zdolność do likwacji. Z tego powodu tylko pewne kombinacje stopów Pb—Ba—Ca wykazują dobre właściwości antyfrakcyjne.

Wyrób stopów Pb—Ca i Pb—Ba odbywa się drogą elektrolizy ogniowej; za katodę służy roztopiony ołów, a elektrolitem jest mieszanina odpowiednich soli ( $CaF_2 + CaCl_2$  i  $BaCl_2 + KCl$ ).

Budowa stopu potrójnego Pb—Ba—Ca składa się z kryształów  $Pb_3Ca + Pb_3Ba$ , otoczonych eutektyką potrójną o składzie: 0,2% Ca + 0,4% Ba + 99,4% Pb.

Twardość stopu amerykańskiego (Frery) o składzie 96,75% Pb + 2,0% Ba + 1,0% Ca + 0,25% Hg, przy 20° wynosi 29,6 kg/mm<sup>2</sup>; przy 50°—27,2; przy 100° = 20,9 i przy 150° = 14,0 kg/mm<sup>2</sup>.

Niemiecki „Luzgilagermetall” posiada skład:

- 1) 93,14% Pb + 2,3% Cu + 2,14% Ca + 1,44% Sr + 0,11% Mg + 0,1% Fe + ślady Sn.
- 2) 94,9% Pb + 1,75% Ca + 1,35% Cu + 1,0% Ba + 1,0% Sr.

„Twardy ołów” przy uderzeniu wydaje dźwięk podobny do stali.

„Twardy ołów” ulega „starzeniu”, to znaczy, że po upływie pewnego czasu twardość tego stopu zwiększa się. Przyrost twardości w „twardym ołowiu” w przeciągu jednego miesiąca wynosi przeciętnie około 15—25% i więcej.

Lekkie stopy łożyskowe, używane do łożysk silników samochodowych i lotniczych, posiadają osnowę glinową lub magnezową z dodatkami Cu, Si, Fe, Sn i Zn. Jako przykład przytoczyć możemy: 1) stop z osnową magnezową o składzie: 79,5—84,3% Mg + 13,5—15,4% Cu + 0,4—12% Al + 0,2—0,3% Si i około 1,1% Ca; 2) stop z osnową glinową: 80,1—87,9% Al + 5,9—15,7% Cu + 1,1—3,4% Fe + 0,1—3,4% Si + około 0,9% Mg + 0,1—0,6% Zn + 1,3—3,0% Sn.

Z powodu wielkiej liczby domieszek o różnych właściwościach indywidualnych, proces krzepnięcia potrójnych stopów łożyskowych jest skomplikowany, i analiza termiczna wykazuje 3 lub nawet 4 punkty krytyczne. Takie stopy posiadają szeroki zakres krzepnięcia i nadają się do szybkiej naprawy łożysk. Jednak, wskutek mniejszego ciężaru właściwego większości składników utwardniających (Na, Ca, Mg, Sr, Ba, Sb), w porównaniu z metalem wypełniającym osnowę stopu łożyskowego (Pb, Sn), stopy te wykazują wielką zdolność do likwacji. Z drugiej strony, atomy pewnych domieszek posiadają tak wielką objętość atomową (K, Na, Ca, Ba), lub drobinową ( $Cu_3Sn$ ,  $Cu_3Sb$ ,  $SbSn$ ), że osiągnięcie

homogenizacji tych stopów drogą wyżarzania jest wykluczone. Jedyną drogą do osiągnięcia jednorodnej budowy całego stopu jest szybkie ochładzanie, lecz od nie zbyt wysokiej temperatury. Przegrzanie stopu łożyskowego jest niepożądane, a w tym celu ważną jest znajomość położenia górnej temperatury krytycznej, t. j. początku krzepnięcia najwyższej topliwego składnika twardej fazy stopu łożyskowego. Zjawisko likwacji w stopach zawierających miedź, z powodów objaśnionych wyżej, jest o wiele mniejsze.

Najłatwiej utlenia się antymon. Z tego powodu obecność jego w stopie musi być nieco większa, niż ta, która jest pożądana w łożysku. Ażeby uniknąć zjawisk hartowania i kruchości, należy odlewać w formy nieco podegrzane, lecz nie do zbyt wysokich temperatur. Powolne ochładzanie stopu łożyskowego zwiększa zjawiska likwacji, ponieważ lekkie kryształki Sb, SbSn podnoszą się do góry. Przytem, poza zwiększeniem niejednorodności, stop przybiera strukturę gruboziarnistą i staje się więcej podatnym do pęknięć.

## Nasze projekty kanałowe.

Napisał A. Legun-Biliński, inżynier komunikacji.

### I. Wstęp.

Konieczność rozbudowy naszych dróg wodnych była wyraźnie ustalona już w 1919 r., a toli los skierował tę — jedną z najpilniejszych naszych spraw gospodarczych — na tak zawile tory, że nie może ona poruszyć się z nich do dziś dnia.

Rządy zaborcze albo nie interesowały się wcale naszymi drogami wodnymi, albo — jeżeli i wydatkowały pewne kwoty na uszlachnienie Wisły, Warty, Niemna i in., to wykonane w tym celu roboty przeważnie nie dały — z rozmaitych przyczyn — pożytecznych dla żeglugi wyników; z dróg zaś wodnych sztucznych, jedynie kanał Bydgoski zaznacza się dodatnio.

Na domiar złego, ujemne wyniki robót regulacyjnych na Wiśle górnej, a jeszcze bardziej na dolnej, dały w ręce przeciwników regulacji broń rzekomą do zwalczania tej metody uporządkowania rzek.

Regulacja rzek, nie mając dotychczas oparcia na ścisłym podłożu matematycznym, jak np. budowa mostów, maszyn i t. p., musi być zaliczona do trudniejszych działów sztuki inżynierskiej, opartej na nader zawilem syntetyzowaniu.

Aczkolwiek inżynier francuski Du Boys w r. 1879 zaznaczył, iż „zaufanie do pomyslnych wyników robót regulacyjnych nie może ulegać wątpliwości, ponieważ przepisy praktyczne, któremi przy tem posługujemy się, są oparte na faktach i nie zależą od hipotez teoretycznych“, to jednak nie należy zapominać, że i przeciwnicy regulacji, przy zwalczaniu tej metody, posługują się również faktami, nadając im — świadomie lub nieświadomie — nieraz zupełnie opaczne tłumaczenie.

Jak są potraktowane nasze drogi wodne od chwili odzyskania niepodległości Państwa Polskiego, świadczą dosadnie sumy, przeznaczone np. w 1925 r. na polskie drogi komunikacji, mianowicie:

na dr. żel.—kredyt zwycz.	958 435 172 zł.	nadzw.	90 821 000 zł.
„ „ kołowe „ „	24 333 277 „	„	3 426 830 „
„ „ wodne „ „	9 453 606 „	„	2 055 800 „

Cyfry te są bardzo wymowne i nie wymagają szczegółowych komentarzy.

Najzupełniej uznając konieczność rozbudowy naszej sieci kolejowej, tak dla celów gospodarczych, jak i dla obrony Państwa, musimy pamiętać,

iz obecny stan naszego przemysłu domaga się kategorię potania przewozu towarów masowych i w pierwszym rzędzie węgla, rudy, materiałów budowlanych, nawozów sztucznych i t. p., a takie potanie mogą dać tylko drogi wodne, i to z natury samej rzeczy.

Tę tezę, powszechnie dotychczas uznawaną i wyraźnie oświetloną w naszej literaturze technicznej<sup>1)</sup>, kwestjonuje ostatnio inż. J. Eberhardt<sup>2)</sup>, uznając przytem za uzasadnioną i zgodną z wymogami zdrowego gospodarstwa społecznego taką politykę taryfową, która polega na obniżeniu stawek do poziomu, umożliwiającego współzawodnictwo kolei z wodą.

Autor opiera swoje dowodzenie głównie na tem, iż udoskonalenia w kolejnictwie posunęły się w ostatnich czasach tak daleko, że zdolność konkurencyjna kolei żelaznych staje się nieograniczoną; a wobec tego wszelka przymusowa reglamentacja taryf, jako niezgodna z zasadą wolnej konkurencji, powinna być uznana za nieracjonalną i niepożądaną.

Oczywiście, postęp dokonany w kolejnictwie jest wysoce pocieszającym zjawiskiem, natomiast niekrepowana walka taryfowa z wodą należy do czynników niezaprzeczenie szkodliwych; smutne tego przykłady widzieliśmy w b. Rosji carskiej, a szczególnie wyraźnie wystąpiła ta szkodliwość — w XIX stuleciu — w St. Zj. Am. Półn., gdzie drogi wodne omal że nie zostały gruntownie zrujnowane przez prywatne towarzystwa kolejowe, nawet przy ówczesnym stanie udoskaleń w kolejnictwie.

Zresztą w Polsce, gdzie koleje i drogi wodne należą do Państwa, nie powinno być mowy o konkurencji między temi dwiema kategorjami dróg komunikacji, gdyż powinny one uzupełniać się wzajemnie, zgodnie pracując na wspólną korzyść całego kraju.

Nie ulega również kwestji, iż tak ruchomy, jak i nieruchomy aparat dróg wodnych najzupełniej nadaje się do nieograniczonego ulepszenia, jak i w kolejnictwie.

Nasz sąsiad zachodni wybornie orientuje się w tej sprawie i, posiadając bogatą sieć kolejową,

<sup>1)</sup> Ob. prace prof. Matakiewicza oraz inżynierów: Ingardena, Skalki, Tillingera.

<sup>2)</sup> w Nr. 31 — 32 tyg. „Przegląd Techniczny“ z r. 1927.

rozpoczął — w drugim roku po ostatniej klęsce wojennej — budowę 2720 km nowych dróg wodnych, kosztem 2 mld. mar. zł. po uprzednim wykonaniu, do 1918 r., wszystkich robót regulacyjnych, znacznej większości kanalizacyjnych, tudzież wielu ważnych kanałowych, ogólnej długości około 11 800 km.

My zaś, w Polsce, nie mamy właściwie dotychczas dróg wodnych w znaczeniu europejskim, węgier i inne towary masowe wozimy kolejami po cenie niższej od kosztów własnych kolei i, nie bacząc na to, — ósmy rok jesteśmy świadkami uporczywego ścierania się najsprzeczniejszych poglądów na program rozbudowy dróg wodnych.

Tylko wspólnym wysiłkiem, z pominięciem aspiracji konkurencyjnych, potrafimy rozwiązać racjonalnie sprawy rozbudowy polskiej sieci komunikacyjnej, a w tej liczbie i wodnej, bez której nie wytrzymamy o wiele niebezpieczniejszej konkurencji — międzynarodowej.

Dotychczas, zaledwie kilka uprzywilejowanych ośrodków, korzystając z usług kolei żelaznych, zdażyło u nas wyzyskać przypadkowo pomysły koniunktury za czasów rozbiorów i rozwinąć pewne gałęzie przemysłu; poza tem całe obszary kraju, gorzej usytuowane, a w tej liczbie całe Powiśle — z wyjątkiem Warszawy — jest upośledzone, z powodu braku taniego paliwa; z przyczyn latwo zrozumiałych, tory kolejowe budowano w pewnym oddaleniu od brzegów Wisły.

Powinniśmy zwrócić baczną uwagę na tę stronę zależności racjonalnego rozłokowania w kraju ośrodków przemysłowych od kierunku rozbudowy sieci komunikacyjnej; mamy pod tym względem cenne wskazówki w memorjale (Denkschrift), złożonym parlamentowi Rzeszy 1.IV.1905 r. przy projekcie dalszej rozbudowy dróg wodnych w Niemczech; wobec tego uważam za stosowne przytoczyć niektóre fragmenty tego memorjału:

„Drogi wodne śródlądowe, umożliwiając tanie frachty, najbardziej nadają się do rozwoju przemysłu oraz stawiają go w tak dogodnych warunkach, iż nie potrzebuje on ześrodkowywać się w wielkich okręgach przemysłowych, w których wydobywa się surowce i paliwo (węgiel); w ten sposób drogi wodne prowadzą do decentralizacji rzesz robotniczych. Pozatem drogi wodne są często bezpośrednią i główną przyczyną eksploatacji takich bogactw gleby, jak rudy, gliny, wapieniki i t. p.”

„Już od 1882 r. skonstatowano w Niemczech przenoszenie się wielkich zakładów przemysłowych na wieś, do okolic, gdzie tylko są dogodne drogi wodne śródlądowe, posiadające niżej przytoczone cechy dodatnie: 1) taniść dowozu surowców i żywności, 2) taniść nabycia gruntów, potrzebnych dla fabryk i składów, oraz łatwość rozszerzenia terenów fabrycznych, 3) taniść rąk roboczych, 4) osiadłość robotników, którzy podczas dłuższych okresów bezczynności w fabrykach mogą pracować na swoim kawałku roli, albo w sąsiednich gospodarstwach rolnych lub leśnych, co chroni robotnika od przesiedlania się czy emigracji, 5) wyzyskanie siły wody bieżącej, 6) tanie nabycie potrzebnej dla przemysłu wody oraz do-

godność spuszczenia wód zanieczyszczonych (fabrycznych), 7) możność taniego nabycia lodu”.

„Przedstawiany projekt rozbudowy dróg wodnych ma na celu głównie zmniejszenie kosztów dostawy towarów masowych; drogi te będą środkiem do zbliżenia różnych części kraju, w celu zwiększenia zdolności konkurencyjnej państwa, tak na swoim rynku wewnętrznym, jak i na rynkach obco krajowych. Drugim zadaniem jest wzmocnienie kolei żelaznych, oraz zwolnienie ich od towarów masowych małowartościowych.”

Stąd widzimy jasno świadome i celowe dążenie naszego sąsiada do zmniejszenia wydatków przewozowych, do bardziej racjonalnego rozmieszczenia ośrodków przemysłowych, wreszcie do korzystniejszego podziału towarów między odpowiednie drogi komunikacyjne; nie ulega kwestji, że i w naszych warunkach poglądy powyższe powinny znaleźć jak najszersze zastosowanie.

Wrażliwość na koszty przewozu w Niemczech doszła już do tego stopnia, iż fabrykanci zmuszeni bywają czasem przenosić swoje fabryki np. z kresów zachodnich państwa do okolic centralnych tylko dlatego, że koszty przewozu kolejowego ich wyrobów były stosunkowo za wysokie, — trzeba więc zbliżyć się do odbiorcy.

Jeżeli u nas taka konieczność nie występuje jeszcze wyraźnie, to jednak w wielu wypadkach okaże się wskazaniem dla słabszych przedsiębiorstw przenieść się nad brzegi dróg wodnych z chwilą ich należytego uporządkowania; taka ewolucja musi być pożytywana za zupełnie normalną, bez żadnej dla kogokolwiek krzywdy; dopiero wtenczas wiele fabryk znajdzie się w warunkach, umożliwiających im konkurencję na wszelkich rynkach.

Wobec powyższych uwag, przytoczony fragment budżetu na r. 1925 wymownie świadczy o poważnej anomalji w naszej gospodarce wodnej; wszak Państwo w roli właściciela rzek żeglownych obowiązane jest podtrzymywać je w stanie przydatnym do ich eksploatacji, jedynie czego państwo nie może zrobić — to zdjąć z siebie odpowiedzialności za nieodpowiedni stan tych dróg.

W Niemczech, po zakończeniu regulacji, a w znacznym stopniu i kanalizacji rzek, przystąpiono obecnie do ostatniej fazy rozbudowy wielkiej sieci kanałowej, łączącej w jedną całość uprzednio uporządkowane drogi wodne; oczywiście, nam wypada naśladować w tej chwili nie ostatnie poczynania Niemców w ich wielkich projektach kanałowych, lecz, uważając ich program za racjonalny, trzymać się tej kolejności, w jakiej oni przeprowadzili u siebie wykonanie tego ważnego zadania.

