

## FILTRY BIOLOGICZNE.

Podał Emil Sokal, inżynier.

(Odczyt wygłoszony w Stowarzyszeniu Techników w d. 2 czerwca r. b. <sup>1)</sup>).

Uzdrowotnienie miast rozpoczyna się od dostarczenia ludności skupionej na względnie nieznacznej powierzchni *dobrej wody do picia*. Jest to krok pierwszy i najważniejszy, gdyż trudno sobie wyobrazić, ażeby w czasach dzisiejszych bez wody zdrowej i czystej można było myśleć o prawidłowym rozwoju ludności, o zabezpieczeniu jej od chorób zakaźnych i o komforcie, nie mówiąc już o bezpieczeństwie od ognia.

Drugi krok stanowi odprowadzenie racjonalne wód brudnych, łącznie z korzystaniem z klozetów wodnych. Zadanie to dzieli się na dwie części, pod względem technicznym bardzo doniosłe. Pierwsza część — to usuwanie ścieków w sieci rur i kanałów podziemnych, prawidłowo z sobą pokombinowanych, *o spadku właściwym i należyte przewietrzanych*. Tylko w tych warunkach zabezpieczony jest odpływ ekskrementów w stanie świeżym, zanim rozpocznie się okres gnicia i powstawanie obfitych ilości siarkowodoru. Druga część zadania, niezwykle skomplikowana i trudna, wyraża się pytaniem: co począć ze ściekami? Od trudności tej drugiej części zależy w bardzo wielu okolicznościach zaniechanie wogóle pierwszej: jako przykład konkretny przytoczyć można Petersburg (jest to co prawda jedyna stolica wielkiego państwa, która dotąd przynajmniej nie posiada prawidłowej i na wielką skalę zakreślonej kanalizacji) <sup>2)</sup>.

Ścieki miejskie, zebrane w jednym, jak w Warszawie, lub w kilku punktach obwodu miejskiego, jak np. w Berlinie, ilościowo przedstawiają olbrzymie cyfry. Warszawa wyrzuca w gorący dzień lipcowy przeszło 80 000 m<sup>3</sup> wody brudnej; już ta sama znaczna ilość wody, zebrana w zbiorniku o głębokości 1,40 m, zajęłaby przestrzeń czworoboku, jaki obejmują ulice Jerozolimską, Marszałkowską, Żórawia i Kruczą, t. j. przestrzeń o 300 m długości i 200 m szerokości. Pozbycie się ścieków przez wpuszczenie ich bezpośrednio do rzek, nie jest w zgodzie z nowszymi prądami nauk technicznych, jakkolwiek tu i owdzie, gdzie jest pod bokiem duża rzeka, bywa stosowaniem. Niektóre miasta niemieckie, jak Drezno i Kolonia, stwierdzają to, co przed chwilą powiedziałem <sup>3)</sup>. Warszawa dotąd czyni to samo, a z miast rosyjskich przytoczyć można cały szereg położonych nad Wołgą, gdzie nie tylko dawniej, lecz i w ostatnich czasach dozwolono, ażeby woda ściekowa odpływała wprost do rzeki, jak np. w Samarze i Saratowie. Historycznie biorąc, wskazówką miarodajną były poglądy i prace PETTENHOFER'A, który dla swojego miasta Monachium przeforsował wpuszczenie wód kanałowych do Izary, a szeregiem prac i doświadczeń na temat samooczyszczenia rzek, starał się udowodnić i przekonać świat uczony oraz sfery decydujące, że w pewnych warunkach i okolicznościach niema obawy usuwania nieczystości miejskich w taki sposób, jak to istotnie uczyniono w Monachium.

Opozycję główną przeciw takiemu usuwaniu ścieków podnieśli przedstawiciele rolnictwa a szczególnie ogrodnicy w pobliżu wielkich miast, gdyż dla nich splawianie wód ściekowych do rzeki stanowiło istotnie poważną stratę.

Łącznie z tem wysunięto na pierwsze miejsce korzystanie z wód ściekowych drogą naturalną: *za pomocą systemu irygacji pól*.

### I. Nawadnianie, czyli irygacja pól.

System ten jest dobrze znany w historii starożytnej, gdyż Egipt, Indye i Chiny wyzyskiwały zalewy rzeczne do podniesienia rolnictwa.

<sup>1)</sup> Por. Przgl. Techn. № 23 z r. b., str. 292.

<sup>2)</sup> Por. Przgl. Techn. № 52 r. z., str. 711.

<sup>3)</sup> Posiadam list naczelnego inżyniera p. Metzger'a z Bydgoszczy, który mnie zawiadamia, że projektowana przez niego instalacja klarowania ścieków nie została wykonana, albowiem miasto otrzymało pozwolenie na wpuszczanie ścieków wprost do Wisły.

(Przyp. aut.).

Z miast europejskich, Bunzlau na Śląsku posiada irygację pól od 1531 r. Przedsiębiorstwo to musiało świetnie prosperować, skoro powstawały spory pomiędzy odbiorcami i każdy starał się o możliwie największą ilość ścieków do zalawu swoich gruntów. Spory te zostały drogą ustawodawczą zażegnane i w r. 1748 wydano odnośny edykt, regulujący wszelkie nieporozumienia.

Anglia szczególnie na tem polu, jak i wogóle przodująca w kwestyach uzdrowotnienia miast, uczyniła bardzo wiele, gdyż do r. 1878 posiadała 64 miasta, które za pomocą irygacji pól starannie i celowo oczyszczały swoje ścieki. Francja, oprócz Paryża i Reims, do r. 1900 posiadała 27 urzędów irygacyjnych. Niemcy, oprócz Gdańska, Berlina, Wrocławia i Freiburga w Badeńskim, względnie najmniej rozwinęły u siebie tę metodę, o której kilka słów ogólnego znaczenia powiedzieć wypadnie.

Irygację pól uważano przed 20 laty za jedyny i doskonały sposób skutecznego i pożytecznego usuwania wód ściekowych. Rolnicy akceptowali tę metodę, gdyż sprawa marnowania nawozów, przeciwko której tak energicznie występowali, znalazła w systemie irygacji pól pomyslnie rozwiązanie. Hygieniści oczekiwali nie bez pewnej słuszności uzdrowotnienia rzek, ekonomiści spodziewali się oprocentowania włożonych kapitałów, a technicy upatrywali pomyslnie rozwiązanie tej drugiej części trudnego bardzo zadania usuwania ścieków.

Zbyt wielkie oczekiwania zawiodły niemal na wszystkich punktach, pomimo, że teoretycznie biorąc, system ten w *pewnych* warunkach i dziś jeszcze należy do najlepszych. Gdańsk np. posiada w Heubude ogromne obszary piasków, doskonale nadających się do irygacji pól, z których magistrat korzysta *bezpłatnie*. Inaczej zupełnie rzecz się ma wokoło Berlina, gdzie grunta, skupywane na wagę złota, spowodowały wydatek 43 milionów marek, nie licząc wcale kosztu rur tłoczających, zagospodarowania się na polach irygacyjnych, pobudowania budynków gospodarskich i t. p. Posiada również pola irygacyjne Wrocław, które w końcu 1904 r. zwiedziłem <sup>4)</sup>; otóż przekonałem się tam, że pomimo wyjątkowo blizkiego położenia i krótkości rury tłoczącej, sfery miarodajne bynajmniej tym systemem nie są zachwycone; obecnie właśnie w nowych robotach kanalizacyjnych, projektowanych w niedalekiej przyszłości, ścieki mają być poddane innej metodzie klarowania, ewentualnie nowej kombinacji irygacyjnej, o której pomówimy.

W naszych warunkach klimatycznych, zupełnie odmiennych od angielskich lub francuskich, irygacja pól w okresie 3—4 miesięcy trwającej zimy, miałaby działanie ograniczone czasem, a jak dla Warszawy pochłonęłaby olbrzymie sumy, gdyż trzeba pamiętać o tem, że dopiero w okolicach Jabłonny znajdują się tereny odpowiednie tak co do jakości gruntu, jak ukształtowania terenu i nachylenia płaszczyzn. Grunta bliżej Warszawy położone, jako mocno gliniaste i ciężkie, nie bardzo nadają się do irygacji (do irygacji najlepsze są grunta piaszczyste). Przytem obszar niezbędny do irygacji dla Warszawy z ludnością szybko zbliżającą się do miliona mieszkańców, licząc 250 mieszkańców na hektar, dosięga 4000 ha <sup>5)</sup>.

Skoro mowa o stosowaniu pól irygacyjnych, zwrócićby w tem miejscu należało uwagę na to, że w niektórych miastach wybór terenu bywa bardzo niefortunny.

Tak np. w Kijowie na przedmieściu „Lipki“, zabudowaniem przez wille najzamożniejszych mieszkańców, z powodu bliskości pól irygacyjnych, wille opustoszały w znacznej

<sup>4)</sup> Por. Przgl. Techn. № 10 r. b., str. 119.

<sup>5)</sup> Przypominam dla poglądowego zestawienia, że obszar Warszawy łącznie z Pragą wynosi obecnie 3800 ha, czyli taka sama prawie powierzchnia, jaką zajmuje miasto, potrzebna byłaby dla irygacji.

(Przyp. aut.).



części, a właściciele wystąpili z pretensjami do zarządu miejskiego o wynagrodzenie szkód i strat poniesionych. Lecz nie koniec na tem. Wyloty rur drenowych z pól, a w porze zimowej odpływ ścieków bezpośrednio powierzchniowy, odbywa się mniej więcej w pobliżu tego punktu, z którego czerpią wodę z Dniepru do wodociągu miejskiego. Jakkolwiek w znakomicie prowadzonych gospodarstwach czystość wody z drenażu nie pozostawia nic zgoła do życzenia, to jednak w tym przykładzie, dzięki wadliwemu zaprojektowaniu lub niefortunniemu wyborowi miejsca dla irygacyi, wyniki mogą być bardzo niepomysłne.

