

TREŚĆ: Prof. M. Matakiewicz: Wpływ ruchu materiału rzecznoego na prędkość przepływu. — Inż. J. Z. Zaleski: Upodobianie powietrza miejskiego do górskiego. — Wiadomości z literatury technicznej. — Recenzje i krytyki. — Sprostowanie.

Prof. M. Matakiewicz.

Wpływ ruchu materiału rzecznoego na prędkość przepływu.

Wykład odbyty w dniu 30 maja 1934 r. na Zebraniu tygodniowym Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie, staraniem Sekcji Hydrotechnicznej.

Sprawą tą zajmowano się już wielokrotnie, celem wykazania, że w formułach na prędkość, posiadających t. zw. współczynniki szorstkości, współczynniki te przy stanach wyższych, przy których następuje już ruch materiału, muszą mieć wartości wyższe, czyli, że szorstkość profilu w tych wypadkach musi być większa. Taka zasada jest jednoznaczna z przyjęciem, wydającym się zrozumiałym samo przez się, że woda przy stanach wyższych, obciążona materiałem będącym w ruchu, płynie ze stosunkowo mniejszą prędkością, jak przy stanach niższych, przy których ten ruch materiału się jeszcze nie zaczął, jak niemniej, że opór tarcia na obwodzie, z powodu zwiększonej szorstkości, jest większy.

Tak pojmuje tę rzecz i Forchheimer¹⁾, cytując artykuł Kuttera z przed lat 60-u i jego wzór na współczynnik szorstkości n , wzrastający ze wzrostem R , oraz I , tudzież odwrotnie proporcjonalny do prędkości. Forchheimer nie zgadza się tylko z wynikającą ze wzoru Kuttera ciągłością zmniejszania się wzrostu prędkości przy stanach wyższych, twierdząc, zgodnie zresztą z hydraulikami obecnej doby, jak np. Schoklitschem i Stricklerem, że ponieważ ruch materiału nie ma cech ciągłości, także i zmniejszanie się przyrostu prędkości przy wzroście stanu wody nie będzie ciągłe, lecz przy stanie, od którego zaczyna się ruch materiału, wystąpi nagle, zaznaczając się w odpowiednich wykresach nagłym załomem. Na podstawie takiego ujęcia kwestji, oraz opierając się na wykresach Stricklera²⁾, który miał rzekomo wykazać, że istnieją dwie różne szorstkości, oddzielone strefą przejściową, wyraża Forchheimer zapatrywanie, że jednolita formuła na prędkość, obejmująca przepływ wody z ruchem materiału (stany wyższe) i bez tegoż ruchu (stany niższe), jest niewłaściwa.

Tyle Forchheimer; — wynikałoby z tego, że dawne formuły, ze współczynnikami szorstkości, byłyby odpowiedniejsze od nowszych, bez tych współczynników. Tak jednak nie jest; od współczynników „obieralnych“ odstąpiliśmy już dawno, odstąpiła już nawet Ameryka i Szwajcaria od wzoru Ganguillet-Kuttera. Reklamowany jest natomiast wzór Stricklera, a raczej zalecany przez niego stary wzór Gaucklera:

$$v = k R^{1/2} I^{1/2},$$

dla którego jednak k trzeba sobie wyznaczyć dla każdego profilu z osobna i dla kilku stanów wody w tym profilu, a zatem na podstawie specjalnych pomiarów hydrometrycznych. Formuła ta zatem nie daje tego, czego potrzebuje inżynier i, przyjmując ten szkielec, niejako ustawiła się formułę dla każdego przypadku z osobna.

Ale nie o formułach empirycznych na prędkość ma być mowa w niniejszym artykule; chodzi tu o rzecz zasadniczą, o przyjrzenie się bliżej samemu problemowi

wpływu materiału ruchomego na prędkość, z czego może dopiero wypłyną jakieś wnioski dotyczące tych formuł, gdyż wyrażone dotychczas w tym kierunku zapatrywania, których próbkę podaliśmy powyżej, muszą być uważane jako jeszcze zupełnie niedojrzałe.