U nas natomiast wzięto się do dróg wodnych w sposób wyjątkowo oryginalny; jedna grupa hydrotechników uznała Wisłę i inne drogi wodne naturalne za „quantité négligeable” i zaproponowała w celu rozbudowy komunikacji wodnych wielką sieć kanałową dla statków o pojemności 1000 t; druga zaś grupa, również neglżująca regulację rzek, obstaje przy zdaniu, iż dla rozwoju żeglugi na Wiśle najzupełniej wystarczy szerokie zastosowanie pogłębiania mechanicznego, które zapewni wymagane głębokości o wiele tańszym kosztem; tezę pogłębiarską omawiam obszerniej na innem

miejscu, tu zaś zajmiemy się wyłącznie projektami kanałów.

## II. Ankieta 1919 r.

W liczbie argumentów, któremi chętnie posługują się obrońcy sieci kanałowej w Polsce, spotykamy ustawę Sejmu ustawodawczego z dn. 9.VII 1919 r., postanawiającą budowę kanału z Zagłębia węglowego do Wisły dolnej z odnogami do Warszawy i Poznania, oraz przychylny dla tych obrońców wynik ankiety, zwołanej na 8, 9, 10-go kwietnia 1919 r. przez ówczesnego Ministra R. P., inżyniera J. Pruchnika.

W celu prawidłowej oceny naszej gospodarki wodnej w okresie 1919 — 1927 r., musimy zapoznać się bliżej ze wspomnianą wyżej ankietą, która — mojem zdaniem — wpłynęła bardzo wydatnie na tę gospodarkę.

Zasadniczą pobudką do zwołania omawianej ankiety było bezrobocie, którego osłabienie wchodziło w zakres zadań M. R. P.; potrzeby wielkiej rzeszy głodnych były rzeczywiście poważnym zagadnieniem, atoli zapomniano przytem, iż prawidłowe rozwiązanie u nas kwestji dróg wodnych posiada samo przez się pierwszorzędne znaczenie ogólnopństwowe, wobec czego należało na ankietę od razu postawić tę kwestję w całej jej objętości i potem wyeliminować z niej tę część robót technicznie usprawiedliwionych, któreby nadawały się do natychmiastowego ich wykonania przez bezrobotnych.

Stało się jednak wręcz odwrotnie, gdyż kwestjonariusz ankiety został ułożony w takiej formie, która wywarła najbardziej krępujący wpływ na najlepsze nasze siły hydrotechniczne; a kiedy prof. Sikorski, wyczuwając widocznie całą anormalność sytuacji, poruszył kwestję odpowiedzialności członków ankiety, minister Pruchnik pośpieszył zapewnić, iż oni Sejm biorą na siebie całą odpowiedzialność w tej sprawie. Obrady więc potoczyły się w kierunku, wyznaczonym przez następujące 8 punktów kwestjonariusza.

1. Czy są odpowiednie i wskazane ze stanowiska gospodarstwa krajowego kierunki dwóch projektowanych między innymi dróg wodnych:

- a) drogi wodnej z Poznania Wartą do Warszawy, stąd Bugiem przez Brześć Litewski do Prypeci przy ujściu do Horynia, oraz
- b) kanału żeglugi z zagłębia górnośląskiego i dąbrowskiego przez Częstochowę, koło Łodzi, do Wisły pod Płockiem?

2. Czy przyjęty typ statków o pojemności 1000 t i przekrój kanału żeglugi są dla dróg tych odpowiednie, względnie jakie wymiary uważa ankieta za racjonalne?

3. Jak wielki spad na śluzach komorowych może być dopuszczony?

4. Czy jest racjonalne poprowadzenie kanału żeglugi od Bugu do Wisły z małym spadkiem i doprowadzenie wody z Bugu do przekroczenia Wisły, celem założenia tu centrali wodnoelektrycznej?

5. Czy przekroczenie Wisły kanałem pod Warszawą jest racjonalnie zaprojektowane, względnie jakie zmiany są wskazane?

6. Czy jest wskazana budowa przystani na starem korycie Wisły na Pradze wyłącznie dla obsługi m. Warszawy i budowa wielkiego portu tranzytowego poniżej Warszawy, w miejscu w projekcie oznaczonym?

7. Czy jest wskazane i możliwe skanalizowanie Wisły w obrębie Warszawy do wysokości podanej w projekcie?

8. Czy projektowany pobór wody dla kanału żeglugi z Zagłębia węglowego do Wisły jest odpowiedni i wystarczający?

Redaktorzy kwestjonariusza przedewszystkiem narzucają członkom ankiety wyłącznie program dróg wodnych sztucznych z portem na Saskiej Kępie i kanalizacją Wisły pod Warszawą, wysuwając na plan pierwszy kanał Zachodnio-Wschodni.

Idea kanału „Warta—Prypeć” odżyła w 1918 roku po zawarciu pokoju Brzeskiego i utworzeniu przez Niemców Ukrainy Skoropadzkiego, a to w celu umożliwienia taniego dowozu zboża i innych surowców z Ukrainy do Niemiec.

Z narad Ukraino-Niemieckich wykluczono Polskę, gdyż była jeszcze nadzieja ostatecznego zwycięstwa w wojnie światowej, które miało umożliwić Niemcom podzielenie się Polską z Ukrainą; rząd Rzeszy pozwolił zwiedzić roboty kanałowe niemieckie tylko delegatom zaprzyjaźnionego rządu ukraińskiego, inżynierom Jaworskiemu i Tillingerowi.

Szkicowe projekty krzyża kanałowego opracował prof. Ehlers w latach niezwykłego powodzenia działań wojennych dla Niemiec, a więc i rozbudzonych niemi zaborczych instynktów pruskich; południowe ramie krzyża miało zaczynać się w okolicy Huty Królewskiej na Górnym Śląsku pruskim, stamtąd przez Brynicę, Małą Panew prowadziło jedno odgałęzienie doliną rzeki Odry, łącząc Śląsk z Berlinem i Szczecinem; drugie zaś odgałęzienie, politycznie ważniejsze, miało być skierowane od rzeki Mała Panew przez Prosnę, Wartę, jeziora Kujawskie (Gopło) i dochodziłoby do Wisły w pobliżu Torunia; inż. Tillinger zmodyfikował nieco ten projekt, przesuwając trasę kanału na wschód — początkowo na Łowicz i Płock — z odnogami do Łodzi i Warszawy.

Szczególniejsze jednak znaczenie nadawali Niemcy drodze Warta—Prypeć, będącej przedłużeniem Mittellandkanalu; tu nie krępowano się wcale względami potrzeb tak Ukrainy, jak i naszych, wszystko musiało ulec przed wielkim zadaniem połączenia Berlina z Kijowem.

W celu zapewnienia wystarczających zapasów wody na odcinku Modlin — Nieszawa, prof. Ehlers nie cofa się przed projektem tak ryzykownym, a dla nas wyjątkowo szkodliwym, jak budowa olbrzymiego (na 6 mlrd. m<sup>3</sup>) zbiornika pod Kazimierzem na Wiśle zapomocą jazu, spiętrzającego tu wodę na wysokość 21 m; groziło to zalaniem głęboką wodą paru tysięcy km<sup>2</sup> doliny nadwiślańskiej, oraz wysiedleniem około pół miliona mieszkańców tej tak żyznej okolicy.

Umożliwienie Niemcom przewozu wielkich mas żywności z Ukrainy stworzyłoby nader dołkliwą konkurencję dla naszego własnego rolnictwa. Z Niemiec zaś nie będziemy sprowadzali su-

rowców masowych, gdyż one same ich nie posiadają. Natomiast pożądane jest ułatwienie dowozu do nas surowców z Ukrainy, szczególnie rudy żelaznej, lecz do tego celu wystarczy najzupełniej przebudowany dla Łodzi 300 t-ych kanał Królewski, oraz uregulowany, a częściowo skanalizowany Bug.

Zyski z opłat tranzytowych po przedłużeniu Mittellandkanalu nie wyrównałyby nigdy innych naszych strat, tak politycznych, jak i gospodarczych.

Zresztą krzywdą naszą tak była widoczna, iż członkowie ankiety odrzucili projekt budowy kanału Zachodnio-Wschodniego, a próbując natomiast kanał węglowy, nie bacząc na niedostateczne wyświetlenie sprawy zapasów potrzebnej dla niego wody.

Aczkolwiek Minister Pruchnik, zamykając zebranie ankietowe, uznał wynik ankiety za pomysłny, to jednak smutna rzeczywistość poucza nas, iż niezadawalający stan naszej gospodarki wodnej od 1919 do 1927 r. ma głęboko zakorzenione przyczyny właśnie w kwietniowej ankiecie 1919 r., która wyznaczyła główne wytyczne programu rozbudowy dróg wodnych w Polsce z pominięciem najważniejszej naszej magistrali wodnej — rzeki Wisły, połączonej z Zagłębiem.

Potwierdza to i 21-sze posiedzenie Sejmu w r. 1919, kiedy Minister R. P. oświadczył, iż „Wisła jest rzeką spławną od ujścia Dunajca, zatem oprócz Wisły trzeba wybudować kanał, któryby wychodził z Zagłębia Dąbrowskiego i przez Częstochowę, Radomsk i Łódź łączył się z Wisłą w Płocku; ten kanał zaopatrzyłby w węgiel najbardziej przemysłowe okolice Polski. Również ważną sprawą dla Polski jest wykonanie kanału Środkowo-Europejskiego, któryby łączył Odrę z Dnieprem. Rozpoczęliśmy budowę portu na Wiśle w Płocku, ponieważ znalazł się dobrze opracowany projekt przez Niemców. Regulacja środkowej Wisły jest niesłychanie potrzebna.”

Ta notatka historyczna mówi sama za siebie; dodać tylko trzeba, iż port w Płocku, t. zw. Radziwiński, jest kapitalną omyłką hydrotechniczną, wielką krzywdą tak dla samej rzeki, jak również i dla interesów ekonomicznych m. Płocka; port tu jest bardzo potrzebny, ale przy prawym brzegu Płocki; dla tego jednak trzeba było trzymać się nieco innej trasy, niż niemiecka.

Od wykonania innych pomysłów inż. Ehlers'a utrudniła nas niecierpiąca zwłoki ewakuacja Niemców.

Na kwietniowej ankiecie 1919 r. głównymi oponentami byli: prof. Sikorski oraz inż. Sadkowski, który podał swoje oświadczenie na piśmie.

Prof. Sikorski uznaje Wisłę, jako główną oś naszych dróg wodnych, oświadcza się za budowę kanału od Krakowa do Zagłębia, oraz obstaje za ułatwieniem spławu węgla do Warszawy Wisłą, uważa bowiem, iż uszląpnienie Wisły będzie tańsze, niż budowa drogi sztucznej, która ponadto wymaga większej obserwacji i większych kosztów utrzymania; wreszcie prof. Sikorski proponuje połączenie Wisły z Poznaniem przez Bzurę, wyzyskując w tym celu pradolinę Wisły.

Usilnie starał się naprawić błędne wyniki o-

mawianej ankiety ś. p. inż. Sadkowski. Z wielkiem zrozumieniem istotnych potrzeb naszych dróg wodnych autor postawił trafne i racjonalne — z małymi wyjątkami — wytyczne programu rozbudowy naszej sieci wodnej; jeżeli dodać do tego dosadną jego krytykę — w trakcie ankiety — kanału Zachodnio-Wschodniego, w czem uprzedził miazdzącą ocenę tegoż kanału, dokonaną w roku następnym przez inż. Ingardena<sup>1)</sup>, to musimy przyznać inż. Sadkowskiemu wielką zasługę i zdolność jasnego ujmowania zawiej sprawy komunikacyjnej.

Najważniejszym traktem, powiada inż. Sadkowski, — naszych dróg wodnych naturalnych, kością pacierzową naszego przyszedłego systemu wodnego, jest Wisła od Oświęcimia do Gdańska; jej zaś uszląpnienie jest pierwszorzędną czynnością w szeregu tego rodzaju zamierzeń.

Autorowi memoriału przedstawiała się taka forma ruchu: 1000 t-mi statkami od Gdańska do Warszawy, dalej 600 t-mi statkami do Sanu, i Sanem przy tymże tonnażu do Dniestru lub Prutu, a więc do morza Czarnego. Byłoby pożądane, by statki 600 t-we dochodziły Wisłą do Krakowa i Oświęcimia, lecz tu autor przewiduje, iż przy rozwiązaniu tego zadania poważnie zaważy projektowany kanał prawobrzeżny Kraków—San.

W każdym razie, Wisła uszląpniona i żeglowna w całej swej długości — to wedł. autora bezwzględna potrzeba dla rozwoju naszych interesów gospodarczych i przemysłowych; sprawa ta musi być załatwiona stanowczo w granicach szerokiach, odpowiednio do ważności tej rzeki, którą w Europie środkowej zaliczamy do najgłówniejszych arterij wodnych.

Jak widzimy, autor podaje od Gdańska do morza Czarnego drogą przez San i Dniestr (dł. 2080 km), gdyż jest ona krótsza od Dnieprowej o 370 km; atoli w obecnych granicach Polski, które utworzyły się po r. 1920, droga na Dniepr z wielu powodów straciła swoje dawniejsze walory, tem bardziej, iż mamy własne wyjście na morze w Gdyni, Gdańsku i Szywenhorst; niżej spotkamy się z projektem inż. Ingardena, zmierzającego do połączenia Wisły z Dniestrem zapomocą kanału, z pominięciem Sanu.

Jeżeli chodzi o stosunki handlowe z Rumunją, to należy — przypuszczam — szukać rozwiązania tego zadania na innej drodze — może w kierunku na Dunaj; w każdym razie kanał Wisła—Dniestr, lub droga San—Dniestr nie mogą być zaliczone obecnie do zadań pierwszej kolejności.

Dla zajęcia bezrobotnych, polecał autor budowę kanałów Wisła — Odra — Kraków — San wreszcie — obwałowanie Wisły, podkreślając przytem, iż skutki tych robót wałowych w najgorszym razie nie mogą być nawet porównywane ze szkodliwymi skutkami robót kanałowych, rozpoczętych nieodpowiednio do potrzeb kraju.

Sprawiedliwość nakazuje zaznaczyć, iż u ważne przestudjowanie drukowanych prac inż. Sadkowskiego, wychowawca szkoły belgijskiej (Gandawa), kraju o wielkiej sieci kanałowej, wcale nie upoważnia do wniosku, iż autor jest zdecydowanym zwolennikiem regulacji rzek; ta gałąź

<sup>1)</sup> „Skutek gospodarczy kanałów żeglownych”, 1920 r.

hydrotechniki w sumiennych pracach autora jest potraktowana z pewną rezerwą, dominując zaś przeważnie zagadnienia kanałowe.

Nie przeszkodziło to jednak autorowi postawić Wisłę uregulowaną na pierwszym planie; niestety, wszystkie wskazówki inż. Sadkowskiego zostały wówczas zignorowane.

Dalej, wypada podkreślić kilka bardzo trafnych uwag, wygłoszonych na ankiecie przez przedstawiciela M-wa Przemysłu i Handlu, inż. Suchorzewskiego.