Również odwiedzając kilkakrotnie pola irygacyjne w Berlinie, nieprzyjemnie odczuwałem przykry, zgniły odór widocznie przesyconych przestrzeni i dziwiłem się, że pomimo to na tychże polach znajdują się sanatoria dla rekonwalescentów, potrzebujących przede wszystkim jaknajlepszego powietrza dla swoich płuc.

Po tych nawiasowych uwagach, wracając do głównego tematu, pozwolę tu sobie przytoczyć, jako dosyć dobrze charakteryzujące system irygacyi, zdanie głównego inżyniera kanalizacji berlińskiej, HOBRECHT'A:

„Obraz, który wytwarza sobie szeroka publiczność o irygacyi pól, jak to doświadczenie stwierdziło, jest zupełnie nietrafny. Sposobność skorzystania z gościnności Zarządu kanalizacji (berlińskiej) miało tysiące gości, zwiedzając nasze pola; w liczbie ich są rolnicy, inżynierowie, chemicy, lekarze, zarówno z kraju jak z zagranicy. Wszystkim udzielano pozwolenia na zwiedzanie, dawano przewodników, konie, plany i opisy. Podczas wizytacyi lub po skończonym przeglądzie usłyszano często uwagę: przyznać muszę, że całkiem inaczej rzecz tę sobie przedstawiałem. Otwarte przyznanie się nie ma nic w sobie nadzwyczajnego. Przeciwnie, nosi cechy prawdy,—natomiast dziwnem wydaje mi się to, że byli to nieraz ludzie, którzy pisali o irygacyi pól, lub też zajmując katedrę higieny, wykładają o tym przedmiocie,—mając bowiem mylnie o rzeczy wyobrażenie, muszą głosić poglądy niezgodne z nauką i doświadczeniem. Zdaje im się, że dostaje się na pola nie mętna woda, lecz ciało ciastowate, takie mniej więcej, jak nawóz gromadzony w dołach kloacznych w miastach nieskanalizowanych. Dalej ogół mylnie ma wyobrażenie o rozprawianiu ścieków dzięki spadkom i sile ciężenia,—pracę ręczną, łopata lub grabiami, uważa się za niezbędną; tym zaś, którzy uważnie przyglądali się gospodarce na polach irygacyjnych wiadomo, że odchodów nie znać, lecz jest tylko woda mętna, ciecz brudnawa, w której części stałe rozdrobnione są nie do poznania.

Podnoszą jako zarzut przeciwko polom irygacyjnym: niekorzystny klimat, wpływ mrozu i zamarzanie wylewającej się cieczy. Na to odpowiedzieć należy, że ilość cieczy zimową porą jest, jak wiadomo, minimalna; deszcz jest rzadkością o tej porze, a co za tem idzie, niema do przepompowywania na pola irygacyjne tej znacznej ilości ścieków, którą stanowi woda deszczowa w mieście. Dla okresu silnych i długotrwałych mrozów polecam urządzenie zbiorników od 2 do 9 ha powierzchni. Tam gromadzi się woda ściekowa na wysokość do 50 cm, a tworząca się powłoka lodu pływa, podnosząc się lub opadając, w miarę przypływu lub odpływu wody ściekowej. Osadniki te powstały jednak nie z obawy mrozu, lecz z przyczyn całkiem odmiennych. Mianowicie w późnej jesieni, w okresie długotrwałych deszczów, woda atmosferyczna spada na pola irygacyjne w ilościach aż nazbyt dostatecznych. Niepodobna więc dodatkowo wylewać na pola tej masy wody deszczowej, której dostarcza miasto w ciągu długich nocy zimnych i dżdżystych w listopadzie, a natomiast gromadzić ją trzeba z konieczności w osadnikach, unikając uszkodzeń i zatapiania pól“.

Irygacya pól, zdaniem HOBRECHT'A, jest metodą coraz bardziej uznawaną; jeden zarzut po drugim znikają. Zapowiedziano, że irygacya jest ograniczona czasem—pola zabagnieją po kilku latach i przestaną przyjmować ścieki kanałowe. Jaka to niedorzeczność! nie jestże właśnie zadaniem rolnictwa dawać roli tyle nawozu, ile go grunt może przetrwać? wszak od setek i tysięcy lat nawóz rozrzucają na roli dlatego właśnie, ażeby otrzymywać nowe zbiory i większej ilości nawozu zawartego w ściekach odpowiadać będzie roślinność bujniejsza, wchłaniająca właśnie ów nadmiar nawozu,—słuszne jedynie będzie tylko żądanie, ażeby nie do-

prowadzano więcej nawozu, niż roślinność wchłonać w siebie może. Ten punkt wymaga studyów poważnych, gdyż stosunek nawozu do roli przy rozmaitych rodzajach gruntu, wysokości stanu wody gruntowej i t. d. musi być zmienny.

Oto jest pogląd znanego bardzo twórcy kanalizacji berlińskiej, wypowiedziany co prawda w r. 1884; scharakteryzowawszy jego pochwałę dla systemu, który w formie pierwotnej zanika, przejdę do strony finansowej tego rodzaju urządzeń.

Oprócz kosztów samych pól i oprocentowania wydatków na ten cel, przy systemie irygacyi nie małą rolę odgrywa koszt oczyszczania 1 m<sup>3</sup> wody ściekowej.

W Berlinie koszt ten wynosi 9,8 fen. czyli 4½ kop., co na mieszkańca w ciągu roku stanowi wydatek 1,80 mar., czyli 73 kop.

W Wrocławiu (za okres czasu od 1 kwietnia 1899 r. do 31 marca 1900 r.) wydatki na oczyszczenie ścieków drogą irygacyi pól przedstawiają się jak następuje:

a) wyzyskiwanie stacyi Zendelberg . . .	39 829,32 mar.
b) „ „ pól irygacyjnych . . .	10 864,99 „
c) „ „ stacyi Ransern . . .	3 257,77 „
	<hr/>
	53 952,08 mar.

Ponieważ koszt instalacyi wyniósł:

kupno terenów pod pola irygacyjne . . .	3 010 115,00 „
budowa 2-ch stacyi i rur tłoczących . . .	3 145 513,91 „
	<hr/>
czyli razem . . .	6 155 628,91 mar.

to, dodając 4% od tej sumy zamiast amortyzacyi i t. p. . . . .	246 225,15 „
do wyżej podanych kosztów wyzyskiwania	53 952,08 „
otrzymujemy wydatków . . . . .	300 177,23 mar.
a po potrąceniu dochodu z dzierżawy . . .	39 278,00 „
pozostaje rozechód roczny . . . . .	260 899,23 mar.

na 420 000 mieszkańców, co wyniesie na każdego mieszkańca w ciągu roku 0,62 mar., czyli 27 kop; licząc zaś 100 l wody brudnej na mieszkańca, czyli 42 000 m<sup>3</sup> podanych na pola irygacyjne, których koszt oczyszczenia wynosi 260 899 mar., otrzymamy dziennie na 1 m<sup>3</sup>

$$\frac{260\ 899}{42\ 000 \cdot 365} = \frac{260\ 899}{15\ 330\ 000} = 0,017 \text{ mar.},$$

czyli około  $\frac{1}{5}$  kopiejki.

Tak więc koszt oczyszczania ścieków, sięgający w Berlinie cyfry 4½ kop. za m<sup>3</sup>, obniża się dla Wrocławia do  $\frac{1}{5}$  kop. Tu i tam są jednak milionowe wydatki na zakup gruntów,—na budowę stacyi pomp, na układanie rur tłoczących, na należyte przygotowanie terenów i odpowiednie zdrenowanie,—na co miasta mniej zamożne zgodzić się absolutnie nie mogą, gdyż koszt projektowanych urządzeń najczęściej przekracza wszelką możliwość i sprawność finansową, z którą bądź co bądź liczyć się zawsze trzeba.

W najnowszych czasach w Poznaniu, administrator dóbr rządowych Edwardowo, położonych niedaleko granic miejskich, zaproponował kombinację, która sprawę irygacyi pól w pewnych warunkach znakomicie ułatwić może, mianowicie zaproponował, ażeby Zarząd miasta dostarczył mu bezpłatnie ścieków, jakimi rozporządza, a on obowiązuje się przygotować swoim kosztem teren niezbędny do irygacyi i stale ze ścieków korzystać. O ile kombinacja ta po dojściu do skutku w praktyce okaże się dogodną, zarówno dla jednej jak też dla drugiej strony, rozwiązanie trudnego zadania z punktu finansowego byłoby znacznie uproszczone.

Do chwili obecnej jednak stwierdzić należy, że irygacya we własnym zarządzie miast jest bardzo skomplikowana, szczególnie gdy ścieki u wylotu muszą być wysoko podnieszone, dalej, gdy teren jest mocno zfalowany i oddalony od miasta. Jeżeli zważymy, że klimat nasz północny, a szczególnie okres zimowy, lub obfitość opadów w porze letniej nie sprzyjają irygacyi pól,—tak jak up. sprzyja jej pod Paryżem klimat znacznie łagodniejszy i bardziej umiarkowany,—że w czasie dojrzewania roślin irygacya musi ustać,—łatwo sobie wyobrazimy, jak skomplikowane jest gospodarstwo i jakiego sprężystego i umiejętnego kierownictwa wymaga, ażeby w warunkach tak złożonych ład, porządek i wyniki pomysłne mogły być osiągnięte.