Taniość — oświadczył mówca — i dostępność węgla sprzyja powstawaniu przemysłu nawet w tych okolicach, w których pozornie nie było ku temu danych; przytem M. P. i H. uznaje za bardzo pożądane połączenie Poznania z Warszawą drogą wodną Warta — Bzura — Wisła, oraz zatrzymanie się dla drogi Wiślanej na statkach o pojemności 600 t; następnie mówca popiera budowę portu tranzytowego na Pelcowiznie i przystani na Pradze, dodając przytem, iż ta przystań nie będzie w dostatecznym stopniu obsługiwała samej Warszawy; szczególnie w górnej części rzeki, na brzegu Warszawskim, znajdują się bardzo liczne i poważne zakłady przemysłowe i municypalne, które, jak dotąd, prawie wcale nie korzystały z dowozu Wisłą, a będąc odległe minim. o 3 km od stacyj kolejowych i nie mając żadnych literalnie połączeń, drogo opłacały transport artykułów niezbędnych dla swego biegu. Wobec tego M. P. i H. wyraża usilne życzenie, żeby uwzględniono budowę przystani przy brzegu warszawskim w okolicach Solca, ewentualnie wyzyskano lub rozszerzono istniejący tam t. zw. port zimowy (Czerniakowski).

Rzeczywiście, to zimowisko, szumnie nazywane dziś portem, jest zupełnie upośledzone i skrzępowane wadliwą trasą wału Wilanowskiego; tymczasem ten właśnie port, po połączeniu go z koleją obwodową, powinien grać bardzo poważną rolę dla Warszawy, gdyż inne porty będą na brzegu prawym.

Wreszcie pozostaje dodać parę uwag w sprawie wniesienia do kwestionariusza tematu takiej wagi, jak budowa kanału węglowego, bez poprzedniego dokładnego zbadania potrzebnych zapasów wody do sprawnego działania stanowiska szczytowego.

Obliczenia prof. Matakiewicza udowodniły na ankiecie, iż dla zapewnienia wymaganego zapasu wody należy koniecznie ująć w zbiornikach odpływ z dorzecza 500 km<sup>2</sup>, co dałoby około 2 m<sup>3</sup>/sek, licząc po 4 l/sek z 1 km<sup>2</sup>. Inż. Sadkowski, który sporo poświęcił uwagi hipsometrii i pomiarom zlewni naszych rzek, zwrócił uwagę, iż dorzecze, wchodzące w rachubę dla górnego stanowiska kanału węglowego, wynosi zaledwo 200 km<sup>2</sup>. Na to inż. Tillinger oświadczył, iż dorzecze 500 km<sup>2</sup> jest obliczone na podstawie najnowszych zdjęć, które zresztą też trzeba uzupełnić i przeprowadzić dokładne studia hydrograficzne<sup>2)</sup>.

Czyż takie oświadczenie mogło wzbudzać zaufanie do projektu?

Tak się przedstawia ankieta obserwatorowi z odległości 8 lat; byłoby jednak niesprawiedliwie zrzucać na ankietę całą odpowiedzialność za dalsze losy naszej gospodarki wodnej, gdyż wiele tu zaważyły i inne czynniki.

(D. c. n.)

## Katatermometria i skala temperatur efektywnych.<sup>1)</sup>

Napisał Dr. Br. Nowakowski, Państwowa Szkoła Higieny.

Wentylacja, w myśl nowoczesnych poglądów, ma regulować przedewszystkiem warunki ciepłe atmosfery, zależne od trzech czynników: temperatury, wilgotności i ruchu powietrza. Chcąc więc ocenić jakość warunków atmosferycznych z punktu widzenia zdrowotności, należy ustalić pewne normy dla tych czynników. Do niedawna zmuszeni byliśmy mierzyć temperaturę, wilgotność i ruch powietrza osobno, przy pomocy odnośnych przyrządów, jak termometrów, higrometrów, psychrometrów i anemometrów. Nie było natomiast sposobu, któryby pozwolił na mierzenie ich łącznego działania termicznego na ustrój ludzki. Przypomnę tutaj, że od temperatury powietrza zależy bierna utrata ciepła ustrojowego; drogą promieniowania, przewodnictwa i prądów konwekcyj-

nych, od wilgotności zaś — utrata czynna; drogą parowania, wreszcie od ruchu powietrza — stopień utraty ciepła drogą prądów konwekcyjnych i parowania. Wobec wspólnego oddziaływania fizjologicznego tych trzech czynników atmosferycznych, byłoby bardzo pożądane, gdyby udało się sprowadzić je do jednego wspólnego mianownika i wyrazić to ich działanie termiczne jedną liczbą. Ideałem zaś byłoby, gdyby liczba taka wyrażała nie tylko ten jednoczesny wpływ trzech zmiennych zewnętrznych, ale również reakcję ustroju na różne ich kombinacje. Pierwszą poważną próbą rozwiązania tego niewątpliwie wysoce skomplikowanego zadania jest podany przez Leonarda Hilla katatermometr.

### Katatermometria.

Prosty ten a pomysłowy przyrząd (rys. 1.A) jest poprostu termometrem alkoholowym ze skalą od 95—100° Fahrenheita (35,0 — 37,8°C), różni się zaś od zwykłych termometrów sposobem użycia. Podgrzewamy go w kąpieli wodnej lub piaskowej tak, by wypełnić alkoholem górny zbiorniczek do połowy, czyli do temperatury powyżej 100° F. W ten sposób uzyskujemy czas potrzebny do osuszenia przyrządu, zawieszenia go w miejscu ba-

<sup>1)</sup> Literatura podstawowa o katatermometrii: 1) Science of Ventilation and Open Air Treatment, Part I. London 1919, H. M. Stationery Office. 2) The Katathermometer in studies of body heat and efficiency. London 1923, H. M. Stationery Office. 3) The Katathermometer, its value and defects. Mc Connel, Yaglou. U. S. A. Public Health Reports, Sept 5, 1924. Literatura podstawowa do skali temperatur efektywnych: 1) Roczniki 1923 — 25 Journal American Society Heating & Ventilating Engineers. 2) The Thermal index of atmospheric conditions. — Yaglou. Journal Industrial Hygiene, January 1926. 3) Is Effective Temperature or Cooling Power the better index of comfort? — Vernon. Journal Industrial Hygiene, August 1926. 4) Effective Temperature versus Katathermometer. — Yaglou. Journal Industrial Hygiene, September 1926.

<sup>2)</sup> Podkreślenie moje.



danem i uspokojenia jego ruchów wahadłowych. Znajdując się w otoczeniu chłodniejszym, przyrząd oddaje ciepło, podobnie jak ustrój ludzki, — średnia temperatura przyrządu wynosi 36,5° C, co równa się ciepłocie policzka. Czas w sekundach podczas spadania słupka alkoholowego z 100° do 95° F, — czyli w granicach wahań temperatury ciała ludzkiego, — określamy sekundnikiem. Wielkość tej straty ciepła, stała dla danego katatermometru, jest znana i zgóry oznaczona na każdym przyrządzie w millikalorjach (= 0,001 kalorii gramowej) na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni, jako spółczynnik *F*. Wystarczy podzielić *F* przez liczbę odczytanych sekund *T*, by otrzymać wartość *H* w millikalorjach na 1 cm<sup>2</sup>/sek, jako wyraz działania chłodzącego atmosfery (wzór:

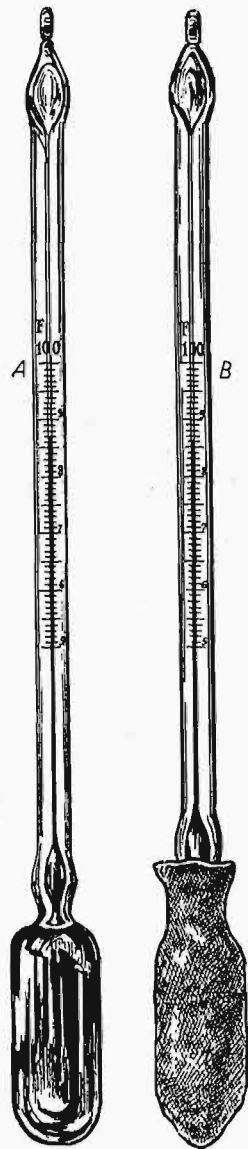
$$H = \frac{F}{T}$$

Przy stałej stracie ciepła, jej szybkość zależy oczywiście od warunków termicznych atmosfery. Jeżeli otoczenie jest cieplejsze niż 100° F, określamy czas potrzebny na ogrzanie przyrządu od 95 do 100° F i uzyskujemy liczbę charakteryzującą nagrzewanie przez atmosferę. Ta „sucha” odmiana katatermometru daje nam oczywiście tylko pojęcie o biernej utracie ciepła, czyli mówi o skombinowanym efekcie termicznym temperatury i ruchu powietrza, nie wykazuje natomiast zupełnie utraty czynnej. Nakładając na katatermometr koszulkę muslinową (rys. 1, *B*) i zanurzając w kąpieli wodnej, otrzymujemy odmianę wilgotną, która daje nam pojęcie o łącznym oddziaływaniu termicznym ciepła, wilgotności i ruchu powietrza, czyli o utracie ciepła czynnej i biernej. Różnica pomiędzy suchym a wilgotnym kata określa udział samego tylko parowania w chłodzeniu, czyli utratę czynną. Przy równoczesnym użyciu obu odmian, możemy więc określić utratę bierną suchym kata, utratę całkowitą wilgotnym kata, a z różnicy — utratę czynną. Istnieją jeszcze odmiany „ubrane” katatermometru, kiedy naciąga się na dolny zbiorniczek suche, bądź wilgotne koszulki z rozmaitych materiałów, które służą do określenia wpływu odzieży na utratę ciepła. Wspomnę tylko, że istnieją katatermometry samorejestrujące.

Rozpatrzmy teraz, czy i o ile katatermometryja

rozwiązuje zagadnienie, o którym była mowa na wstępie. Niewątpliwie, daje nam ona do ręki sposób prosty określenia łącznego działania termicznego tych trzech zmiennych atmosferycznych, uznanych za istotne dla wentylacji. To też oznacza ona duży postęp metodyczny z punktu widzenia potrzeb higienisty i inżyniera wentylacyjnego. Natomiast druga część zadania, skorelowania kombinacji czynników zewnętrznych z reakcją ustroju, nie została jeszcze całkowicie rozwiązana. Pod tym względem katatermometryja posiada braki, z których powinien sobie zdać dokładnie sprawę każdy, kto pragnie z metody tej korzystać. Trudność polega na tem, że pomiędzy regulacją utraty ciepła przez ustrój a mechanizmem utraty ciepła przez kata zachodzą poważne różnice. Kata suchy i „nagi” nigdy nie może być porównany bezpośrednio z ustrojem, gdyż traci ciepło wyłącznie drogą bierną. Ustrój tymczasem czyni tak jedynie w temperaturach bliskich zera, kiedy jesteśmy ubrani. Odmiany „ubrane” nie wiele pomogą, wobec różnorodności odzieży noszonej przez ludzi, zresztą w tym pasie temperatury będziemy myśleli o ogrzewaniu, a nie o wentylacji. By móc posługiwać się suchym kata w pasie temperatur zwykłych, potrzeba dodatkowych obliczeń, opartych na znajomości przemiany materji i ciepła. Zmuszeni jesteśmy przytem do uproszczeń, które kryją w sobie możliwość błędów. Tym sposobem właśnie doszedł Hill do ustanowienia pewnych norm wentylacyjnych w jednostkach katatermometrycznych. Jako punkt wyjścia, przyjął temperaturę powietrza 18° C i ruch powietrza równy zeru, przy siedzącym trybie życia, w zwykłym ubraniu, i otrzymał jako normę pożądaną 6 millikal. według katatermometru suchego, a 18 według wilgotnego. Przy intensywniejszej pracy, wskaźniki te powinny być wyższe. Normy te są słuszne w warunkach przyjętych za podstawę obliczenia, jednakże z badań innych autorów należałoby wnioskować, że w warunkach, odbiegających znacznie od podstawy tych obliczeń, nie mają one znaczenia.

Pozornie katatermometr wilgotny powinien być wolny od tych zarzutów, albowiem mierzy całkowitą utratę ciepła. Niestety, sama teoria tego przyrządu nie jest tak dokładnie poznana, jak w przypadku katatermometru suchego, tak że względem formuły, będącej podstawą użycia przyrządu, zgłoszono pewne zastrzeżenia. Najtrudniej jednakże ocenić odpowiedzi katatermometru wilgotnego w tym szerokim pasie temperatur pośrednich, od blisko 0° C do blisko 37° C, w którym zazwyczaj obracamy się w praktyce. Ustrój nasz w tym pasie korzysta z biernej i czynnej utraty ciepła równocześnie, ale w proporcjach zmiennych. Katatermometr wilgotny zaś traci ciepło również biernie i „czynnie”, ale w proporcjach odwrotnych, aniżeli ustrój. Prosty przykład wyjaśni najlepiej, o co tu chodzi. Weźmy normy podane przez samego autora: 6 millikalorj według suchego, 18 według wilgotnego katatermometru przy 18° C. Różnica, czyli 12 millikalorj, przypada więc na utratę czynną drogą odparowania. Znaczy to, że warunki cieplne atmosfery, jak wskazują katatermometry, pozwalają na oddanie 33% ciepła ustrojowego drogą bierną, a 66% drogą czynną (w sto-



A. Katatermometr suchy  
B. " " wilgotny

Rys. 1.

sunku 6 : 12 millikal.). W rzeczywistości, jak wiemy składają, w podobnych warunkach ustroj traci 75% ciepła drogą bierną, a tylko 25% drogą czynną. Gdzie tkwi błąd? Musimy rozróżnić ściśle pomiędzy zdolnością powietrza do pochłonięcia ciepła drogą bierną czy czynną, a stopniem wyzyskania sytuacji przez ustroj. Drogą parowania da się pochłoniąć więcej ciepła, aniżeli drogą promieniowania, przewodnictwa i prądów konwekcyjnych. Wielkość zdolności pochłonięcia ciepła przez parowanie zależy od fizjologicznego deficytu nasycenia wilgotnością. Jeżeli powietrze przy 18° C zawiera tylko 50% wilgotności względnej, to dla celów naszej utraty ciepła pozostaje nie tylko deficyt fizyczny 50%, ale znacznie większy deficyt w stosunku do temperatury ciała ludzkiego, około 37° C, gdyż powietrze w zetknięciu z ciałem nagrzewa się i zwiększa tem samym swą zdolność do pochłonięcia wilgoci. Im niższa temperatura powietrza, tem większy deficyt fizjologiczny nasycenia, tem większy udział parowania w utracie ciepła przez katatermometr wilgotny, w stosunku do utraty biernej. Inaczej z ustrojem ludzkim. Utrata czynna w stosunku do biernej wymaga dodatkowej pracy, wydzielania potu, bardziej ekonomiczną więc jest utrata bierna. To też utrata czynna służy, jako uzupełnienie utraty biernej. W miarę obniżenia temperatury zewnętrznej, kiedy udział parowania w utracie ciepła przez kata wilgotny stosunkowo się zwiększa, ustroj redukuje swą utratę czynną, a w pobliżu 0° C zadawala się zupełnie utratą bierną. W miarę wzrostu temperatury zewnętrznej, powstaje pewien deficyt utraty biernej, wyrównywany przez utratę czynną. To też dopiero przy temperaturach bliskich temperatury ciała ludzkiego, kiedy ciało pokryte jest potem, istnieje zgodność pomiędzy nim a katatermometrem wilgotnym, gdyż utrata bierna zanika zupełnie i pozostaje utrata czynna, jako jedyny sposób oddania ciepła. Błąd, o którym mówiłem, polega więc na tem, że katatermometr wilgotny posiada zawsze dostateczną ilość wody, by wyzyskać całkowicie zdolność powietrza do pochłonięcia ciepła drogą parowania, gdy tymczasem ustroj ludzki reguluje czynnie ilość wody do odparowania, nie w stosunku do fizjologicznego deficytu nasycenia, lecz raczej w stosunku do deficytu biernej utraty ciepła. Trudno nawet pomyśleć, by jakikolwiek przyrząd mógł być upodobniony pod tym względem do ustroju, dlatego właśnie katatermometry w tej czy innej odmianie wymagają dodatkowych obliczeń i obserwacji, jeżeli mamy sądzić według nich o zdrowotności, czy szkodliwości danych warunków atmosferycznych.