Na zakończenie rozdziału tego wspomnieć jeszcze wypada, że w ostatnich czasach na polach irygacyjnych w Ber-



linie, a mianowicie w okolicach Sputendorf oraz w okręgu Lindendorf prowadzone są niezmiernie ważne i ciekawe doświadczenia nad irygacją wtórną (n. Doppelrieselung), — z cze-

go wynika, że irygacja pojedyncza w pewnych warunkach i okolicznościach nie czyni zadość wymaganiom zasadniczym.

(C. d. n.).

## TELEGRAF BEZ DRUTU.

Napisał Stanisław Bouffał.

(Ciąg dalszy do str. 436 w № 35 r. b.).

Ale HERTZ poszedł dalej. Istnienie fal mieści już w sobie postulat, że zaburzenie elektromagnetyczne, powstałe w pewnym punkcie przestrzeni, rozchodzi się w ośrodku nie momentalnie, nie jednoczłonowo, lecz z pewną prędkością skończoną. Otóż MAXWELL, który nadał ścisłą formę matematyczną twierdzeniu FARADAY'A, że ośrodek odgrywa w tych zjawiskach rolę czynną i ulega obu rodzajom indukcji narówni z przewodnikami, w dalszej konsekwencji tego poglądu doszedł do wniosku, że prędkość, z jaką rozchodzą się zaburzenia elektromagnetyczne, musi być równa prędkości światła. HERTZ postanowił sprawdzić doświadczalnie tę niesłychanie doniosłą konsekwencję i przystąpił do tego w sposób następujący.

Jak wiadomo, dla każdego ruchu falowego, bez względu na jego mechanizm wewnętrzny, iści się wzór zasadniczy  $\lambda = VT$ , gdzie  $\lambda$  jest długością fali,  $T$  — okresem drgań, t. j. czasem, który upływa pomiędzy dwoma sąsiednimi identycznymi stanami źródła zaburzeń, zaś  $V$  — prędkością, z jaką rozchodzą się fale. Mając dwie z tych wielkości, można znaleźć trzecią. Dla fal, które wysyłał ze znanego sobie oscylatora, HERTZ mógł zawsze obliczyć okres  $T$ . Gdyby więc w jakikolwiek sposób powiodło się oznaczyć długość pojedynczej fali, w takim razie wyznaczenie prędkości  $V$  nie przedstawiałoby najmniejszej trudności; w szczególności, możnaby było wówczas przekonać się, czy też istotnie równa się ona prędkości światła, jak tego wymaga teoria MAXWELL'A.

Jakżeż dokonać takiego pomiaru długości fali? Gdyby fale nie znajdowały się w ustawicznym ruchu, gdyby je można było na chwilę zatrzymać, unieruchomić je, zestalić, jeśli się tak wyrazić wolno, to, wobec istnienia kółka HERTZ'A, możnaby bez trudności cel osiągnąć, wyszukawszy, z kółkiem tem w ręku, na osi  $O_x$  dwa najbliższe sobie punkty takie, w których pole elektrostatyczne okazałoby się zerem, lub też dwa punkty takie, w których pole magnetyczne nie ujawniałoby się wcale. Zmierzywszy odległość pomiędzy punktami pierwszej pary, mielibyśmy długość półfali elektrostatycznej; podobnie odległość pomiędzy punktami drugiej pary dałaby nam długość półfali magnetycznej, a ponieważ oba te rodzaje fal mają okres wspólny, przeto można bez różnicy wynik jednego lub drugiego z tych pomiarów obrać za długość półfali elektromagnetycznej. Ale fale elektromagnetyczne nie czekają, aż zdołamy z kółkiem HERTZ'A w ręku wyszukać na osi  $O_x$  takie lub inne punkty, lecz suną naprzód w szalonym tempie, a stan pola zarówno elektrostatycznego, jak magnetycznego, zmienia się w każdym punkcie przestrzeni z prędkością niezmierną. A zatem, nie może być mowy o skutecznieniu jakiegokolwiek pomiaru metodą bezpośrednią.

Istnieje jednak w dziedzinie ruchu falowego pewne zjawisko, które dla niektórych punktów przestrzeni sprowadza taki skutek, jakiby w nich wywołało faktyczne zatrzymanie ruchu fal. Zjawisko to, dobrze nam znane z akustyki, nosi miano fal stojących i jest, jak wiadomo, wynikiem interferencji fal bezpośrednich z falami, odbitymi od jakiejś przeszkody, przebiegającymi tę samą drogą, co pierwsze, lecz w kierunku odwrotnym. Nie wchodząc w szczegóły teoretyczne, przypomnimy tylko, że, gdy szereg jakichkolwiek fal, wybiegających ze źródła wstrząsnień  $A$ , napotyka na swej drodze przeszkodę  $B$ , której płaszczyzna jest prostopadła do drogi fal, natenczas fale, które zdążyły już się odbić od tej przeszkody, powracając tą samą drogą, interferują z falami, wciąż nadbiegającymi z  $A$ , w taki sposób, że na drodze  $AB$  mamy szereg punktów, w których panuje *trwale* stan zupełnego spoczynku, oraz inny szereg punktów, w których równie trwale panuje stan najżywszego ruchu. Pierwsze noszą miano punktów węzłowych — krócej węzłów, drugie zowią się punktami brzuscowymi albo brzuscami. Odległość

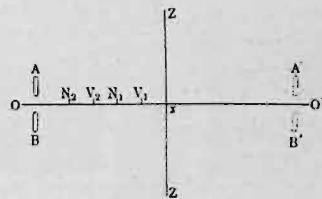
pomiędzy dwoma sąsiednimi węzłami równa się długości półfali; tyleż wynosi odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi brzuscami.

Tym sposobem, nie kuszając się wcale o rzecz niemożliwą, jaką jest zatrzymanie biegu fali, możemy jednak zmierzyć jej długość, jeżeli nam się uda wytworzyć zjawisko fal stojących; wystarczy bowiem zmierzyć w tym celu odległość pomiędzy parą sąsiednich węzłów lub brzusiec. Metody tej, jak wiemy, używano niejednokrotnie do mierzenia prędkości głosu. HERTZ osądził, że i w dziedzinie elektryczności zająć powinno w pewnych warunkach zjawisko fal stojących, a wyniki doświadczenia najzupełniej odpowiedziały jego oczekiwaniu, pozwalając mu tem samem rozwiązać zadanie zasadnicze, mianowicie zmierzyć prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych. Podług teorii MAXWELL'A prędkość ta, jak wiadomo, powinna być równa prędkości światła.

Celem otrzymania fal elektromagnetycznych stojących HERTZ ustawił na osi  $O_x$  oscylatora przeszkodę w postaci ściany metalowej  $ZZ$  (rys. 15), prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fal. Wskutek interferencji fal, powracających po odbiciu od tej ściany, z falami „świeżymi“, nadbiegającymi do oscylatora, wystąpić powinny, zgodnie z dwoistym charakterem fali elektromagnetycznej, dwa odrębne szeregi fal stojących: jeden, odpowiadający części elektrostatycznej, drugi — części magnetycznej. Przytem węzły szeregu elektrostatycznego powinny się znaleźć w tych miejscach, w których przypadają brzusca szeregu magnetycznego i vice versa.

Badanie za pomocą kółka potwierdziło w zupełności wszystkie te przewidywania. Umieściwszy kółko swe w płaszczyźnie  $ZmY$  (rys. 14) tak, żeby przerwa obejmowała oś  $mZ$ , t. j. uczyniwszy je możliwie najwrażliwszem na zmiany pola elektrostatycznego, zaś niewrażliwym zupełnie na zmiany pola magnetycznego i przesuwając je wzdłuż drogi fal, HERTZ natrafił na kilka punktów ( $N_1, N_2$ , rys. 15), w których wykrywacz zachowywał się zupełnie obojętnie, co świadczyło o tem, że w punktach tych pole elektrostatyczne było stale zerem. Punkty te leżały od siebie w odstępach równych i były oczywiście węzłami fal stojących elektrostatycznych.

Następnie HERTZ umieścił kółko w płaszczyźnie  $XY$  (rys. 14), obróciwszy je w taki sposób, aby kulki  $F_1, F_2$  obejmowały oś  $mY$ , t. j. uczynił wykrywacz możliwie najwrażliwszym na zmiany w polu magnetycznym, a zupełnie niewrażliwym na zmiany pola elektrostatycznego i przesuwając przyrząd, jak poprzednio, wzdłuż drogi fal. Okazało się, że w niektórych punktach tej drogi ( $V_1, V_2$ , rys. 15) kółko nie daje wcale iskierek. Są to, oczywiście, węzły fal stojących szeregu magnetycznego. Zarazem okazało się, że odległość pomiędzy sąsiednimi punktami ( $V_1 \rightarrow V_2$ ) tego szeregu, ściśle jednako- wa dla każdej pary punktów, równa się także odległości pomiędzy dwoma sąsiednimi węzłami szeregu elektrostatycznego ( $N_1 \rightarrow N_2$ ). W podobny sposób sprawdził HERTZ i położenie punktów brzuscowych obu szeregów, notując miejsca, w których iskiereka, przeskakująca w odpowiednio ustawionym wykrywaczu, jest najżywsza; miejscami temi w szeregu elektrostatycznym są  $V_1$  i  $V_2$  (rys. 15), w szeregu magnetycznym  $N_1$  i  $N_2$ . Pierwszy sposób wyznaczania tych punktów szczególnych jest o tyle dokładniejszy od drugiego, o ile łatwiej jest stwierdzić nieobecność iskiereki pomiędzy kulkami wykrywacza, aniżeli ocenić, że w danym razie iskiereka ta jest naj- silniejsza.



Rys. 15.