Mimo tych braków, katatermometrija posiada duże znaczenie teoretyczne i praktyczne dla wentylacji. Jakkolwiek wartości odczytane przy pomocy katatermometru są jednostkami fizycznymi, a nie fizjologicznymi, dają pojęcie o własnościach termicznych atmosfery, nie obejmując równocześnie zachowania się wobec nich ustroju, to jednak poznanie i dokładne określenie tych własności termicznych otoczenia jest bardzo ważne. Po za tem katatermometr wilgotny, w temperaturach bliskich temperaturze ciała ludzkiego, może służyć nawet bezpośrednio do oceny zdrowotności atmosfery, —

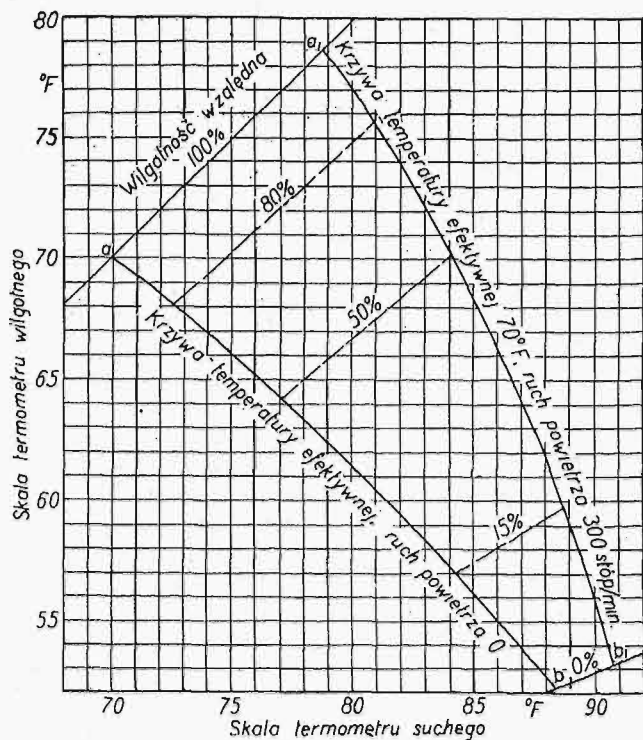
takie warunki możemy spotkać w przemyśle i w górnictwie. Katatermometr suchy znowu daje pojęcie o utracie ciepła ustrojowego w temperaturach bliskich 0° C, a więc w warunkach w praktyce coprawda mało ważnych, ale teoretycznie ciekawych. W pasie środkowym zaś, na podstawie dalszych badań i obserwacji, prawdopodobnie możliwe będzie ustalenie pewnych współczynników, które pozwolą na zastosowanie norm katatermometrycznych do celów praktycznych. W każdym bądź razie należałoby, oprócz stosowanego dotychczas określania poszczególnych czynników termicznych atmosfery, zorientować się zawsze również co do wpływu chłodzącego atmosfery przy pomocy katatermometru, by zebrać większą liczbę obserwacji, na których podstawie będzie można wydać ostateczną ocenę o tym przyrządzie. Nadmienić wypada w końcu, że katatermometr suchy jest doskonałym anemometrem, wprost nie do zastąpienia, jeżeli chodzi o ruchy wirowe, słabe prądy konwekcyjne i t. p.

### Skala temperatur efektywnych.

Drugą próbą rozwiązania interesującego nas zagadnienia jest utworzona w Stanach Zjednoczonych A. P. skala temperatur efektywnych. W pracy tej brali udział: pracownia badawcza Związku inżynierów ogrzewniczych i wentylacyjnych (American Society of Heating and Ventilating Engineers) w Pittsburgu, Federalna służba zdrowia i Główny urząd górniczy. Nie szukano nowego przyrządu, lecz starano się określić doświadczalnie reakcje ustroju na rozmaite kombinacje temperatury, wilgotności i ruchu powietrza. Określano te warunki zewnętrzne, jak dotąd osobno, a jako przyrząd do określania reakcji fizjologicznych posłużył sam ustroj ludzki. Błąd doświadczalny, pochodzący z wahań indywidualnych, starano się zneutralizować, biorąc wyniki średnie z większej liczby obserwacji na większym materiale ludzkim. Ogólna liczba doświadczeń sięga kilkunastu tys.

Pierwszym etapem było ustalenie tak zwanych temperatur równoważnych. W dwóch komorach doświadczalnych, w których można było dowolnie regulować temperaturę, wilgotność i ruch powietrza, ustalono z początku identyczne warunki termiczne. Operowano narazie dwiema zmiennymi: temperaturą i wilgotnością, ruch zaś powietrza pozostawał bez zmiany, ustalony na zero. Kilku obserwatorów przechodziło z jednej komory do drugiej, mając określić, czy odczuwają jakąkolwiek różnicę temperatury. Następnie obniżano temperaturę jednej komory, co obserwatorzy oczywiście spostrzegli, i podnoszono stopniowo wilgotność tej komory dopóty, dopóki obserwatorzy przestali spostrzegać różnicę. Osiągnięto więc równoważne warunki termiczne, choć różne pod względem fizycznym. W ten sposób przerebobiono na jrozmaitsze kombinacje temperatury i wilgotności, ustalając całą skalę temperatur równoważnych. Określone mu podniesieniu temperatury odpowiadało określone obniżenie wilgotności i vice versa. Zgodne to jest zupełnie z doświadczeniem, choć przedtem nie posiadaliśmy co do tego danych ilościowych. Następnie zabrano się do przestudjowania trzeciej zmiennej, ruchu powietrza, operując kombinacja-

mi temperatury i ruchu przy stałej wilgotności powietrza i porównując wpływ termiczny na ustrój tych kombinacji ze skalą ustaloną dla zupełnej ciszy powietrza. W jednej komorze puszczano



Rys. 2.

w ruch wentylatory, nadając powietrzu określony ruch, pozostawiając natomiast drugą, jak w poprzedniej serii doświadczeń, bez ruchu otoczenia. Następnie szukano tej podwyżki temperatury, która, przy identycznej wilgotności względnej obu komór, równoważyłaby zwiększoną dzięki ruchowi powietrza utratę ciepła. Zbadano w ten sposób kilka szybkości ruchu powietrza. Ilustrację tych badań widzimy na rys. 2. Wilgotność powietrza wyrażono w stopniach Fahrenheita termometru wilgotnego. Krzywa *ab* oznacza wszystkie kombinacje temperatury i wilgotności, równoważne z efektem fizjologicznym wywołanym przez 70° F i 100% wilgotności względnej, czyli również 70° F na termometrze wilgotnym, a odpowiadające wahaniom wilgotności względnej od 100 do 0%, przy ruchu powietrza równym zeru. Widzimy z tej krzywej, że wahania temperatury powietrza od 70° do przeszło 88° F (21° do 31° C) mogą być zrównoważone przez odpowiednie zmniejszenie wilgotności, — jeżeli wyrazimy je w stopniach termometru wilgotnego — odpowiadające wahaniom od 70° do prawie 52° F (21° do 11° C). Krzywa *a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>* oznacza wszystkie kombinacje temperatury i wilgotności powietrza przy ruchu powietrza 300 stóp/min, równoważne z kombinacjami, określonymi przez krzywą *ab*, gdzie ruch powietrza był = zeru. Jak widać z tej krzywej, by zrównoważyć ochłodzenie, spowodowane ruchem powietrza o szybkości 300 stóp/min, przy 100% wilgotności, potrzeba podnieść temperaturę z 70° F na blisko 79° F (z 21 do 26,0° C), przy 50% wilgotności względnej — z 77° F do 84° F (25—28,8° C) i t. d. Następny etap — to zbadanie, czy inne obja-

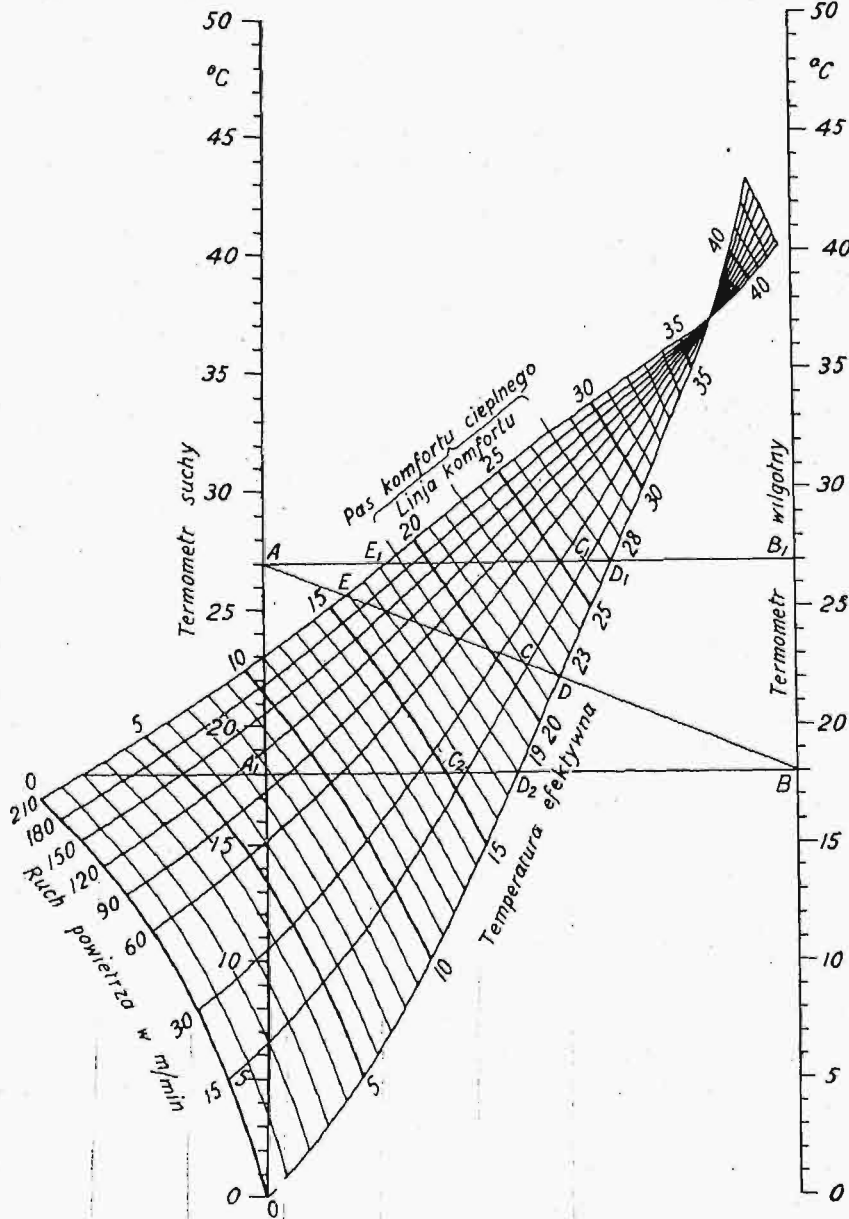
wy fizjologiczne, związane z przemianą ciepłą ustroju, jak tętno, ciśnienie krwi, przemiana materii, zdolność do pracy fizycznej, strata na wadze na skutek pocenia się, wreszcie temperatura ciała ludzkiego, zależą od poszczególnych czynników termicznych atmosfery, czy od ich kombinacji, wreszcie czy ilościowe zmiany pod tym względem idą równoległe z odczuciem ciepła, czyli z temperaturami równoważnymi. Okazało się, że istotnie temperatury równoważne według zmysłu ciepłego wywołują identyczne zmiany fizjologiczne głębsze, jak te, o których mowa. Dlatego temperatury równoważne przemianowano na temperatury efektywne. Temperatura efektywna jest więc wskaźnikiem intensywności ciepła, odczuwanego przez ustrój ludzki na skutek określonych kombinacji temperatury, wilgotności i ruchu powietrza, od której zależą reakcje fizjologiczne ustroju, związane z regulacją ciepła. Jest to więc jednostka fizjologiczna, a nie tylko fizykalna, — jaką nam daje katatermometr, — która daje nam pojęcie o skombinowanym efekcie fizjologicznym trzech czynników ciepłych atmosfery. Chodziło teraz o wyrażenie tego efektu jedną liczbą, o stworzenie skali temperatur efektywnych i jej numeracji. Zgodzono się na przyjęcie numeracji skali temperatury powietrza przy 100% wilgotności i 0 ruchu powietrza. Temperatura efektywna 70° F oznacza więc wszystkie kombinacje temperatury, wilgotności i ruchu powietrza, które na regulację ciepła ustrojowego działają tak samo, jak kombinacja 70° F, 100% wilgotności względnej i 0 ruchu. Krzywa *ab* na rys. 2 oznacza więc temperaturę efektywną 70° F (albo 21° C) przy 0 ruchu powietrza, krzywa *a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>* na tym samym rys. oznacza temperaturę efektywną 70° F (21° C) przy 300 stopach/min ruchu powietrza. Poniższa tabela ilustruje wyniki, świadczące o tym, że temperatury równoważne, czyli efektywne, decydują o reakcjach fizjologicznych ustroju, a nie poszczególne czynniki termiczne atmosfery.

TABELA I.

Temp. efekt. °F	Warunki doświadczenia				Zmiany fizjolog.	
	Termometr suchy °F	Termometr wilgot. °F	Wilgotn. względ. na %	Punkt zroszenia °F	Podniesienie ciepłoty ciała o °F/godz.	Przyspieszenie tętna uderz./min. po 1 godz.
<b>Grupa I</b>						
106,0	106,0	106,0	100	106	4,27	104,9
106,2	120,0	104,6	60	102,2	4,70	127,8
106,4	157,0	100,4	15	89,1	4,60	124,2
<b>Grupa II</b>						
101,3	102,1	101,2	99,2	101,1	2,53	56,3
101,8	129,3	97,5	30,2	91,1	2,45	51,6
101,1	130,0	96,4	30,0	89,4	2,44	54,3
101,2	146,0	93,6	15,0	80,1	1,90	42,5
<b>Grup. III</b>						
95,1	97,1	94,6	91,2	94,1	0,85	14,4
94,9	106,0	92,2	60,0	89,0	0,72	10,3
95,2	120,0	89,2	30,0	81,0	0,87	14,0
95,1	144,7	81,8	5,0	54,0	0,75	12,8
<b>Grup. IV</b>						
85,0	85,0	85,0	100,0	85,0	0,06	1,0
89,3	99,0	86,2	60,0	82,8	0,32	6,6
92,8	116,0	86,2	30,0	77,3	0,52	7,3
95,1	144,7	81,8	5,0	54,0	0,75	12,8

W tabeli tej mamy z jednej strony warunki termiczne doświadczenia, scharakteryzowane przy pomocy temperatury efektywnej i poszczególnych czynników atmosferycznych przy ruchu powietrza  $= 0$ , a z drugiej strony najważniejsze reakcje ustroju, wyrażone jako przyrost tętna i ciepłoty ciała na godzinę trwania doświadczenia. W pierwszych trzech grupach temperatura efektywna jest mniej więcej stała, jakkolwiek poszczególne wartości temperatury i wilgotności powietrza wahają się znacznie, reakcje zaś fizjologiczne ustroju również prawie się nie wahają, — drobne różnice nie przekraczają normalnych wahań fizjologicz-

termometru suchego i od  $25^{\circ}$  do  $115^{\circ}\text{F}$  ( $-4^{\circ}$  do  $+48^{\circ}\text{C}$ ) Yaglou, jeden z najbardziej zasłużonych badaczy grupy amerykańskiej, zajmującej się tą sprawą, skonstruował tablice krzywych temperatur efektywnych, pozwalające wyznaczyć w sposób prosty i łatwy osiągnięte wyniki doświadczeń dla celów praktycznych. Krzywe te, ze zmianą skali fahrenheitowskiej oryginału na celsjuszową, podają rys. 3 i 4. Rys. 3 uwzględnia wyniki osiągnięte z ludźmi rozebranymi do pasa w stanie spoczynku, odpowiadające siedzącemu trybowi życia, zaś rys. 4 uwzględnia wpływ zwykłego ubrania. Brak jeszcze wykresów, uwzględniających pracę fizyczną.



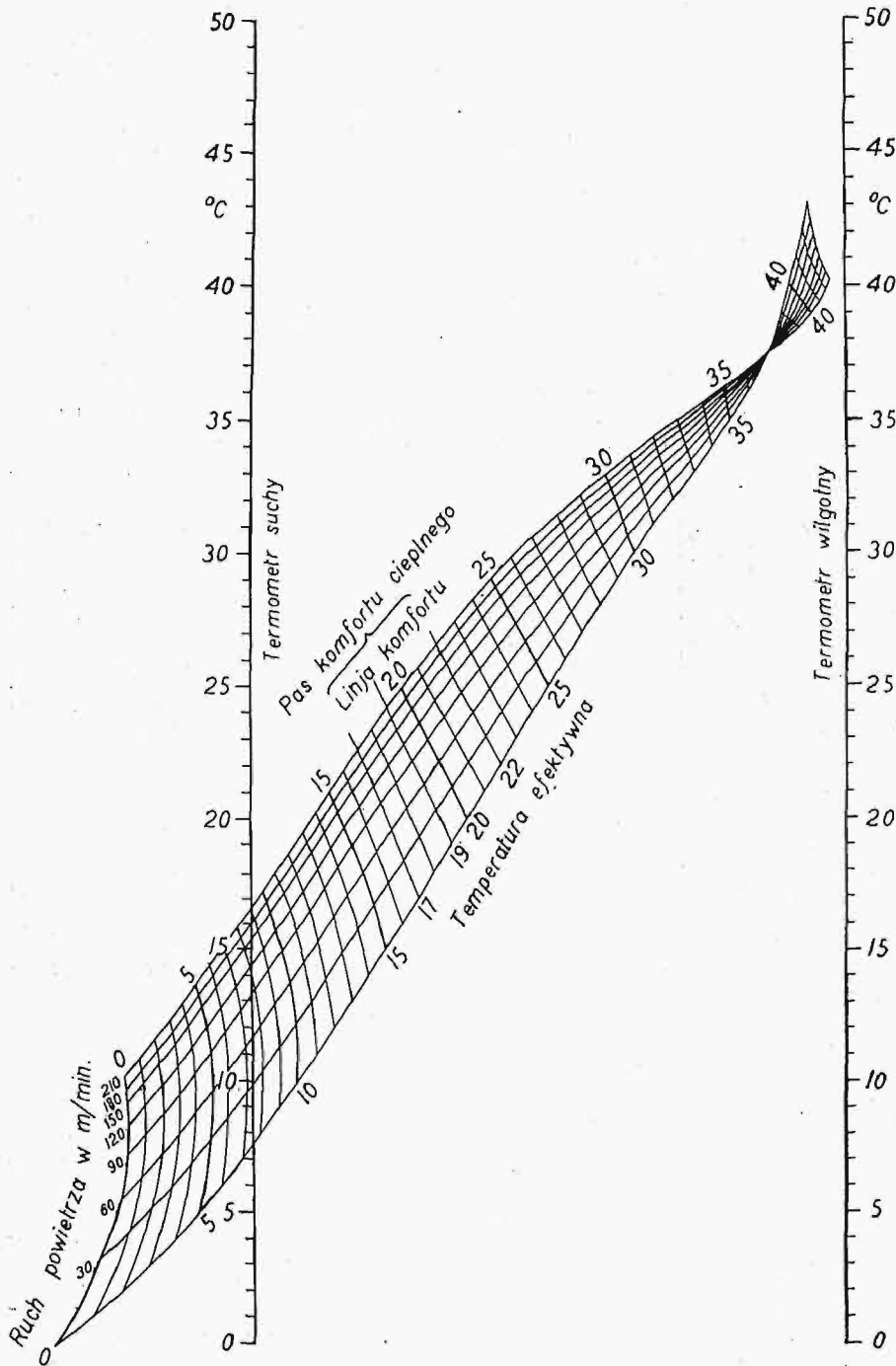
Rys. 3.

nych. Znaczne różnice w reakcjach fizjologicznych obserwujemy dopiero z chwilą, kiedy zmieniamy temperaturę efektywną, czyli przy przejściu z jednej grupy do drugiej. W czwartej grupie widzimy natomiast stały wzrost reakcji fizjologicznych, równoległy do wzrostu temperatury efektywnej, choć temperatura termometru wilgotnego i punktu zraszania wykazują spadek. Po zbadaniu skali od  $28^{\circ}\text{F}$  do  $170^{\circ}\text{F}$  (mniej więcej od  $-2^{\circ}$  do  $+76^{\circ}\text{C}$ )

Z rys. tych można przedewszystkiem odczytać zasadnicze prawa, które rządzą regulacją termiczną ustroju. Pomiedzy skalą termometru suchego z lewej, a skalą termometru wilgotnego z prawej strony, mamy krzywe temperatur efektywnych dla kilku szybkości ruchu powietrza. Chcąc określić istniejącą w danych warunkach temperaturę efektywną, określamy, najlepiej przy pomocy psychrometru procowego, temperaturę suchą i wilgotną, oraz, przy większej sile wiatru—innego anemometru, określamy ruch powietrza. Łączymy linią prostą odczytane wartości termometrów suchego i wilgotnego. Linia ta przecina skalę temperatury efektywnej, wskazując określoną szybkość ruchu powietrza; punkt ten odnosimy do skali podstawowej temperatury efektywnej przy ruchu powietrza zero i odczytujemy na niej temperaturę efektywną. Weźmy dla przykładu rys. 3. Załóżmy, że mamy  $27^{\circ}\text{C}$  na suchym, a  $18^{\circ}\text{C}$  na wilgotnym termometrze, ruch powietrza niechaj wyniesie  $15\text{ m/min}$ . Łącząc obie skale termometrów, otrzymujemy linię AB, która przecina krzywą temperatury efektywnej dla ruchu powietrza  $15\text{ m/min}$  w punkcie C. Na skali podstawowej odczytujemy, że C oznacza temperaturę efektywną  $21^{\circ}\text{C}$ . Znaczy to, że dana kombinacja trzech termicznych czynników atmosferycznych jest równoważna pod względem fizjologicznym kombinacji: temperatura sucha  $27^{\circ}$ , wilgotna  $18^{\circ}\text{C}$  (czyli przy 100% wilgotności względnej) ruch powietrza  $= 0$ . Linia AB przecina skalę podstawową dla ruchu powietrza zero w punkcie D, który odpowiada temperaturze efektywnej  $22^{\circ}\text{C}$ , a krzywą temperatur efektywnych dla ruchu powietrza  $210\text{ m/min}$  w punkcie E, który odpowiada temperaturze efektywnej  $16^{\circ}\text{C}$ . Przykład ten ilustruje równocześnie praktyczną doniosłość tej tablicy. Widzimy bowiem, że wprowadzenie w ruch powietrza, nadając mu szybkość  $15\text{ m/min}$  w stosunku do ciszy powietrza, bez zmiany temperatury czy wilgotności, dało nam ochłodzenie

fizjologiczne o 1°C; przyspieszenie ruchu do 210 m/min dałoby ochłodzenie o 7°C temperatury efektywnej. Możemy więc w ten sposób ocenić, jaki efekt fizjologiczny dadzą nam różne szybkości ruchu powietrza. Podobnie możemy ocenić wpływ fizjologiczny zmian innych warunków termicznych atmosfery. Jeżeli np., nie obniżając tem-

wietrze przez komorę, w której rozpylamy wodę, to nasyci się ono również wilgotnością, tracąc przytem część swego ciepła przez zamianę wody na parę wodną. Temperatura powietrza według termometru suchego wyniesie wtedy 18°C, czyli tyleż, ile wskazuje termometr wilgotny. Otrzymujemy teraz linię A<sub>1</sub>B. Odpowiednie wartości C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, E<sub>2</sub> w jednostkach temperatury efektywnej, wyniosą teraz: 16°, 18°, 20°C. Otrzymaliśmy w ten sposób znaczne obniżenie temperatury efektywnej, które w stosunku do pierwotnej kombinacji wynosi przy 0 ruchu powietrza: 5°, przy ruchu 210 m/min aż do 14°C temperatury efektywnej. Poznaliśmy przy tej sposobności bardzo skuteczny fizjologicznie sposób chłodzenia powietrza przez zamianę części ciepła atmosferycznego na ciepło utajone i nadanie mu odpowiedniego ruchu.



Rys. 4.

peratury powietrza, pozwolimy mu się nasycić wilgotnością, wtedy termometr wilgotny wskaże nam również 27°C. Łącząc obie skale, otrzymamy teraz linię A<sub>1</sub>B, odpowiednie wartości temperatury efektywnej dla C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, E<sub>1</sub> będą: ok. 26, 27, 18,5°C. Widzimy tutaj, że podniesienie wilgotności samej jest fizjologicznie równoznaczne z podniesieniem temperatury powietrza i że możemy wpływ ten określić ilościowo. Jeżeli znowu przepuścimy po-

temperatury i ruchu powietrza. Zbliżenie się w dół ku skali termometru suchego oznacza, że przewaga jest po stronie temperatury suchej, przeważa bowiem utrata bierna, od niej zależna, — nachylenie zaś w górę ku skali termometru wilgotnego oznacza przewagę stopniową tego czynnika, w miarę jak utrata ciepła odbywa się coraz bardziej drogą parowania, zależnego od wilgotności. Tam, gdzie poszczególne krzywe temperatur efektywnych przecinają skalę termometru suchego, mamy punkty krytyczne wilgotności powietrza: to znaczy, że przy danej temperaturze powietrza i odpowiednim ruchu, wilgotność jego zupełnie roli nie odgrywa, innymi słowy, utrata ciepła odbywa się wyłącznie drogą bierną w zależ-

ności tylko od temperatury i ruchu powietrza. W tych to warunkach urządzenie zachowuje się, jak katatermometr suchy. Poniżej tych punktów krytycznych wilgotność ma zupełnie inny wpływ fizjologiczny, aniżeli powyżej tych punktów. W przykładzie, przytoczonym wyżej, wzrost wilgotności przy stałej temperaturze powietrza nagrzewa, poniżej zaś punktów krytycznych — chłodzi. Wiemy wszyscy z własnego doświadczenia, że kiedy su-

...

che zimno znosimy doskonale, najchłodniejsza jest pogoda zimna i wilgotna, tutaj zaś na rys. efekt ten ujęty jest ilościowo. Istnieje również punkt krytyczny dla ruchu powietrza. Punkt ten odpowiada efektywnej temperaturze  $37^{\circ}\text{C}$ , odpowiadającej temperaturze ciała ludzkiego. Zrozumiałe jest, że w tych warunkach istnieje równowaga pomiędzy temperaturą ciała ludzkiego a otoczeniem, utrata ciepła równa się zeru. Ruch powietrza zaś działa tylko pośrednio na istniejącą już utratę ciepła, gdzie jej niema i ruch powietrza przestaje działać. W tym punkcie znikają oczywiście i różnice zależne od siły wiatru. Powyżej tego punktu działanie fizjologiczne ruchu powietrza również się odwraca: nagrzewa on teraz, zamiast chłodzić. I to jest zrozumiałe, gdyż zasadniczo przyspiesza on jedynie wymianę ciepła pomiędzy ciałem cieplejszym a chłodniejszym. Dopóki ciało ludzkie jest cieplejsze od otoczenia, dopóty wiatr ułatwia odpływ ciepła i chłodzi ciało, kiedy zaś ciało ludzkie jest chłodniejsze od otoczenia, wiatr ułatwia dopływ ciepła i grzeje ciało, znowuż więc mamy tutaj ilościowe ujęcie tego zjawiska. W miarę oddalania się od punktu krytycznego, krzywe temperatur efektywnych dla poszczególnych wartości ruchu powietrza rozchodzą się, co oznacza stopniowy wzrost oddziaływania wiatru. Różnice w odstępach pomiędzy poszczególnymi krzywymi temperatur efektywnych dla poszczególnych szybkości ruchu powietrza wykazują, że efekt chłodzący jest względnie największy przy niższych szybkościach i maleje stopniowo w miarę zwiększania się siły wiatru. Najwydatniej pracuje się z szybkościami do  $60\text{ m/min}$ . Porównując punkty krytyczne dla wilgotności z rys. 3 i 4, widzimy, że ubranie wpływa na regulację ciepła ustroju w kierunku zmniejszenia potrzeby utraty czynnej. I tak, przy ciszy powietrza, punkt krytyczny wilgotności dla ludzi obnażonych do pasa wypada przy  $0^{\circ}\text{C}$ , dla ubranych zaś wypada on przy ok.  $7,5^{\circ}$ , o tyleż stopni wcześniej wystarczy nam w ubraniu utrata bierna. Na obydwu rys. mamy jeszcze tak zwane pasy komfortu cieplnego. Oznaczają one normy warunków termicznych atmosfery, wyrażone w temperaturze efektywnej, do których należałoby dążyć w praktyce wentylacyjnej. Określono je, podając większą liczbę osób obojga płci rozmaitym temperaturom efektywnym i każąc im określić, czy czuli by się lepiej, gdyby podniesiono temperaturę, czy też gdyby ją obniżono, lub czy nie pragną żadnej zmiany. Za granicę dolną i górną przyjęto te temperatury efektywne, przy których połowa głosujących czuła się dobrze. Granice te wypadły dla ludzi rozebranych do pasa od  $19^{\circ}$  do  $28^{\circ}\text{C}$ , a dla ubranych normalnie od  $17^{\circ}$  do  $22^{\circ}\text{C}$  temperatury efektywnej. W granicach tego pasa znajdują się linie największego komfortu cieplnego. Oznaczają one temperatury efektywne, przy których olbrzymia większość głosujących nie pragnęła żadnej zmiany warunków termicznych. Optymalną temperaturą efektywną dla ludzi obnażonych do pasa okazała się  $23^{\circ}\text{C}$ , za zgodą 91% obserwowanych, wśród ludzi ubranych normalnie 98% głosowało za temperaturą efektywną  $19^{\circ}\text{C}$ . Ta, ze względów praktycznych, najważniejsza część pracy badaczy temperatury efektywnej wywołała odrazu kryty-

cyzm. Normy te bowiem są wyższe, aniżeli te, do których na podstawie dawniejszych badań doszli higieniści europejscy. Przekroczenie  $20^{\circ}\text{C}$  przy ok. 50% wilgotności względnej dla ludzi normalnie ubranych uznalibyśmy za niepożądane, tymczasem według norm podanych wyżej  $23^{\circ}\text{C}$  przy 100% wilgotności wzgl. byłoby jeszcze dopuszczalne. Różnica ta tłumaczy się prawdopodobnie tem, że metoda autorów amerykańskich nie uwzględnia czynnika aklimatyzacji. Amerykanie przywykli do względnie wysokiej średniej temperatury pomieszczeń, gdyż latem mają wielkie upały, a zimą — wobec tegich mrozów — ogrzewają silnie mieszkania. Dla krajów z klimatem łagodniejszym, przy niższej temperaturze średniej pomieszczeń, pas komfortu wypadłby niżej, prawdopodobnie około dolnej granicy  $17^{\circ}\text{C}$ . Yaglou coprawda zwraca uwagę na inny czynnik, który według jego mniemania wpływa na tę różnicę, mianowicie na odzież. Amerykanie stanowczo ubierają się znacznie lżej, aniżeli europejczycy, wełnianej bielizny prawie nikt tam nie nosi. Wobec tego, że optimum dla ludzi rozebranych do pasa,  $23^{\circ}$ , leży o  $4^{\circ}$  wyżej, aniżeli optimum dla ubranych ( $19^{\circ}$ ), kwestja grubości i jakości odzieży niewątpliwie odgrywa również rolę przy ustalaniu pasa komfortu cieplnego. Wynika z tego jednakże, że normy takie mają wartość względną, bo zależą bądź od czynników klimatycznych, bądź od zwyczajów narodowych, np. pod względem ubrania, winny więc być ustalone osobno dla każdego narodu. Zastrzeżenie to tyczy się strony normatywnej serii tych prac nad temperaturą efektywną. Natomiast niewątpliwie udało się autorom amerykańskim uzyskać to, czego katatermometria bezpośrednio dać nie może, mianowicie ilościowe ujęcie reakcyj fizjologicznych ustroju ludzkiego na rozmaite kombinacje trzech czynników termicznych atmosfery. Prace te zapełniają poważną lukę w naszej wiedzy o fizjologii wentylacji, zasługują wobec tego na bliższe zapoznanie się z niemi, celem wyzyskania ich dla teorii i praktyki wentylacyjnej.