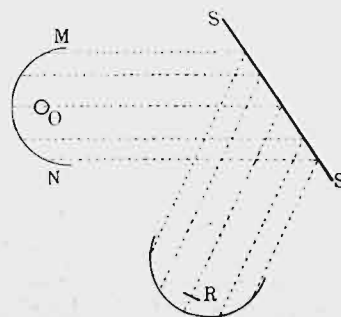
Po stwierdzeniu istnienia fal stojących w przestrzeni pomiędzy oscylatorem a ścianą odbijającą, dość jest zmierzyć odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi węzłami (nie brzuścami, gdyż węzeł łatwiej daje się uchwycić niż brzusce), by otrzymać połowę długości fali. W doświadczeniu z oscylatorem, dla którego, idąc za HERTZ'EM, obliczyliśmy okres wahań na  $2,5 \cdot 10^{-8}$  sekundy, pomiar odległości międzywęzłowej dał zarówno w szeregu elektrostatycznym, jak i w szeregu magnetycznym, liczbę (około)  $3\frac{1}{2} m$ , czyli na długości fali liczbę 7  $m$ . Podług wzoru zasadniczego  $\lambda = V \cdot T$  wypada stąd na prędkość rozchodzenia się  $V$  wartość  $\frac{7 \cdot 100 \cdot 10^8}{2,5} = 2,8 \cdot 10^{10} \text{ cm/sek.}$

Jak widzimy, jest to prędkość, bardzo zbliżona do prędkości światła. Inny oscylator o okresie  $T = 2,2 \cdot 10^{-9}$  sek. dawał HERTZ'OWI fale stojące, w których odległość międzywęzłowa wynosiła około 33  $cm$ , a więc fale o długości około 66  $cm$ , co odpowiada wartości  $V = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sek.}$

Zastanawiając się nad znaczeniem poszczególnych operacji, składających się na doświadczenie HERTZ'A, można powiedzieć, że punktem kulminacyjnym był w nim pomiar odległości pomiędzy dwoma sąsiednimi węzłami. Otóż możliwość wykonania tej prostej czynności jest w ścisłym związku z budową oscylatora, a mianowicie z temi jego właściwościami, które rozstrzygają o okresie wahań. W samej rzeczy, ponieważ prędkość rozchodzenia się zaburzeń elektromagnetycznych jest zawsze jednakowo olbrzymia, przeto tylko ogromna częstość drgań prowadzić może do fal względnie krótkich, które jedynie nadają się do bezpośredniego badania. Odkąd istnieją butelki lejdejskie, tysiące eksperymentatorów otrzymywało w swych laboratoriach fale elektromagnetyczne, nie o tem nie wiedząc, a odkąd istnieją błyskawice, wyładowania wahałowe, zachodzące między chmurami, zalewają ziemię szeregami tychże fal. Wobec tego, że skutki, przez fale te wywierane, są, jak zobaczymy niebawem, dość rozmaite, wydać się może rzeczą nieco dziwną, że dopiero tak późno powiodło się fizyce objąć w swe posiadanie tę dziedzinę zjawisk. Przyczyna jest następująca. W warunkach przeciętnych, np. przy wyładowaniu zwykłej butelki lejdejskiej, okres wahań bywa stosunkowo duży, a zatem długość fali ogromna, wynosząca setki i tysiące metrów, tak iż w obrębie pracowni zmieścić się może zaledwie znikoma część całej fali, część, której zróżnicowanie jest zupełnym niepodobieństwem. Powodzenie swoje HERTZ zawdzięczał temu, że zdołał otrzymać fale, których w obrębie jednej sali mogły zmieścić się kilka, a więc fale, których rozmaite części mogły ujawnić swe działania swoiste. Dodać należy, że te fale krótkie otrzymał on całkiem świadomie za pomocą oscylatora, tak obmyślonego, aby okres jego wahań był możliwie najmniejszy.

Powstawanie węzłów i brzuśców w przestrzeni między oscylatorem a ścianą odbijającą jest samo przez się dowodem podwójnym falowego rozchodzenia się zaburzeń elektromagnetycznych, zjawisko bowiem fal stojących zawiera w sobie, prócz zjawiska interferencji, także i zjawisko odbijania się fal od płaszczyzny prostopadłej do ich drogi. Niezależnie od tego HERTZ w słynnym doświadczeniu „ze zwierciadłami“ stwierdził, że i w wypadku ogólnym odbijanie się fal elektromagnetycznych zachodzi według tych samych praw, które rządzą odbijaniem się fal świetlnych. W doświadczeniu tem

oscylator  $O$  (rys. 16), którego kulki umieszczone są na ogniskowej parabolicznej blachy  $MN$ , wysyła na wszystkie strony fale elektromagnetyczne, czyli, jak HERTZ się wyraził, promienie siły elektrycznej, które po odbiciu się od powierzchni metalu padają wiązką równoległą na płaską ścianę  $SS$  i, odbiwszy się powtórnie—na powierzchnię drugiego reflektora parabolicznego, by wreszcie, odbiwszy się po raz trzeci, ześrodkować się na jego ogniskowej, gdzie umieszczony jest wykrywacz  $R$ . Każde odstępstwo od stosunków geometrycznych takich, jakie obowiązują w wypadku fal świetlnych, sprowadza osłabienie czynności wykrywacza lub



Rys. 16.

nawet zanik jej zupełny, jeżeli przesunięcie któregośkolwiek z elementów układu (rys. 16) jest znaczne.

Umieściwszy na drodze pomiędzy reflektorami, ustawionymi nie tak, jak na rys. 16, lecz w sposób normalny, t. j. nawprost siebie, pryzmat z asfaltu (wysoki na  $1\frac{1}{2} m$ , wagi 600 z górą  $kg$ ), HERTZ zdołał stwierdzić zjawisko załamania promieni siły elektrycznej. Zjawisko polaryzacji fal elektromagnetycznych wykazać można, umieszczając na linii reflektorów sztachety z prętów metalowych. Jeżeli pręty te stoją równoległe do linii ogniskowych reflektorów, to rezonator nie „odpowiada“ wcale — fale nie przenikają przez sztachety, przechodzą natomiast swobodnie, jeżeli sztachety obrócimy o  $90^\circ$  we własnej ich płaszczyźnie, t. j. tak, aby kierunek prętów był prostopadły do linii ogniskowych. Za pomocą płytek, wyciętych w drzewie dębowym równoległe do kierunku włośkien, MACK zdołał ujawnić podwójne załamanie promieni siły elektrycznej. Wreszcie dyfrakcja tych promieni występuje w sposób bardzo wyraźny, co stoi w związku ze znaczną długością fali. Zauważmy, że łatwość, z jaką uginają się fale elektromagnetyczne, posiada ogromne znaczenie dla telegrafii bez drutu, ponieważ pozwala im obchodzić rozmaite przeszkody naturalne, znajdujące się na linii pomiędzy stacyami, jak wzgórze, wieże i t. p.

Przedstawiliśmy dość szczegółowo przebieg zasadniczych doświadczeń HERTZ'A w tem przekonaniu, że zapoznanie się z nimi w świetle cyfr i stosunków geometrycznych jest niezbędnym warunkiem dobrego zrozumienia zjawisk, na których opiera się działanie telegrafii bez drutu. Zmierzając przede wszystkim do uzyskania takiej podstawy i starając się otrzymać obraz możliwie prosty, z umysłu pominęliśmy milczeniem wiele wpływów ubocznych, które zawsze mniej lub więcej komplikują proces główny, a niekiedy nawet zasłaniają go całkowicie. Z tego samego względu pozostawimy na uboczu cały obszar rozmaitych wątpliwości i przypuszczeń, dodatkowych hipotez i zastrzeżeń, faktów niewyjaśnionych i sprzeczności, wśród których porusza się badanie w tej tak niedawno powstałej gałęzi wiedzy, i poprzestaniemy na stronie faktycznej zjawiska typowego, kładąc natomiast większy nacisk na te kwestye, które z zajmującym nas przedmiotem mają związek bezpośredni. (C. d. n.)

## Wiadomości techniczne i przemysłowe.

### Aparat do próbowania smarów.

Straty przez tarcie łożysk stanowią dosyć poważną pozycję w bilansie pracy każdej maszyny. Nowoczesna technika zwróciła przeto baczniejszą uwagę na sposoby zmniejszenia strat takich zarówno przez odpowiedni dobór podlegających tarcia metali, jak i przez stosowanie jaknajodpowiedniejszych smarów.

W r. 1902 Przegląd Techn. zamieścił artykuł „O smarach“<sup>1)</sup>; do niego odsyłam interesujących się bliżej sprawą doboru i własności smarów; celem niniejszego artykułu jest opis aparatu, wynalezionego przez inż. G. DETTMAR'A i służącego zarówno do próbowania smarów, jak i do badania zjawisk, zachodzących na łożyskach podczas procesu tarcia.

<sup>1)</sup> Por. Przegl. Techn. z r. 1902, № 33 i nast.

Aparat ten nie tylko ma znaczenie przy próbowaniu smarów w celach praktycznych; może on jednocześnie oddawać znaczne usługi przy badaniach teoretycznych oraz pracach konstrukcyjnych. W ciągu 20 minut można za jego pomocą dokładnie zbadać smar dany i oznaczyć odpowiadający mu współczynnik tarcia. Co więcej, aparat daje możliwość porównywania kilku gatunków smarów; próbując smary, jeden po drugim, nie zużywa się na każdą próbę więcej czasu niż 20 minut.