## Nowe wydawnictwa.\*)

- Prace Instytutu Aerodynamicznego w Warszawie**, prowadzone pod kierunkiem prof. C. Witożyńskiego. Zesz. 1, str. 84. Treść: J. Bonder: O pewnej metodzie tworzenia profili lotniczych. St. Neumark: Zastosowanie różnych postaci potencjału do obliczenia sił, działających na profile lotnicze.
- Krótki zarys elektrotechniki**. Podręcznik dla szkół zawodowych. Cz. I, zasadnicza. Prof. M. Pożaryski, Str. 151 ze 137 rys. Wyd. J. Lisowskiej. Warszawa, 1927.
- La technique cinematographique**. Projection et fabrication des films. L. Lobeł. Wyd. III. Str. 337 z 326 rys. Dunod. Paryż, 1927.
- Le sélection psychophysiologique des travailleurs**. Conducteurs des tramways et d'autobus. J. M. Lahy. Str. 226, z 82 rys. Wyd. Dunod. Paryż, 1927.
- Technologie der Textilfasern**, herausg. von Prof. Dr. R. O. Herzog. T. II, część 3. **Wirkerei und Strickerei, Netzen und Filetstrickerei**. C. Aberle. **Maschinenflechten u. Maschinenklöppeln**. W. Krumme. **Flecht- u. Klöppelmaschinen**. Prof. H. Glafey. **Samt, Plüsch, Künstliche Pelze**. Prof. H. Glafey. **Herstellung der Tepiche**. H. Sautter. **Stickmaschinen**. R. Glafey. Str. 612, rys. 824. J. Springer. Berlin, 1927.

\*) Wszystkie podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w Księgarni Technicznej „Przeglądu Technicznego”, Warszawa, ul. Czackiego 3.

# Zagadnienie podwyższenia sprężania i detonacji w silnikach spalinowych.

Opracował Inż. C. Woynicz.

Jak wiadomo, zagadnienie podwyższenia stopnia sprężania w silnikach spalinowych, łączące się ze wzrostem ich sprawności, stanowi w ostatnich latach problemat nader aktualny. Zagadnienie to jednak wiąże się zarazem ze zjawiskami detonacji, z jednej strony, a samozapłonu przedwczesnego — z drugiej, które stanowią przeszkody na drodze realizacji wyższego stopnia sprężania mieszanki wybuchowej. Obydwa te zjawiska szkodliwe były już częściowo omówione w „Przeł. Techn.”<sup>1)</sup>, wobec czego nie wchodzimy już tu w szczegóły, w wywodach zaś poniższych podamy po-krótko stan obecny tej sprawy, na podstawie pracy jednego z najwybitniejszych jej znawców, mianowicie p. P. Dumanois, nacz. inżyniera lotnictwa francuskiego i dyrektora działu technicznego Urzędu paliw ciekłych.<sup>2)</sup>

## Zapłon przedwczesny od punktu nagrzanego.

Prócz zjawisk detonacji i samozapłonu przez sprężanie adiabaticzne, stanowiących teoretycznie przeszkody ku urzeczywistnieniu wysokiego sprężania, występuje w praktyce jeszcze jeden czynnik ograniczający, mianowicie zapłon przedwczesny, spowodowany przez punkt nagrany do wysokiej temperatury w komorze spalinowej, w szczególności przez elektrody świecy i części zaworów wylotowych. Na pierwszy rzut oka zdawałoby się, że istnieje sprzeczność pomiędzy faktem, że możliwość zapłonu od punktu nagrzanego wzrasta wraz ze stopniem sprężania, a wnioskami teoretycznymi i praktycznymi, iż wzrost stopnia sprężania oddziałuje załedwie nieznacznie na średnią temperaturę ścianek.

Łatwo jednak wyjaśnić tę sprzeczność pozorną. Nie należy bowiem zapominać, że wzrost sprężania prowadzi do wzrostu temperatury mieszanki podczas sprężania, tak że naprz. przy przejściu od  $\epsilon = 4,6$  do  $\epsilon = 7$  temperatura w końcu sprężania wzrasta o 100°. Atoli mieszanka, przy zetknięciu się z punktem nagrzanym o temperaturze wyższej niż minimum niezbędne dla zapłonu, nie zapala się natychmiast; potrzebny jest pewien czas na powstanie zjawiska zapłonu; czas ten — oczywiście — jest zależny od różnicy temperatur mieszanki i nagrzanego punktu, i przy wzroście stopnia sprężania, a więc i temperatury końcowej — czas ten się zmniejsza. Różnica bezwzględna czasu potrzebnego na zapłon w obu wypadkach jest wprawdzie bardzo nieznaczna, należy jednak zwrócić uwagę, że skrócenie tego czasu o  $\frac{1}{200}$  sek stanowi już stosunkowo bardzo długi okres, jeśli się uwzględni, że jest on większy niż połowa czasu trwania spalania.

Stąd wniosek, że dla oddalenia granicy sprężania, stawianej przez zapłon od punktu nagrza-

nego, należy obniżyć temperaturę ścianek komory spalinowej, t. zn. mieć świece i zawory lepiej chłodzone.

## Własności paliw zwykłych.

Paliwa płynne rozpadają się na 2 kategorie: 1° mieszaniny węglowodorów i 2° alkohole. Węglowodory mają, z punktu widzenia detonacji, własności rozmaite: jedne — węglowodory aromatyczne — są odporne na detonację, inne, jak węglowodory szeregu naftowego, są mało skłonne do detonacji, wreszcie węglowodory parafinowe ulegają jej nadzwyczaj łatwo. Ponieważ paliwo silnikowe składa się z mieszanin, mniej lub więcej złożonych, utworzonych z tych właśnie węglowodorów, przyczem węglowodory aromatyczne znajdują się tam zwykle w ilości nieznacznej, przeto zwykle paliwo karburyzowane prowadzi do zjawiska detonacji. Z drugiej strony, oleje pędne otrzymywane przez „cracking” lub w drodze katalizy mogą zawierać większą domieszkę związków aromatycznych lub szeregu naftowego, zatem będą w pewnym stopniu przeciwdetonacyjne. Wreszcie produkty gazowe dystalacji smoły węglowej, złożone z węglowodorów aromatycznych, stanowią paliwo przeciwdetonacyjne (przykładem może służyć paliwo, zwane we Francji benzolem, złożone z 90% benzenu oraz ksylenu i toluenu w różn. proporcjach).

Co się tyczy alkoholi, to dwa tylko z nich mogą interesować w danym wypadku technikę: alkohol etylowy i alkohol metylowy, zwłaszcza ze względu na możliwość ich syntezy. Obydwa są przeciwdetonacyjne, przyczem alkohol etylowy może być sprężany aż 14-krotnie, nie powodując fali wybuchowej.

Jeśli zbadamy te paliwa z punktu widzenia ich zapłonu pod wpływem sprężania adiabaticznego, to przekonamy się, iż dla mieszanek naftowych, benzolu i alkoholu etylowego niezbędny dla samozapłonu stopień sprężania leży powyżej 10. Przeciwnie, bezwodny alkohol metylowy, jak to wykazał p. Dumanois, daje samozapłon już przy stopniu sprężania 6.

Streszczając wywody powyższe, wnioskujemy, że granicę praktyczną sprężania mieszanki, w silnikach zwykłych, określa zjawisko detonacji; dla benzolu, jak również dla alkoholu etylowego, można przewidywać odtąd zastosowanie sprężania o wiele wyższego, bez obawy zarówno detonacji, jak i samozapłonu; dla alkoholu zaś metylowego bezwodnego granicę sprężania stanowi samozapłon; praktycznie jednak łatwo ominąć tę trudność, przez stosowanie alkoholu zlekkka rozwodnionego.

W chwili obecnej produkcja alkoholu etylowego, jak również benzolu, jest w wielu krajach stosunkowo nieduża (we Francji stanowi

<sup>1)</sup> Przeł. Techn. t. 64 (1926), str. 237 i nast.

<sup>2)</sup> Techn. Moderne, t. 18 (1926), str. 673—679.

ok.  $\frac{1}{10}$  zużycia rocznego benzyny napędowej; dotyczy to przytem czasu pokoju, bo w razie wojny, jak zauważa p. Dumanois — cała tamtejsza produkcja obecna alkoholu i benzolu byłaby niedostateczna dla zapewnienia wyrobu prochów i materiałów wybuchowych). Co do alkoholu metylowego, to jego wyrób przemysłowy w drodze syntezy jeszcze nie istnieje. Zatem, zwłaszcza w krajach wytwarzających mało spirytusu z płodów rolnych, zagadnienie ominięcia detonacji przy użyciu mieszanek z węglowodorów typu benzenu jest obecnie, i na dłuższy czas jeszcze, zagadnieniem ważnym technicznie i gospodarczo. Ale i dla innych krajów, jak Polska, gdzie produkcja alkoholu bezwodnego miałaby obfite zaopatrzenie w surowce, sprawa ta nie jest obojętna, zwłaszcza że ten alkohol bezwodny jest wytwarzany u nas jeszcze w znikomych ilościach.

### Sprężanie w silnikach lotniczych.

Jak zaznaczyliśmy wyżej, przy użyciu mieszanki benzynowej, nie można naogół przekroczyć — a nawet czasem osiągnąć — stopnia sprężenia 5, bez obawy wywołania detonacji. Atoli wiele silników lotniczych pracuje zupełnie bez zarzutu, na ziemi, przy max. napełnienia, przy sprężeniu 5,5. Ciekawe są przyczyny tego objawu. Są one liczne: przede wszystkim ochładzanie komory spaliny silników lotniczych jest lepsze, ponieważ ścianki są stalowe i o wiele cieńsze, niż większości zwykłych silników samochodowych; poza tem silnik lotniczy jest sprężony bezpośrednio ze śmigłem i rozwija swój max. moment przy najw. liczbie obrotów; to znaczy, że gdy silnik spala w jednostce czasu max. paliwa, czas trwania obiegu jest najkrótszy; ponieważ, dla danej mieszanki i danego sprężenia, fala wybuchu powstaje dopiero po pewnym okresie spalania regularnego, przeto detonacja może nie zachodzić, wówczas gdy powinnaby nastąpić, gdyby silnik poruszał się wolniej przy wytwarzaniu tegoż momentu. Okoliczność ta zachodzi natomiast w silniku samochodowym, gdy naprz. wjeżdża się na dość strome wzniesienie, przy bezpośrednim sprężeniu i pełnym napełnieniu, nie zmieniając prędkości zapłonu.

Wreszcie jest jeszcze jedna przyczyna oddalająca w silnikach lotniczych granicę sprężenia, przy której powstaje fala wybuchu; tworzy ją urządzenie, zabezpieczające pewność ruchu, polegające na podwójnym zapalaniu. W wypadku najogólniejszym, przy dwu punktach zapłonu, rozmieszczonych średnicowo przeciwległe, fala wybuchowa powstanie dopiero przy takim stopniu sprężenia, gdy czas spalania będzie mniejszy, niż suw na długość odpowiadającą połowie średnicy cylindra; inaczej mówiąc, można w przybliżeniu liczyć, że taki silnik, o podwójnym zapłonie, jest w tych samych warunkach pracy pod względem detonacji, co silnik o zapłonie pojedynczym, lecz o średnicy dwa razy mniejszej. Stąd silnik o podwójnym, przeciwległym, zapłonie i średnicy 130 mm pracować może, z rozważanego punktu widzenia, jak silnik o zapłonie pojedynczym i średnicy 60 mm, a w takim silniku detonacja, przy  $\epsilon = 5,5$ , nie zachodzi.

### Sposoby usunięcia detonacji.

Mimo to, jakikolwiek mamy typ silnika, oddalenie granicy niebezpiecznej sprężenia pozostaje zagadnieniem ważnym. Pierwszym ku temu sposobem, jaki odrazu się nasuwa, jest dodanie do mieszanki detonującej jakiegoś paliwa niedetonującego; paliwem takim jest naprzykład znane „carburant national” francuskie, utworzone w myśl ustawy z 28 stycznia 1923, znajdujące się w sprzedaży i złożone w połowie z alkoholu etylowego bezwodnego i benzyny; paliwo to nie detonuje aż do stopnia sprężenia 6. Podobnie zachowywałaby się mieszanka z różnych części benzolu i benzyny. W r. 1923 dokonana było doświadczenie z tem paliwem w silniku lotniczym, przy  $\epsilon = 6,5$ , który będąc wyposażony w turbosprężarkę Rateau pozwolił wznieść się płatowcowi myśliwskiemu na 9000 m w ciągu 23 min.

Atoli należy wziąć pod uwagę fakt, że te mieszanki niedetonujące muszą zawierać bardzo znaczne domieszki benzolu lub alkoholu etylowego (naprz. dla osiągnięcia  $\epsilon = 7$  należy stosować mieszankę z 30% benzyny i 70% benzolu, wzgl. mieszankę potrójną: 50% benzyny, 35% benzolu i 15% alkoholu), gdy tymczasem wytwórczość tych domieszek w czasie pokoju, a zwłaszcza w czasie wojny, jest niedostateczna.

Należy przeto uciec się do innych środków, zapobiegających detonacji.

Jak wiadomo, dla uniknięcia fali wybuchowej, należy hamować wzrost szybkości zapłonu mieszanki, powodowany przez raptowny wzrost ciśnienia i temperatury. Pierwsze rozwiązanie tego zadania polega na dodaniu do paliwa cieczy rozpylonej, której ciepło parowania przeciwdziała wzrostowi temperatury przy spalaniu; najtańszym i często stosowanym sposobem jest dodawanie w ten sposób wody; istotnie, stanowi ona czynnik przeciwdetonacyjny, a nadto przeciwdziała tworzeniu się osadów w komorze spaliny. Fakt ten — jak to objaśnił Dixon — polega na działaniu chemicznym: woda, łącząc się bezpośrednio z tlenkiem węgla, powstałym z dysocjacji, powoduje szybszą przemianę CO na CO<sub>2</sub>, niż reakcja CO + O. Natomiast sposób ten posiada tę wadę, że woda nie daje się połączyć z zasysaną mieszanką, wobec czego i ustrój silnika cokolwiek się komplikuje i zachodzi konieczność urządzenia zbiornika dodatkowego, wreszcie powstają uszkodzenia erozyjne powierzchni tłoka i zaworów.

Z punktu widzenia termicznego, następstwem użycia wody jest strata tej ilości ciepła, której wymaga jej odparowanie. Pomimo tej straty ciepła, można jednak mieć zysk na sprawności, w stosunku do silnika o słabem sprężeniu, przy dostatecznym wzroście stopnia sprężenia; dotyczy to w szczególności silników pół-dieselowskich z wtryskiem wody. Atoli, dla przyczyn wskazanych wyżej, większość konstruktorów tych silników zarzuca już tę metodę.

Innym sposobem, o wiele mniej korzystnym ze wszystkich punktów widzenia, aczkolwiek stosowanym niestety nieświadomie przez wielu obsługujących silniki, jest zmniejszanie detonacji przez wyzyskanie ciepła odparowania nadmiaru paliwa.



Byłoby — oczywiście — zbędnym dowodzenie potrzeby wyrugowania tego mylnego postępowania.

Jest natomiast jeszcze jeden sposób usunięcia detonacji, odwrotny do powyższego, polegający na wprowadzeniu do cylindra gazów obojętnych. Ma on jednak tę wadę, że zmniejsza moc uzyskiwaną z danej wagi silnika. Próby w tym kierunku były dokonywane z silnikami samochodowymi, zasilanymi gazem ssanym z węgla drzewnego. Aczkolwiek stopień sprężenia w nich mógł być podniesiony aż do 7 bez obawy detonacji, to jednak rozwijana moc była o 15—20% mniejsza, niż takich silników zasilanych benzyną przy sprężaniu 5. Należy obok tego zaznaczyć, że wprowadzanie gazów obojętnych do mieszanki benzynowej powoduje szczególne trudności w dozowaniu, wskutek bardzo wąskich granic, w jakich można uzyskać dostateczne szybkości zapłonu. Poza temi granicami, szybkość będzie zbyt mała, spalanie powolne o tyle, że może trwać aż podczas wydmuchu i przenikać aż do karburatora.

Ostatnim wreszcie sposobem jest opóźnianie przodowania zapłonu. Spalanie trwa wówczas poza punktem (zwrotnym, ze stratą sprawności, pochłaniającą większą część korzyści, płynących ze zwiększenia sprężenia; rozwiązanie to nadaje się do zastosowania zaledwie w b. rzadkich wypadkach, jak np. w silnikach lotniczych — dla chwilowego uruchomienia, przy całkowitem napełnieniu, w pobliżu ziemi.

### Przeciwdetonatory.

Rozważania powyższe doprowadziły naturalnie do poszukiwań innych ciał, któreby posiadały większe własności tłumienia spalania detonacyjnego, niż benzol i alkohol etylowy. Badania w tym kierunku były dokonane w szczególności przez Ricardo<sup>3)</sup>, z jego silnikiem o zmiennym sprężeniu, i pozwoliły mu ustalić liczbowo wartość niektórych ciał, jako przeciwdetonatorów.

Badania te były prowadzone dalej przez licznych autorów<sup>4)</sup> i doprowadziły w 1922 Thomas'a Midgeleya do zastosowania czteroetylu ołowiu; do tego samego wyniku doszedł jednocześnie Dumanois, na podstawie rozważań opartych na faktach doświadczalnych, które później zresztą okazały się mylnymi. Atoli w owym czasie czteroetyl ołowiu był tak drogim środkiem, że pomysł jego zastosowania uważany był jeno za ciekawostkę laboratoryjną. Midgeleyowi przynależy zasługa rozpowszechnienia tego środka, przez umożliwienie jego wytwarzania w sposób przemysłowy, po cenie dostatecznie przystępnej. Środek ten, przy domieszce zaledwie  $\frac{1}{1000}$  w stos. objętościowym, pozwala na podwyższenie stopnia sprężenia do 7, bez detonacji.

Oczywiście, podjęto badania celem wyjaśnienia, jak działa takie ciało. Stan obecny tych ba-

dań, w szczególności zaś prace Moureu i Durfaisse'a, pozwalają wnosić, że działanie tego przeciwdetonatora stanowi szczególny wypadek przeciwutleniania i że polega ono na zjawiskach nast.: gdy fala wybuchowa dąży do utworzenia się w pewnej części mieszanki, wskutek raptownego wzrostu ciśnienia, przeciwdetonator oddziałuje w sposób przeciwdziałający natychmiastowemu spalaniu, które powinno by wówczas nastąpić. Zatem, ponieważ dla powstania fali wybuchowej powinny nastąpić jednocześnie, w czasie i przestrzeni, zjawiska fizyczne i chemiczne, przeto nawet bardzo nieznaczne przesunięcie fazy, usuwające jednoczesność zjawisk, wystarczy, by fala wybuchowa się nie wytworzyła.

Słowem, rolę przeciwdetonatora wyobrażamy sobie w ten sposób, że w danej temperaturze, wystarczającej do wywołania zapłonu, działa on w kierunku przedłużenia czasu spalania. Nadmienić należy, że rolę tę możnaby także ująć inaczej, mianowicie wypowiadając hipotezę, że przeciwdetonator podwyższa temperaturę niezbędną dla zapłonu<sup>5)</sup>.

Pierwsza hipoteza zdaje się być słuszniejszą, albowiem, wobec nadzwyczaj małej domieszki przeciwdetonatora, wydaje się bardziej racjonalnym przypisać usunięcie przezeń fali wybuchowej niewielkiemu opóźnieniu zapłonu (o czas mniejszy niż  $\frac{1}{200}$  sek), niż stosunkowo dużemu powiększeniu temperatury potrzebnej do zapłonu. Pogląd ten zdaje się zresztą być dostatecznie potwierdzonym przez doświadczenia A. Pignot'a<sup>6)</sup>, które wykazały, że oddziaływanie przeciwdetonatorów na temperaturę zapłonu jest znikome.

Jakkolwiek jest, zdaje się wynikać z badań dotychczasowych, że przeciwdetonatory nie są niczem innym, jak opóźniaczami zapłonu. Do sprawy tej powrócimy zresztą później.

Doświadczenia praktyczne, wykonane przez p. Dumanois, dały wyniki nast.: samochód o ciężarze w stanie roboczym 1600 kg, wyposażony w silnik 4-cylindrowy o średnicy cyl. 75 mm i suwie 130 mm, o 2000 obr./min i zapalaniu z boku, zużywał przy  $\epsilon = 4,6$  minimum 13,5 l benzyny na 100 km i nie mógł rozwijać (na drodze poziomej) szybkości ponad 80 km/h. Po podwyższeniu stopnia sprężenia do 6, przez proste przydłużenie cylindra, przy użyciu tegoż paliwa z dodatkiem 25% nafty i  $\frac{2}{1000}$  czteroetylu ołowiu, otrzymano: szybkość max. na drodze poziomej 95 km/h, a rozchód paliwa 11,9 l/100 km. Podczas przejazdów na odległość 4000 km, wykonanych na tym samochodzie, nigdy nie zauważono fali wybuchowej, wówczas gdy przy  $\epsilon = 4,6$  zachodziły detonacje już przy wolnym biegu silnika i całkowitem napełnieniu. Pomimo stosowania paliwa znacznie cięższego niż benzyna, osłony porcelanowe świec pozostawały zupełnie białe i nie dostrzegano żadnego tworzenia się osadów w komorze spalinowej.

(d. n.)

<sup>3)</sup> The Aeronautical Journ. marzec 1921.

<sup>4)</sup> The background of detonation. Techn. notes of National Advisory Committee for Aeronautics, kwiecień 1922.

<sup>5)</sup> Nota p. Dumanois do Akademii Nauk w Paryżu, czerwiec 1926.

<sup>6)</sup> Nota p. Pignot'a do Akad. Nauk w Paryżu, luty 1926.

# PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

## BUDOWNICTWO MIEJSKIE.

### Kolej podziemna w Madrycie.

W związku z projektami budowy kolei podziemnej w Warszawie, która — z jednej strony — staje się coraz bardziej niezbędną (zważywszy ilość lat, jaką pochłonie jej budowa), zaś z drugiej zdaje się być dokładaną — mimo to — na dalszą metę, ciekawą może będzie wiadomość o wprowadzeniu tego środka komunikacji w mniejszym od Warszawy mieście, jakim jest Madryt.

Miasto to zdobyło się przed kilku laty na zapoczątkowanie kolei podziemnych, z których do końca r. 1926 wykonano już dwie linje główne: jedną w kierunku N-S, drugą W-E, z odgałęzieniami do dworca północnego; pierwsza linja ma 7,7 km długości, druga — 7,1 km. Prześwit torów wynosi 1428 mm, czyli jest normalny europejski, a zatem różni się od prześwitu kolei żel. hiszpańskich. Na linji zachodnio-wschodniej są wzniesienia do 5%. Otwór tunelu ma 3,55 m szerokości i 4 m wysokości. Perony wykonano długości 60 m i 3—4 m szerokości. Odległość pomiędzy stacjami stanowi ok. 500 m (jak w Paryżu).

Wagony wprowadzono o nadwoziu żelaznym, 12,5 m długości i 2,4 m szerokości; drzwi wejściowe mają 2,4 m szer. i są (również jak w Paryżu) zamykane samoczynnie. Również łączenie wagonów odbywa się automatycznie. Prąd zasilający pobierany jest zapomocą paląku i przewodnika górniego. Do napędu elektrowozu służą 4 silniki prądu stałego 600 V po 110 KM.

Liczba pasażerów wzrasta z ogromną szybkością; w r. 1920 wynosiła 14,6 miljonów, a w r. 1926—67,6 milj. Praca taboru wynosi 6,8 milj. wozo-km; dochody — ok. 980 tys. zł./km. (w Paryżu 910 tys. zł./km), spółcz. ekspl.—0,456. [Le Génie Civil, 26 marca, str. 311—313].

## METALIZNAWSTWO.

### Zmiany w mikrobudowie stali konstrukcyjnej pod wpływem obciążeń zmiennych.

Dr. W. Herold (Wiedeń) badał próbki stali niklowej i chromoniklowej w stanie termicznie ulepszonym i znalazł, że po pewnym czasie działania obciążeń zmiennych zachodzi w mikrobudowie badanego materiału zgrubienie (rozrastanie) ziarn, co udowodnił autor licznymi mikrografiami.

Po 20-godzinnem odpuszczaniu tych próbek w wodzie wrzącej, mikrobudowa powraca do wyglądu pierwotnego.

Jednak nie mógł autor ustalić, czy przy takim zgrubieniu zachodzi czysto mechaniczne rozdzielanie, czy pewnego rodzaju przesuwanie jednej fazy w drugiej pod wpływem dążenia do osiągnięcia równowagi (VDI, Nr. 29, 1927).

### Sprężyny zegarowe. I. F.-Cz.

Do wyrobu sprężyn zegarowych używano dotychczas stali czysto węglowych o zawartości węgla około 1,2%. Materiał ten mógł być obrobiony bądź drogą obróbki termicznej (hartowania w oleju od t-ry 750°), bądź też drogą zgniotu. W obu wypadkach sprężyna musi być odpuszczona w temperaturach około 300—350°, co daje twardość od 520 do 400 jednostek Brinell'a, przy wytrzymałości około 140 kg/mm<sup>2</sup>. Jednak ten ostatni materiał, wypróbowany w ciągu tylu lat, rdzewieje, a z tego powodu H. Moore i S. Beckinsale z Woolwich'u zaproponowali wyrób sprężyn zegarowych ze stopu Elinvar, znanego zresztą od paru lat, o składzie 12% chromu i 36% niklu, reszta żelazo. Stop ten należy do typów „inwarów”, posiada znaczny współczynnik rozszerzalności i jest wysoce trwały na działanie temperatury i czynników atmosferycznych.

W pewnych wypadkach polecają autorzy używanie na sprężyny zegarowe bronzów fosforowych z domieszką do 1—2% Cd, co ulepsza przewodnictwo elektryczne. I. F.-C.

## O alotropowej przemianie glinu.

Wobec podobieństwa przebiegu obróbki termicznej w stalach i kowalnych stopach glinowych typu duraluminu, niektórzy badacze przypuszczają istnienie przemiany alotropowej glinu.

Zwolennicy istnienia przemiany alotropowej, między którymi znajduje się i Cohen, wykryli pewne nieregularności w cieple właściwym. To samo potwierdzają Lastchenko i Le Verrier. Również i Guertler, Friedemann i Meissner przypuszczają istnienie tej przemiany w okolicy 560 — 580°.

Honda i Igarasi nie znaleźli żadnych nieregularności na krzywych dylatometrycznych przy temperaturach niższych niż 550°, zaś Haas nawet do 610°.

Haas tłumaczy powyższe nieregularności, wykryte przez innych, tem, że materiał próbek nie był dostatecznie czysty, jak to wykazały próby Bureau of Standards (rozpuszczanie się, względnie wydzielanie eutektyki Al—Si i Al—Fe).

Haas przeprowadził swe badania dylatometryczne z glinem, który zawierał tylko 0,044% Si, 0,04% Fe i 0,07% Cu (amerykański glin rafinowany Hoop'e'a). Uzyskane przez niego krzywe nie wykazują śladów przemiany.

Do analogicznych wyników doszedł też Müller.

Ten ostatni, przypuszczając, że efekty termiczne na krzywych stygnięcia w okolicy 513 — 584°, znalezione przez Gwyer'a oraz Vogel'a, są spowodowane spontanicznym przejściem nietrwałej odmiany glinu, w którym jest rozpuszczony kobalt lub mikiel oraz miedź lub magnez, w trwałą odmianę, przeprowadził porównawcze badania twardości, które wykazały, że twardość tych odmian jest jednakowa.

Również krzywe różnicowe stygnięcia (aparatem Sa-ladim'a) nie wykazywały żadnej anomalji.

Wobec tego Müller uważa, że przypuszczenie o istnieniu przemiany alotropowej glinu nie jest uzasadnione, a tembardziej nie można uważać istnienia takiej przemiany za pewne. (Haas, Z. f. M k u n d e, 1927, Nr. 10, str. 404—406. Müller, Z. f. M k u n d e, 1927, Nr. 10, str. 414 — 415).

## PALIWO.

### Nowe badania torfu w Szwecji.

Czasop. „Arch. f. Wärmerwirtschaft (1927 str. 96) podaje streszczenie prac wykonanych w Szwecji w dziedzinie badań odwadniania torfu, na podstawie czasopisma szwedzkiego. Autor p. S. Oden rozróżnia w torfie (za Wo. Ostwaldem) nast. postacie wody:

1. woda okludowana (zapełniająca większe pory w masie torfowej),
2. woda kapilarna,
3. woda związana koloidalnie,
4. woda związana chemicznie (hydracyjna),
5. grupy wodorowe i wodorotlenowe, znajdujące się w torfie a reagujące między sobą, pochłaniając ciepło i tworząc wodę.

Drogą prasowania można usunąć tylko wodę okludowaną, innych rodzajów — nie. Przy suszeniu powietrznym (17,5° C) spadek zawartości wody następuje szybko, dopóki jej zawartość nie osiągnie 50%, dalej zaś odwadnianie idzie coraz wolniej, aż w końcu — przy stosunku wody do suchej masy torfowej 0,13:1 — ustaje zupełnie. Autor obrazuje to stosownym wykresem.