Budując swój aparat, wynalazca kierował się zasadą, że smar powinien być próbowany w warunkach, najwięcej zbliżonych do tych, w jakich ma on być stosowany w praktyce. Ponieważ grubość warstwy smaru w łożyskach wynosi od 0,05 do 0,1  $mm$ , więc należy próbować go w warstwach o podobnej grubości. Kładąc wał w dwóch łożyskach, prawie niepodobna osiągnąć równomiernego



w nich nacisku; grubość więc warstw smaru w obu łożyskach nie może być w tych warunkach równą. A że współczynnik tarcia jest zależny od grubości warstwy smaru, zatem wyniki badań przy stosowaniu dwóch łożysk nigdy nie będą prawdziwe. Uwzględniając to wszystko, wynalazca zastosował w swym aparacie tylko jedno łożysko. Przez to otrzymujemy symetrię w położeniu kół obciążających.

Aparat, wyobrażony na rys. 1 i 2, składa się z łożyska o warstwie obręczkowej smaru (n. Ringschmierlager), wału i dwóch kół rozpędowych i może być wprowadzony w ruch w sposób dowolny. Pomiar energii są, przy zastosowanej tu metodzie, oparte na związku między ilością zużytej energii i ilością obrotów kół rozpędowych i sprowadzają się do zwykłego oznaczania ilości obrotów, które, jak wiadomo, może być wykonane z wielką dokładnością.

Kola rozpędowe są tak obliczone, że rozpęd ich wystarcza do utrzymania aparatu w ruchu przez dosyć długi przeciąg czasu, od 5 do 15 minut. Przez ten czas można dokonać całego szeregu pomiarów, co daje możliwość wyśledzenia zmian współczynnika tarcia, jakim tenże podlega w granicach od prędkości największej do prędkości 0. Kola rozpędowe wywołują w łożyskach ciśnienie na panewki, wynoszące około  $3 \text{ kg/cm}^2$ . Jest to ciśnienie najczęściej spotykane w praktyce. Stosowanie większych ciężarów jest bezcelowe, ponieważ tarcie jest niezależne od obciążenia, jak to będzie dowiedzione

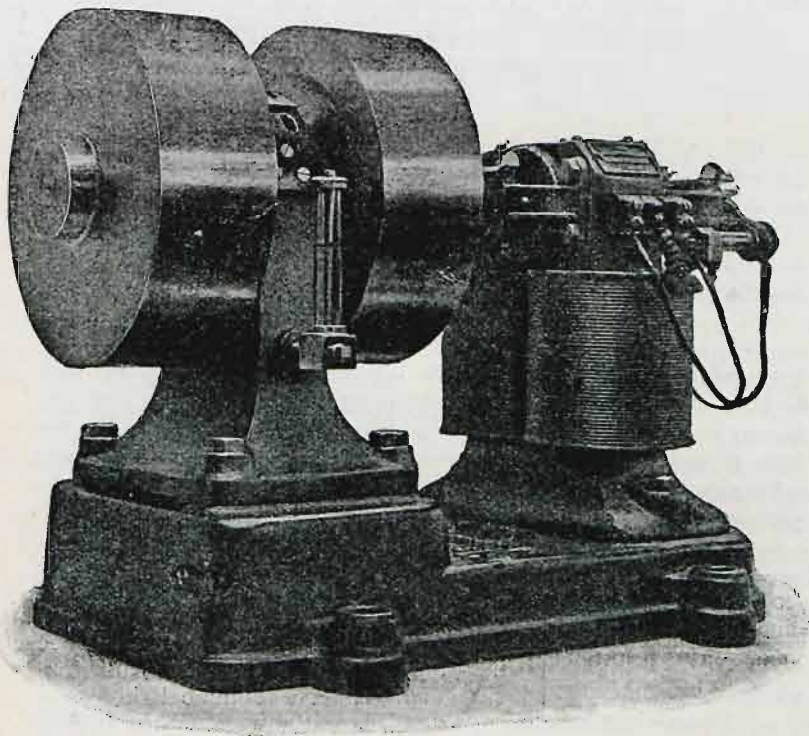
Wtedy czas, potrzebny do ustalenia się temperatury można skrócić do 10 minut i cała próba smaru może się odbyć w ciągu 20 minut.

Próbowanie po kolei kilku gatunków smarów nie wymaga wcale rozbierania i czyszczenia aparatu; wystarcza dwukrotne przepuszczenie przezeń benzyny i dwukrotne przedmuchiwanie powietrzem. Po takim przeczyszczeniu aparatu nie pozostaje w nim ani śladu smaru próbowanego poprzednio. Zostało to dowiedzione w sposób następujący:

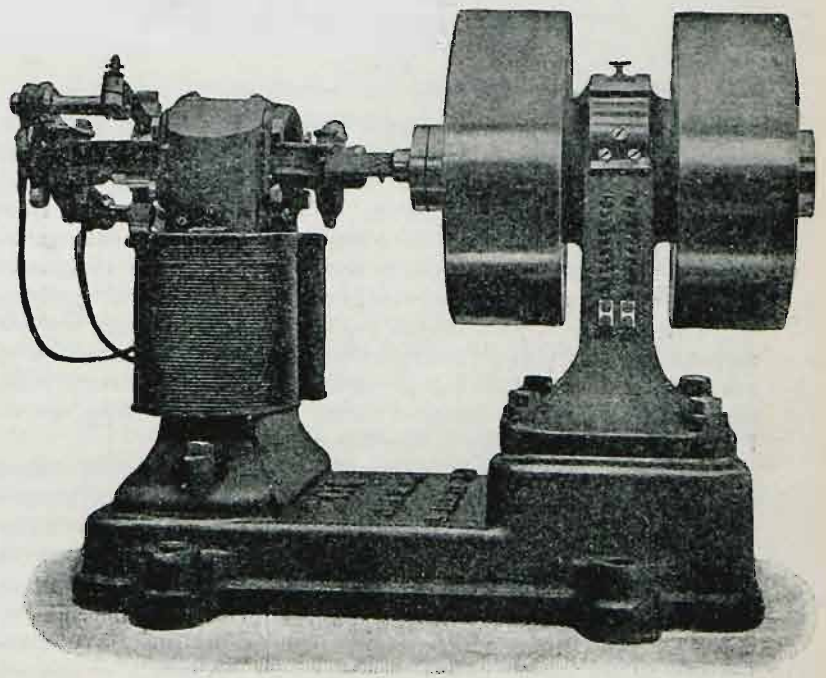
Po przepuszczeniu przez aparat i po wypróbowaniu smaru A aparat został rozebrany i starannie wyczyszczony. Następnie wypróbowano smar B, wypuszczono go, aparat został przeczyszczony benzyną i przedmuchiwany w sposób wyżej opisany, poczem znowu wypróbowano smar A. Wynik prób ze smarem A był w obu wypadkach jednakowy. Próba ta była robiona wielokrotnie, zawsze z jednakowo zadawalającym wynikiem.

**a) Porównywanie różnych gatunków smarów.**

Po napełnieniu aparatu pewnym gatunkiem smaru, wprowadzamy go w ruch z prędkością 1800 do 2000 obrotów na minutę. Przy tem temperatura zostaje podniesioną do  $40^\circ$  za pomocą przepuszczenia ciepłej wody lub prądu elektrycznego. Po ustaleniu i dokładnem zmierzeniu prędkości obrotowej aparat należy odłączyć od motoru i zauważyć chwilę odłączenia. Sposoby rozprzęgania są opisane poniżej. Aparat, będąc zostawionym samemu sobie, obraca



Rys. 1.



Rys. 2.

poniżej. Nadmierne zwiększenie ciężaru kół rozpędowych sprowadziłoby wygięcie się wału, zmniejszające dokładność pomiarów.

Przy 30 mm średnicy wału i przy 2000 obrotów na minutę prędkość obwodowa wału wynosi 3,14 m/sek. Jest to prędkość nie znajdująca zastosowania w łożyskach normalnych, trafiająca się jednak czasami, — średnia prędkość aparatu wynosi 1,5 m/sek., co odpowiada średniej prędkości wału w panewkach w warunkach normalnych.

Do zbadania, jak się dany smar zachowuje przy dużych prędkościach obrotowych, zdejmuje się dwa wykresy, jeden przy 2000, drugi przy 1000 obrotach prędkości początkowej. Z różnicy tych dwóch krzywych otrzymujemy czas, potrzebny do zmiany prędkości aparatu z 2000 na 1000 obrotów na min., oraz możemy sądzić o tem, jak się dany smar zachowuje przy dużej prędkości obrotowej.

Próba smaru może być rozpoczęta dopiero po ustaleniu się temperatury. Jest to konieczne z tego względu, że współczynnik tarcia znajduje się w wielkiej zależności od temperatury smaru. W aparacie, puszczone w ruch w stanie zimnym, temperatura, jak to widać z krzywej, podanej na rys. 3, wzrasta stopniowo i wolno, oraz ustala się dopiero po upływie godziny. Przy porównywaniu różnych gatunków smarów byłoby znanadto niewygodnem i połączone z znaczną stratą czasu czekanie chwili zupełnego ustalenia się temperatury. Dla uniknięcia tego zaopatrzoneo aparat w wąż miedziany, zanurzony w smarze. Przez wąż ten przepływa ciepła woda i podnosi temperaturę aparatu do potrzebnej wysokości.

się coraz wolniej, aż wreszcie po pewnym czasie, zależnym od dobroci smaru, kola rozpędowe zupełnie się zatrzymują. Zauważywszy znowu chwilę zatrzymania się aparatu, oblicza się ilość czasu, potrzebną do przejścia aparatu w stan spoczynku po puszczeniu go w ruch z daną prędkością.

Oczyściwszy aparat w opisany powyżej sposób, badamy smar następnie; tak postępujemy ze wszystkimi smarami, puszczaając aparat w ruch zawsze z jedną i tą samą prędkością obrotową. Dobroć poszczególnych smarów jest odwrotnie proporcjonalna do długości trwania ruchu aparatu.