Jeżeli odwadnianie przeprowadza się w wyższych temperaturach, to proces ten następuje cokolwiek szybciej. Przy przekroczeniu zaś temperatury 90°, oddziaływa na suszenie korzystnie nie tylko samo ogrzewanie, lecz i następujące wówczas przemiany koloidalnego humusu torfowego. Różne rodzaje torfu (stary i młody) wykazują przytem różnice nieznaczne. Zwęglanie torfu wilgotnego przy-

śpiesza odwadnianie, wskutek tego, że torf traci swe własności koloidalne. Dodatek związków alkalicznych nie wywiera wpływu, częściowo nawet przedłuża suszenie.

Gdy się usuwa wodę przez ciśnienie, to na wynik oddziałują przede wszystkim: zawartość wody, ciśnienie prasy i czas prasowania. Im dłużej poddawany jest torf ciśnieniu, tem staje się suchszy, tem jednak droższe staje się odwadnianie. Granicą praktyczną prasowania jest 50—70% wilgotności. Tłumaczy się to tem, że wówczas największe pory zostają odwodnione, natomiast wydalanie wody z przestrzeni włoskowatych staje się nawet trudniejszym.

Prócz odwodnienia, podnosi autor sprawę składu chemicznego torfu, jako zagadnienie ważne, i stwierdza, iż torf zawiera nast. związki organiczne:

1. Hexosany (łatwo hydrolizujące się, fermentujące),
2. Pentosany (hydrolizujące się pod dział. kwasów, nie ulegające działaniu zasad),
3. Ligniny (rozpuszczalne w kwasie siarkowym, nie poddające się działaniu innych kwasów i zasad),
4. Białka (rozm. grup),
5. Humusy (rozpuszczalne w alkaliach, dające przytem zabarwienie brunatne, nie ulegające działaniom kwasów, z wyjątkiem kw. azotowego, z którym tworzą nitraty).

Zawartość poszczególnych grup zmienia się, w zależności od wieku torfu i stopnia storfienia. Stopień storfienia może być określony dwojako:

1. Przez wyznaczenie zaw. humusów, zapomocą ekstrakcji ługiem sodowym (NaOH) i próby kalorymetrycznej (metoda Oden'a—Melin'a),
2. Wyznacz. niezmięnionej substancji roślinnej — hydrolizy hexosanów i pentosanów zapomocą  $H_2SO_4$  i redukcji (metoda Keppeler'a),
3. Wyznacz. niezmięzionych grup wodorowych i tlenowodorowych, mogących przy reakcjach wytwarzać wodę.

Zmiany poszczególnych składników torfu obserwowano podczas węglenia torfu wilgotnego. Wyjaśniło się przytem, że węglenie wilgotne daje lepszy koks, niż koksowanie bez wstępnego węglenia paliwa wilgotnego. Dla osiągnięcia zupełnego skroplenia par przy koksowaniu, odprowadzał Oden gazy przez rurę miedzianą, do której była wsunięta płyta miedziana. Na płycie tej zbierają się kropelki olejów i spływają na dół, do zbiornika. Romiędzy rurą a płytą utrzymywano różnicę potencjałów 10 do 50 kV.

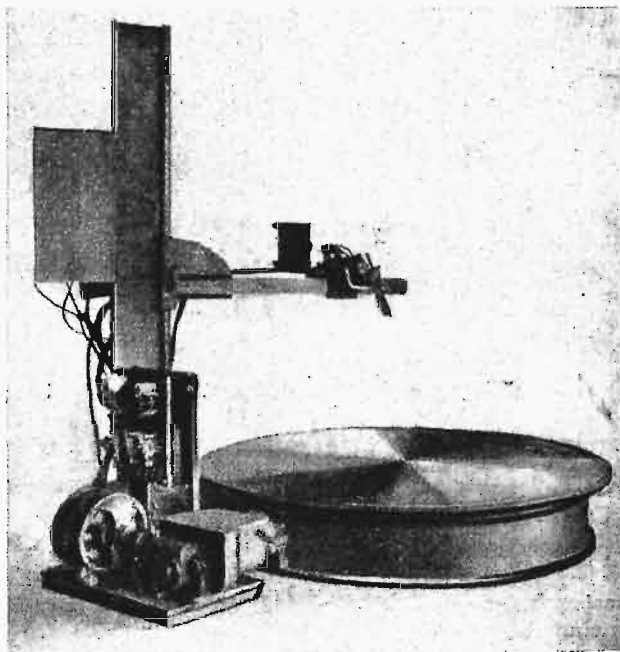
Zużytkowanie związków azotowych odgrywa bardzo ważną rolę przy koksowaniu torfu. Rzy koksowaniu bez domieszki pary wodnej udaje się w temperaturze 600° uzyskać najwyżej 30% zawartości azotu, w postaci amoniaku; 20% jej traci się, reszta pozostaje w koksie. Jeżeli zaś dodaje się parę wodną, to można uzyskać — przy 700 — 800° od 50 do 60%; przytem znów ok. 20% azotu pochłaniają straty, resztę zaś zawiera koks.

Nagrzewanie pod wysokim ciśnieniem dało nast. wyniki przy próbach: przy 365° i 225 ata, przy dodaniu alkaliów otrzymano: alkohol metylowy, aceton, olej, gaz, eter, smołę, wodę i węglan sodu. Próbkę torfu młodszego dały więcej gazów i węglanu sodu, natomiast mniej oleju.

## SPAWANIE.

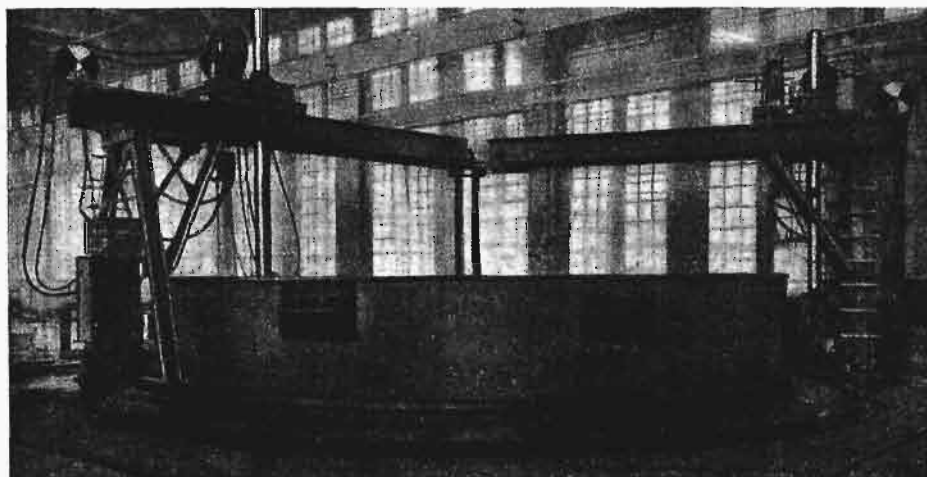
### Części spawane zamiast odlewów.

Coraz częściej się zdarza w budowie maszyn, że przedmioty dawniej robione z żeliwa obecnie są wykonywane z normalnego żelaza walcowanego przy pomocy spawania łukowego. General Electric Co, które w rozwoju spawania elektrycznego odegrało w Ameryce ogromną rolę, buduje dziś prądnice na 50 000 kW, nie zawierające niemal wcale części lanych.



Rys. 1. Automatyczna maszyna do spawania ze stołem obrotowym. Części maszyny i stołu wykonano z żelaza handlowego zapomocą spawania.

Zastępowanie odlewów częściami spawanymi daje liczne korzyści. Najważniejszą zaletą tego sposobu fabrykacji jest



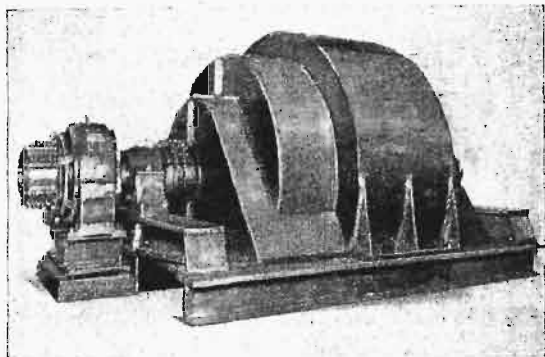
Rys. 2.

Automatyczna maszyna do spawania f-my General Electric Co. do wielkich przedmiotów.

oszczędność czasu. Stają się zbyt kosztownymi specjalne rysunki dla modelarni, wykonanie modelu, transport modelu do odlewni, przygotowanie i suszenie rdzeni i form, wyżarzanie odlewów, transport z odlewni do fabryki. W dodatku zawsze jest pewne ryzyko, że w odlewie okaże się przy obróbce dziura i trzeba będzie zamówić odlew po raz drugi. A nawet w najlepszych warunkach, liczne czynności związane z otrzy-

maniem odlewu są długotrwałe i nie dają się skrócić. W budowie maszyn, czynnikiem decydującym przy ustalaniu terminu wykonania zamówienia jest data otrzymania odlewów. Nic więc dziwnego, że możliwość wykonania zamówienia w krótszym czasie, niż dawniej robiono sam model, jest dla wytwórni bardzo cenna.

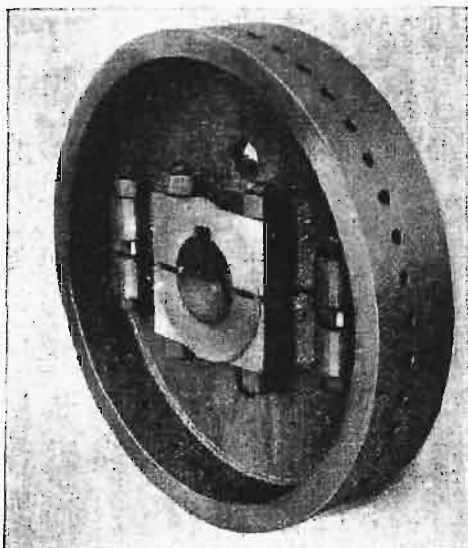
Z powodu większej wytrzymałości materiałów walcowanych, przedmiot spawany może mieć cieńsze ścianki, prócz tego współczynnik pewności może być tu przyjęty mniejszy, z powodu większej jednolitości materiału, co daje dalszą redukcję grubości. Z powodu niemożności odlewania długich, cienkich ścianek, używa się często zbyt ciężkich odlewów, znacznie mocniejszych niż wymaga potrzeba. Stąd straty na materiale oraz na transporcie, tak w czasie fabrykacji, jak



Rys. 3. Wielki alternator całkowicie spawany, wyrobu General Electric Co.

i następnie przy dostawie. Osłona o średnicy np. 9 m, żeliwna, musi mieć ścianki o grubości 20—30 mm, podczas gdy spawana z blachy żel. może posiadać grubość 3—6 mm.

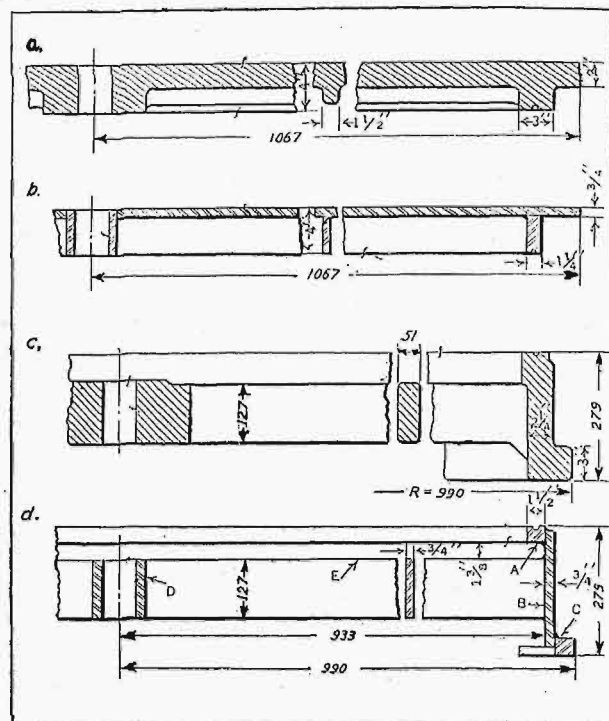
Koszty części spawanych są jeszcze dlatego mniejsze, że odpada modelarnia i odlewnia, z jej licznymi urządzeniami, a oddziały te zajmują bardzo dużo powierzchni fabrycznej, której zużytkowanie może mieć wielkie znaczenie dla wytwórni i przynieść dobry dochód.



Rys. 4. Koło zamachowe z żelaza walcowanego, spawane elektrycznie.

Dla konstruktora przyjemniej jest mieć do czynienia z częściami spawanymi, niż z odlewami. Wszelkie zmiany lub omyłki w konstrukcji nie dają pola do wielkich strat i trudności, jak to się dzieje obecnie. Przez przecinanie palnikiem acetylenowym i spawanie nowych kawałków, można tanio i szybko zmienić kształt części nawet podczas montażu.

Do wykonania łukiem szwów długich prostoliniowych lub kołowych służą automatyczne maszyny do spawania (rys. 1 i 2). Przy spawaniu bardzo wielkich i ciężkich przed-



Rys. 5.

a — stół obrotowy żeliwny maszyny z rys. 1, ciężar 1900 kg,  
b — taki sam stół z żelaza walcowanego, ciężar 800 kg,  
c — podstawa stołu żeliwna; ciężar 1400 kg,  
d — taka sama podstawa żelazna; ciężar 500 kg.

miotów, urządzenie do spawania jest zawieszane na konstrukcjach, przypominających swym kształtem żoraw, obracający się dokoła przedmiotu (rys. 2). Spawanie odbywa się łukiem elektrycznym w strumieniu wodoru (patrz P. T. 1926, str. 359). Na rys. 3 widzimy wielki alternator na 10 000 kVA o osłonie spawanej elektrycznie. Dalszy przykład wykonania takich części, jak tarcze, koła zamachowe i t. p., obrazuje rys. 4.

Ciekawe są wytyczne, stosowane przez wytwórnię amerykańską Lincoln Electric Co, przy zmianie części żeliwnych na spawane:

I. Gdy sztywność konstrukcji jest czynnikiem decydującym, część spawana powinna mieć ścianki o grubości 2 razy mniejszej, niż identyczna część żeliwna.

II. Gdy sama wytrzymałość decyduje — wtedy wystarczy  $\frac{1}{4}$  grubości.

III. Gdy wytrzymałość jest decydującym czynnikiem przy wyznaczaniu przekroju, a sztywność ma znaczenie drugorzędne, należy przyjąć grubość ścianek żelaznych równą  $\frac{1}{3}$  grubości ścianek żeliwnych.

Na rys. 1 widzimy automatyczną maszynę do spawania zbiorników, wykonaną też całkowicie zapomocą spawania. Stół obrotowy, wraz z podstawą, na której się obraca, jest również wykonany z blachy. Na rys. 5 pokazano wymiary tego stołu, jak również i jego podstawy; na stół można stawiać przedmioty o ciężarze do 3 t. Łączny ciężar żeliwnego stołu i podstawy wynosi wówczas 3300 kg, koszt — 5500 zł., zaś spawanych, wykonanych ze zwykłego żelaza handlowego; ciężar 1300 kg, a koszt — 1630 zł. Przy konstruowaniu tych części, zastosowano przepis I, ze względu na niezbędną sztywność stołu, jednak z uwagi na to, że w razie wypadkowego uderzenia cięższego obiektu o stół, konstrukcja żeliwna uległaby pęknięciu, a żelazna tylko odkształceniu, co można łatwo naprawić — przyjęto niższy współczynnik bezpieczeństwa i zmniejszono grubość ścianek więcej niż o połowę. (Machinery, 8 września r. b.).