Oznaczywszy przez  $r_1$  i  $r_2$  stałe tarcia dwóch smarów i przez  $T_1$  i  $T_2$  trwanie ruchu aparatu przy próbie każdego z nich, otrzymamy stosunek:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{T_2}{T_1} \dots \dots \dots 1).$$

**b) Próba smaru na współczynnik tarcia i na stałą tarcia.**

Postępując w opisany przy poprzednich próbach sposób zauważymy prędkość obrotową oraz czas, potrzebny do zatrzymania się aparatu. Wtedy współczynnik tarcia przy obciążeniu  $1 \text{ kg/cm}^2$  jest:

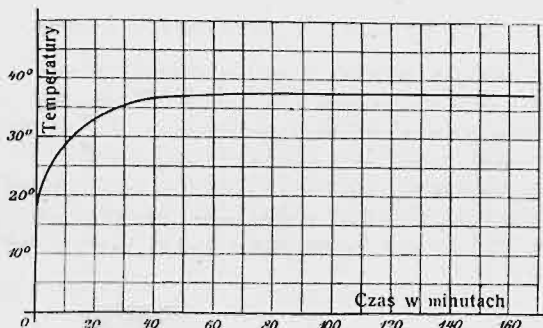
$$= \text{Stała} \cdot \frac{\text{ilość obr. na min.}}{\text{czas w sekundach}} \dots \dots \dots (2).$$

$$\text{Stała tarcia} = \text{stała} \frac{V \text{ ilość obr. na min.}}{\text{czas w sekundach}} \dots \dots \dots (3).$$



Rzeczony aparat do próbowania smarów jest tak zbudowany, że można go pędzić za pomocą prądu stałego, lub zmiennego. Zresztą bywa on też poruszany mechanicznie lub ręcznie. Aparaty do badań teoretycznych są zaopatrzone w specjalny przyrząd do mierzenia prędkości, w podwójne koła rozpędowe, w celu zmiany nacisku na łożyska, oraz w nieco cieńszy wał dla umożliwienia zmiany grubości warstwy smaru. Łożysko posiada wtedy dodatkowo składane z dwóch części panewki do badań zjawisk w całkowitych i składanych panewkach.

Odlączenie aparatu od motoru odbywa się rozmaicie, zależnie od systemu. Przy aparatach poruszanych elektrycznie twornik motoru przesuwają się o kilka mm w kierunku swej osi od środka pola magnetycznego ku aparatowi. Przez to powstaje siła, odciągająca twornik od aparatu. Siła tej stawia opór zasuwka, umiesz-



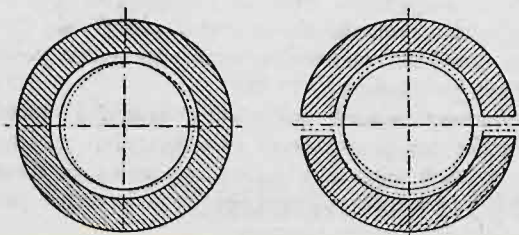
Rys. 3.

czona przed łożyskiem, znajdującym się na stronie motoru, przeciwległej aparatowi i nie pozwalająca obracać się wałowi. Połączenia wału motoru z wałem aparatu dokonywa sprzęgacz, zaopatrzone w sztyfciki o długości około 2 mm. Po wyciągnięciu zasuwki twornik cofa się natychmiast o 3 do 4 mm ze swego poprzedniego położenia i rozłączenie jest przez to samo dokonane. Po rozłączeniu twornik w środku pola magnetycznego utrzymują specjalne sprężyny.

W aparatach, poruszanych mechanicznie lub ręcznie, wał jest zaopatrzone w sprężynę spiralną, odciągającą wał motorowy do miejsca sprzężenia. Podobnie jak przy poruszaniu elektrycznym, i tu zasuwka utrzymuje wał motoru w stanie sprzężenia z wałem aparatu i wysunięcie jej powoduje rozłączenie obu wałów.

Przystępując do prób, najlepiej jest zamówić próbki różnych zaofiarowywanych smarów, każdą w ilości około 0,6 l, gdyż napełnienie aparatu do prób wymaga 0,3 l smaru. Przedewszystkiem należy zbadać, czy próby nie zawierają kwasów. Najprostszym sposobem jest tu częściowe zanurzenie w smarze płytki miedzianej gładko wypolerowanej. Różnica w kolorze zanurzonej i niezanurzonej części płytki wskaże, czy dany smar jest od kwasów wolnym. Dopiero po tej próbie należy przystąpić do oznaczenia w aparacie współczynnika tarcia wolnych od kwasów próbek smarów.

Ważnym jest także zbadanie, czy dany smar okazuje skłonność do jęczenia. W tym celu umieszcza się nieznaczna ilość smaru mię-



Rys. 4.

dzy dwiema gładko wypolerowanymi płytkami żelaznymi. Jeżeli smar jęceje, to po jakimś czasie płytki przywierają do siebie i z trudem dadzą się suwać jedna po drugiej. Dobry nie jęcejący smar nie przeszkadza suwaniu i płytki po dłuższym nawet leżeniu przesuwają się po sobie tak łatwo, jak zaraz po nasmarowaniu. Aparat ma też znaczenie nie tylko przy wyborze smaru, lecz i przy sprawdzaniu następnym partii dostarczanych smarów i porównywaniu ich z otrzymaną na początku próbką.

Zalety aparatu DETTMAR'A dadzą się streścić jak następuje:

- 1) prostota budowy;
- 2) łatwość obsługi;
- 3) nadzwyczajna dokładność wyników;
- 4) oszczędność na czasie przy próbach;

- 5) możliwość dokonywania wielu prób po sobie bez rozbierania aparatu;
- 6) umożliwienie ciągłej kontroli dostarczanych smarów;
- 7) możliwość dokładnego badania zjawisk, zachodzących w łożyskach.

**Teorya aparatu Dettmar'a.**

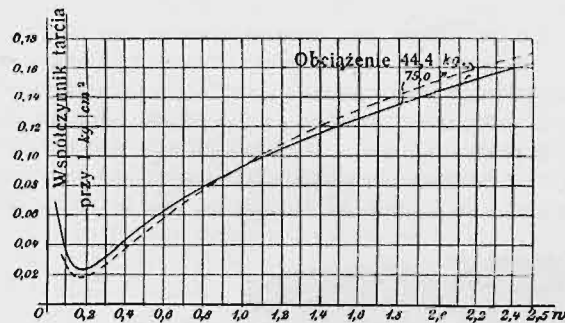
Przy dawniejszych doświadczeniach współczynnik tarcia przyjmowano:

$$\mu'' = r' \cdot \sqrt{w} = r' \cdot w^{1/2} \dots \dots \dots (4),$$

gdzie  $\mu''$  wyraża współczynnik tarcia przy ciśnieniu na łożysko 1 kg/cm<sup>2</sup>,  $r'$  — stała,  $w$  — prędkość obwodu wału w m/sek.

Dokładne wyliczenia wykazały, że przy różnych temperaturach dla zwykle używanych smarów równanie to brzmi:

$$\mu'' = r' \cdot w^x \dots \dots \dots (5).$$



Rys. 5.

Dla wykładnika  $x$  znaleziono następujące wartości:

- $x = 0,55$  przy 28°
- $x = 0,485$  „ 40°
- $x = 0,387$  „ 70°.

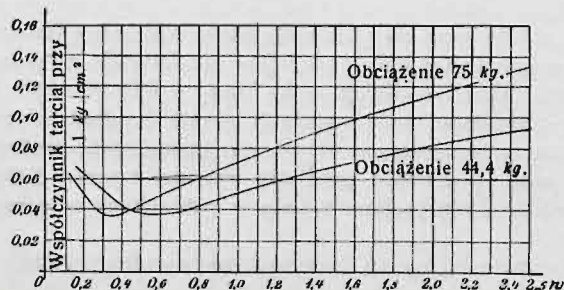
Stąd widać, że podane powyżej równanie:

$$\mu'' = r' \sqrt{w}$$

jest ważne dla zwykle używanych smarów przy temperaturze około 40°. Jest to więc najlepsza temperatura do prób, tem bardziej, że jest to temperatura średnia dla łożysk przy pracy, a smary należy próbować w normalnych warunkach ich stosowania. Również wykazały badania, że równania (4) i (5) znajdują zastosowanie dopiero przy prędkościach obwodowych ponad 0,1 — 0,2 m.

Przy zupełnie zamkniętych panewkach, (niezależnie od tego, czy składają się z jednej lub więcej części), kiedy ciśnienie musi się rozłożyć równomiernie na całą powierzchnię, współczynnik tarcia jest odwrotnie proporcjonalny do ciśnienia. Rzeczony wyżej prawo traci swoją moc, gdy łożysko jest tak złożone, że górną jego połowę od dolnej dzieli szpara.

Dawniejsze badania wykazywały, że tarcie przy zastosowaniu smarów w cienkich warstwach jest odwrotnie proporcjonalne do grubości warstwy. Chcąc sprawdzić, czy twierdzenie to jest zgo-



Rys. 6.

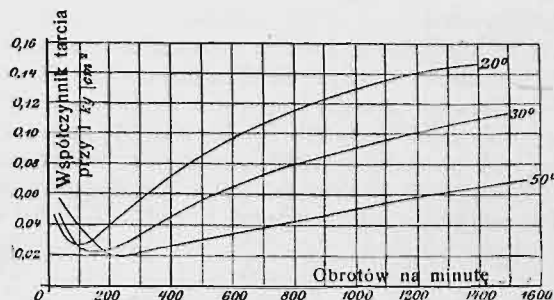
odne z rzeczywistością, oznaczono wielkość tarcia dwóch wałów z jednakowego materiału i w jednym i tem samym łożysku, ale przy różnicy w średnicach około 0,03 mm. Pomiary łożyska wykazały, że grubość warstwy smaru przy grubszym wale wynosiła 0,03 mm, a więc przy cieńszym wale warstwa smaru musiała być w przybliżeniu 2 razy grubszą. Przy zastosowaniu jednego smaru w obu wypadkach otrzymano stosunek współczynników tarcia 1 : 2, co stwierdza prawdziwość przytoczonego wyżej prawa.

Rozpatrzmy teraz dwa wypadki, wyobrażone na rys. 4. Pierwszy z nich przedstawia łożysko z jednej sztuki, drugi — łożysko z dwóch części. W pierwszym razie przy wzroście obciążenia grubość warstwy smaru u dołu zmniejsza się, u góry o tyleż się zwiększa, a zatem suma tarcia pozostanie bez zmiany, — jest ona tu niezależna od obciąż-



zenia. W drugim wypadku wraz ze wzrostem obciążenia grubość warstwy u dołu się zmniejszy, lecz u góry nie zwiększy się jednocześnie, zatem tarcie u dołu się zwiększy, gdy u góry pozostanie bez zmiany, i suma tarcia będzie zwiększona,—w przypuszczeniu, że górna połowa panewki nie jest sztucznie przyciśnięta do wału, a tylko przylega doń pod wpływem ciężaru własnego i ciężaru pokrywy łożyskowej. Doświadczenie wypadnie jeszcze inaczej, gdy górna pokrywa łożyskowa będzie przyciśnięta do wału przez dobrze dociągnięte śruby. Gdy wał wskutek obciążenia opuści się nieco niżej, wtedy dolna warstwa smaru zostanie ściśnięta, nacisk zaś, wywierany na górną część panewki zmniejszy się, i wskutek tego górna warstwa smaru stanie się grubsza. Wynik zatem będzie zbliżony do wyniku w pierwszym wypadku.

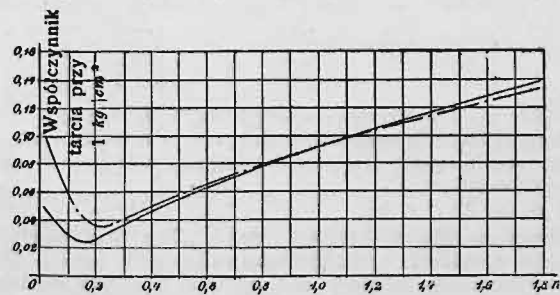
Z powyższego widać, że współczynnik tarcia należy badać w każdym poszczególnym wypadku, bo zawsze inny proces zachodzący



Rys. 7.

dzi w panewkach. Przeprowadzone z aparatem DETTMAR'A badania wykazały, że przy zamkniętej panewce współczynnik tarcia jest niezależny do obciążenia (rys. 5), w przepołowionej zaś zmienia się w zależności od obciążenia (rys. 6).

Badania te, zarówno jak badania nad wpływem grubości warstwy smaru, są niezmiernie ważne przy próbowaniu metali, używanych na panewki. Chcąc wypróbować taki metal, a robiąc w tym celu panewki w jednej sztuce, należałoby koniecznie wywiercać je z dokładnością do  $\frac{1}{1000}$  mm; inaczej wyniki prób nie mogłyby być dostatecznie pewne, gdyż normalna grubość warstwy smaru wynosi około 0,025—0,05 mm. Ażeby przeto przeprowadzić badania metalu w warunkach, możliwie zbliżonych do normalnych, nie można dopuścić większej różnicy w otworze panewki, niż 0,001 mm—a w bardzo tylko rzadkich wypadkach możliwe jest wywiercenie otworu panewki tak dokładne. Próby będą więc dopiero wtedy wiarogodne, jeżeli zastosujemy panewki składane z 2-ch lub 4-ch części. Jeżeli wtedy weźmiemy smar zawsze do wszystkich prób jednakowy, to grubość warstwy smaru będzie zależna tylko od obciążenia, które możemy stale utrzymywać na jednej i tej samej wysokości. Ważną własnością metalu, użytego na panewki, jest wytrzymałość na długotrwałą pracę i dobre przewodnictwo ciepła. Im to



Rys. 8.

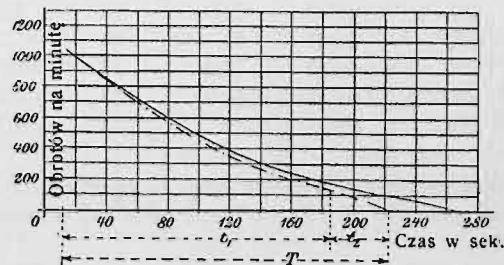
ostatnie jest większe, tem dalej można przesunąć granicę dopuszczalnej prędkości obrotu wału, mając możność prędszego odprowadzenia wytworzonego przez tarcie ciepła. Zauważyć zresztą należy, że próby, robione przez DETTMAR'A, wykazały, iż wpływ rodzaju metalu na tarcie jest bardzo nieznaczny, jeżeli prędkość obrotu wału przekracza 1 m/sek.

Wykonane przez DETTMAR'A próby smarów przy różnych temperaturach potwierdziły wyniki dawniejszych badań, przeprowadzonych przez TOWER'A. Rys. 7 wyobraża krzywą współczynnika tarcia jednego smaru przy różnych temperaturach. W poniżej umieszczonej tabelce podane są wyniki prób DETTMAR'A przy różnych prędkościach. W ostatniej rubryce są umieszczone iloczyny ze współczynnika tarcia przez temperaturę. Jak widać z rzeczonyj tabelki, iloczyn ten jest w przybliżeniu stały dla każdej prędkości

obwodowej z osobna; stwierdza to regułę, że współczynnik tarcia jest odwrotnie proporcjonalny do temperatury.

Tabela zależności współczynnika tarcia od temperatury.

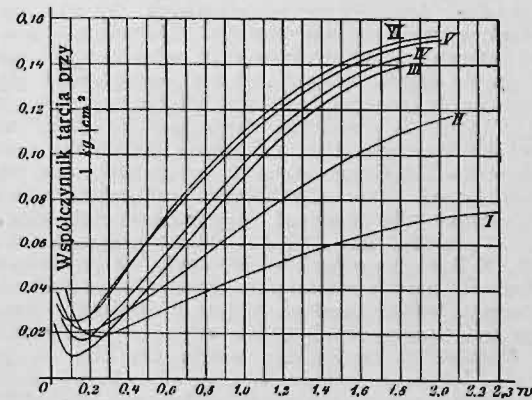
Ilość obrotów	$\mu''$	$t$	$t \cdot \mu''$
1300	0,144	20°	0,288
	0,107	30°	0,321
	0,062	50°	0,310
900	0,125	20°	0,250
	0,088	30°	0,264
	0,047	50°	0,235
500	0,083	20°	0,166
	0,058	30°	0,174
	0,032	50°	0,160



Rys. 9.

Pozostaje jeszcze dowieść prawdziwości stosunku, wyrażonego przez równanie (1). W tym celu należy uświadomić sobie zjawiska, zachodzące przy tarcu wału o panewki za pośrednictwem smaru. Na rys. 8 jest wykreślona krzywa współczynnika tarcia przy różnych prędkościach. Zgodnie z powiedzianem wyżej, równanie (4) lub (5) jest ważne dla prędkości powyżej 0,2 m/sek. Poniżej tej prędkości wraz ze zmniejszaniem się jej spada powoli współczynnik tarcia; trwa to do pewnej określonej prędkości, od której współczynnik tarcia zaczyna znowu się zwiększać. Przy prędkości 0 współczynnik tarcia zbliża się do pewnej krańcowej wartości. Wyjaśnienie tych zmian da się osiągnąć w sposób następujący:

W łożysku rozróżniamy dwa zjawiska: 1) tarcie między płynem (smarem) i ciałem stałym i 2) tarcie w samym płynie. Przy małych prędkościach tarcie płynu o ścianki panewki, jak się zdaje, jest bardzo duże, przy dużych zaś prędkościach tworzy się warstewka smaru, przylegająca do ścianek, tak, że mamy wtedy tylko tarcie smaru wewnętrzne.



Rys. 10.

Rys. 9, przedstawia wykresy, odpowiadające współczynnikowi tarcia z rys. 8; krzywa narysowana linią pełną odpowiada panewkom z metalu czerwonego, punktowana — panewkom stopowym (n. Kompositionsbüchsen). Czas  $t_1$  warunkuje się przez wewnętrzne tarcie smaru, czas  $t_2$  — przez tarcie smaru o metal;  $t_1$  i  $t_2$  przy jednych i tych samych panewce i wale znajdują się w pewnym określonym stosunku wzajemnym, tak iż można przypuścić, że wartość stosunku czasu  $t_1$  do całego czasu, będzie przy różnych smarach jednakową. Czas  $t_1$  nie da się oznaczyć w prosty sposób. Jeżeli jednak wyżej [w równ. (1)] zaznaczony stosunek zachodzi w rzeczywistości, wystarczy oznaczenie czasu  $T$ , który da stosunkową miarę wewnętrznego tarcia smaru, a zatem i jego stałej tarcia.

Słuszność założeń powyższych stwierdzają doświadczenia, a mianowicie:



1) Dla panewki o dokładnie tych samych wymiarach co i pierwsza panewka, lecz z innego metalu, oznaczono współczynnik tarcia (punktowana krzywa na rys. 8). Jak widzimy, przebieg krzywych przy jednym i tym samym smarze ponad 0,2 m/sek. jest prawie jednakowy; kształt krzywych jednak poniżej tej granicy różni się znacznie, co każe przypuszczać, że tarcie smaru o metal przy drugiej panewce jest znacznie większe.

2) Po wypróbowaniu dużej ilości smarów okazało się, że iloczyn  $T_r$  jest dla wszystkich wypadków prawie jednakowy.

Gatunek smaru	T — czas biegu poczynając od 1400 obrotów sek.	Stała tarcia r	Temperatura t°	Cena za 1 kg fenigów	r × cena	T · r
I	560	0,05	33	32	1,6	2,80
II	385	0,068	40,8	63	4,28	2,62
III	339	0,081	40	65	5,26	2,82
IV	294	0,088	39,2	42	3,70	2,70
V	289	0,091	40,5	32	2,91	2,63
VI	274	0,095	42	48	4,45	2,60

Rys. 10 przedstawia krzywe współczynników tarcia dla sześciu gatunków smarów. W powyższej umieszczonej tabelce zaś są ze-

stawione czas biegu aparatu przy prędkości największej 1400 obr. na min. i obliczone stałe tarcia. Ostatnia rubryka mieści iloczyn z czasu przez stałą tarcia, który powinien być, zgodnie z równaniem (1), jednakowy dla wszystkich smarów; jak widać z tabelki, jest tak rzeczywiście.

W celu wykazania, jakie korzyści przynosi próbowanie smarów, wprowadzona tu została rubryka: ceny smaru. Jak widać z tabelki, ceny smarów wcale nie odpowiadają ich dobroci. Zauważyć należy, że owe próbowane 6 gatunków smaru były uważane w praktyce za jednakowo dobre w użyciu, jako całkowicie wolne od kwasów i nie okazujące skłonności do jeżenia. Z tabelki okazuje się, że najtańszy smar jest właściwie najlepszym ze względu na tarcie. Smar, zajmujący następnie miejsce pod względem tarcia, należy do najdroższych. Wybierając z pomiędzy smarów jednakowo dobrych pod względem jeżenia i nieobecności kwasów, należy uważać, aby iloczyn  $r \times \text{cena}$  był jak najmniejszy. Iloczyny te są dla różnych smarów niejednakowe a nawet znacznie różne. W tabelce np. stosunek iloczynów dla gatunku najlepszego i najgorszego wyraża się przez 1 : 3,3 — uwzględniwszy zaś to, że próbowanie gatunku I odbywało się przy temperaturze o 7° niższej od normalnej (40°), otrzymamy ten stosunek nawet = 1 : 4. Zestawienie powyższe wykazuje najdobitniej wartość aparatu DETMAR'A.

(El. Ztschr. 1902).

A. Schw.

## KRONIKA BIEŻĄCA.

**Z Muzeum Rzemiosł i Sztuki Stosowanej w Warszawie.** Ogólne Zgromadzenie członków protektorów Muzeum Rzemiosł i Sztuki Stosowanej odbędzie się w d. 12 września r. b., o godzinie 7-jej wieczorem.

Wystawa prac wykonanych w roku 1904 5 w salach rysunkowych Muzeum otwartą będzie w d. 10 września r. b., o godz. 11-jej rano. Tak ogólne zebranie jak i wystawa odbędą się w gmachu Muzeum Przemysłu i Rolnictwa, Krakowskie Przedmieście № 66. Wystawa trwać będzie dni trzy, wejście bezpłatne.

**Węgiel z zagłębia Dąbrowskiego dla floty rosyjskiej.** W jednej z gazet rosyjskich zjawia się wzmianka o wspaniałych jakoby rezultatach prób z naszym węglem dąbrowskim, przeprowadzonych przez komisję w porcie petersburskim, w celu zastosowania węgla tego we flocie wojennej rosyjskiej. Ponieważ wzmiankę tę powtórzyło kilka naszych dzienników, podajemy tu, co pisze w tej kwestyi „Gornozawodskij Listok“ (№ 32 r. b.): „Wiadomość tę należy uważać przynajmniej za przedwczesną, nawet zdaniem członków komisji, gdyż dotychczas nie osiągnięto żadnych pewnych wyników. Prawda, że komisja wspomniana nie jest wcale gorsza od innych — ma bowiem przewodniczącego, wiceprzewodniczącego, około dwudziestu członków, podkomisję, budżet oddzielny — słowem, mogłaby służyć za wzór idealnej komisji w jakimkolwiek departamencie. Pomimo to jednak sprawa się nie posuwa. Dotychczas nie otrzymano ani jednej pewnej wiadomości co do właściwości i zdolności badanych w porcie węgla, nadto, podczas egzystencji pięciomiesięcznej komisji nie wypracowała nawet ostatecznego programu swych badań. Być może, iż przyczyną tego jest po części mnogość różnych aparatów i przyrządów, z których jedne nie zostały jeszcze doprowadzone do należytego stanu i, wystawione na wiatr i niepogodę, rdzewieją od deszczu, z innymi zaś członkowie komisji nie zdążyli się jeszcze o tyle zapoznać, żeby je z korzyścią mogli przy pracy stosować. Co prawda, nie jest to jedyna przyczyna małych postępów pracy. Z licznych członków komisji, na prowadzone od czasu do czasu badania zjawia się zwykle trzech do czterech, — nie w tem niema dziwnego, gdyż komisja ta jest niepłatna, — przewodniczący obecny też jest przy próbach tylko w nadzwyczaj rzadkich wypadkach. O zdolności próbowanego węgla dla floty wojennej sądzić będzie można, jak to oznaczono w programie badań, dopiero po wypróbowaniu tego węgla na okrętach wojennych; do takich prób morski komitet techniczny przeznaczył parostatek kołowy „Onega“ i jeden z numerowych (drobnych) torpedowców. Oba te okręty co prawda mają kotły przedpotopowe i przepuszczające wodę, poruszają się jednak mogą. Statki rzeczono otrzyma komisja do dyspozycji w lecie roku przyszłego. Miejmy nadzieję, że w niedalekiej przyszłości wspólnymi staraniami komitetu technicznego oraz przewodniczącego i członków komisji zdecydowana zostanie ta tak ważna dla floty i przemysłu sprawa“.

— 2. —

**Wpływ na wytrzymałość żelaza obciążen powtarzanych.** Dyrekcyja drogi żel. Magdeburgskiej przeprowadziła niedawno, stosownie do pruskiego okólnika ministerjalnego z r. 1903, badania nad wpływem dużych różnic naprężeń żelaza. Skorzystano mianowicie z okazji wymiany starego mostu żelaznego na rzece Saale pod Grizehne. Belki główne mostu, które leżały w linii przez lat 51, przedstawiały dźwigiary kratowe na 4-ch podporach z pasami o przekroju



Z taśmy poziomej górnego pasa wzięto do prób trzy kawałki z miejsc takich, gdzie naprężenia były różnej wysokości, a mianowicie: u pod-

pory końcowej (próba a), w odległości 5,32 m od tej podpory (próba b) i na pierwszej podporze środkowej o 13,6 m od podpory końcowej (próba c). Wyniki prób były następujące:

Próbka	Największe naprężenie pasa pod pociągami $kg/cm^2$	Wyniki prób		
		Wytrzymałość na rozciąganie $kg/mm^2$	Wydłużenie przy pęknięciu %	Zmniejszenie przekroju %
a 1	0	37,30	12,1	pręt pęknął poza punktami skrajnymi podziałki
	0	33,51	11,0	
	0	34,57	18,9	
b 1	przeciętnie	35,13	14,0	17,8
	— 668	31,15	10,6	9,2
	— 668	34,52	16,5	18,8
c 1	— 668	34,21	18,8	23,0
	przeciętnie	33,29	15,3	17,0
	+ 947	36,27	23,0	23,7
2	+ 947	36,44	17,2	22,6
	+ 947	34,30	20,8	21,5
	przeciętnie	35,67	20,3	22,6

Różnice więc między miejscami więcej i mniej obciążonymi wynoszą:

c — a	+ 0,54	+ 6,3	+ 4,8
c — b	+ 2,38	+ 5,0	+ 5,6
b — a	— 1,84	+ 1,3	— 0,8

Różnic tych nie można nazwać dużymi; zgodnie więc z innymi podobnymi dawniejszymi próbami i z prób opisanych nie można stwierdzić zmniejszenia się wytrzymałości żelaza pod wpływem obciążen powtarzanych.

— 3. —

(Z d. B. № 8 r. b.).

**Zabezpieczenie żelaza od rdzy.** „The Iron Age“ (z 20 lipca r. b.) podaje rezultaty prób, przeprowadzonych przez H. Parker'a, w celu wyjaśnienia sprawy zabezpieczania żelaza od rdzy. Wszelkie próbowane farby i pokosty okazały się niewystarczającymi, natomiast doskonałym środkiem zabezpieczającym ma być papier. Części żelazne oczyszcza się starannie szczotkami drucianymi od rdzy i pociąga lepka farbą. Następnie obwija się je, lekko przyciskając, takim papierem parafinowanym tak, żeby brzegi papieru na siebie zachodziły, — wreszcie pociąga się po papierze farbą. Próby dotychczasowe trwają zaledwie trzy lata, nie pozwalają więc na wyprowadzenie wniosków ostatecznych, wskazują jednak bezwarunkowo, iż papier jest w stanie do pewnego stopnia zabezpieczyć żelazo od rdzewienia.

lw.

**Utrwalanie gipsu.** Rozpuściwszy kwas borny w gorącej wodzie z dodaniem odpowiedniej ilości amoniaku, otrzymamy borat, który pozostaje w stanie rozpuszczonym. Płynem tym można daną ilość gipsu rozrabiać lub też gotowe przedmioty pokrywać penzlem. Wykonywa się to przy zwykłej temperaturze; następnie gotowe odlewki podlegają zwykłemu wysuszeniu. Po dwóch dniach powierzchnia odlewu gipsowego osiąga dość znaczną twardość i w wodzie jest zupełnie nierozpuszczalną, podczas gdy twardnienie wewnątrz postępuje wolniej.

— k. —