Sprawa ta jest trudna i wymaga długich i ścisłych badań tak w przyrodzie, jak i środkami laboratoryjnymi. Jest ona trudna, gdyż wiąże się bezpośrednio ze zjawiskiem ruchu materiału rzecznoego, tak mało dotychczas zbadanym. Wymaga przeprowadzenia wielu specjalnych pomiarów i to bardzo dokładnych, aby można uzyskać rezultaty ścisłe, co przy pomiarach w przyrodzie nie jest rzeczą łatwą. Pomiary hydrometryczne, którymi rozporządzamy, są do tego celu niewystarczające; są zbyt mało dokładne. Dlatego w niniejszym artykule możemy traktować sprawę tylko ogólnie, a rezultatem rozważań może być raczej tylko wskazanie na błędy i niedostatki dotychczasowych metod badania.

Rozpocznijmy od kwestji, kiedy w rzece rozpoczyna się ruch materiału? Niewątpliwie, wprawienie w ruch poszczególnego ziarna materiału, leżącego na dnie rzeki, zależy od prędkości wody, przyczem do poruszenia większego ziarna potrzebna jest większa prędkość. W przeważającej liczbie wypadków materiał dna rzeki jest tak w rzekach górskich, jak i nizinnych, bardzo różnorodny, znajdujemy tam zmieszane ziarna różnej grubości, od pyłkowych począwszy, aż do grubego żwiru i kamieni. Z tego wynika, że ruch materiału przy wzroście stanu wody rozpoczynać się musi stopniowo; w miarę wzrostu stanu wody wzrastają również i prędkości³⁾ i coraz to grubsze ziarna mogą być porywane, a legenda o pewnym określonym stanie, od którego zaczyna się nagle ruch materiału, mogła powstać tylko w laboratorium, przy operowaniu kulkami o tej samej średnicy. Kąpiąc się w rzece o dnie złożonym z piasku miążkiego, średniego i grubego, z przymieszką namułu, przy bardzo niskim stanie, czujemy twarde grunto pod stopami, innego dnia, gdy stan wody stosunkowo niewiele wzrósł, np. o 20—30 cm, stopy nasze już grzęzną w piasku, bo ze zbitego dna miążkie części zostały już wypłókane.

Z praktyki pomiarowej przypomina mi się jeden przykład, który może być dobrą ilustracją dla wyjaśnienia sprawy początku i przebiegu ruchu materiału. Stanowią go trzy pomiary hydrometryczne zupełne, wykonane przezemnie w dniach 30/IX, 2/VIII i 8/X 1902 r. na rzece Skawie pod Suchą⁴⁾. Ma ona tu charakter wybitnie górski; dorzecze obejmuje 469 km², a spadek przeciętny wynosi 4,4‰. Wyniki tych pomiarów przedstawiają się następująco:

³⁾ Gdy wzrastają tak średnie głębokości jak i spadki zwierciadła, przy najniższych stanach skoncentrowane wybitnie na progach, stanowiących przelewy (bystrze), a przy stanach coraz to wyższych wzrastające w przestrzeniach między progami.

⁴⁾ Rocznik Centralnego Biura Hydrograficznego w Wiedniu za r. 1902 dla dorzecza Wisły.

¹⁾ Hydraulik 1930, str. 155.

²⁾ „Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauheitszahlen...“. Bern 1923, Mitteilungen des Amtes für Wasserwirtschaft Nr. 16, tudzież: „Gesamtbbericht, Zweite Weltkraftkonferenz, Berlin 1930, str. 137. „Die Frage des Koeffizienten in der Formel von Chézy“.

	Stan wody cm	T_s w m	$I/_{\infty}$	V_s	$V_{p\max}$	$Q\text{ m}^3/\text{sek}$	n
1.	183	0,238	0,62	0,316	0,505	1,58	0,0268
2.	208	0,401	1,22	0,572	0,923	4,98	0,0308
3.	243,5	0,604	2,06	0,994	1,620	17,69	0,0325

W profilu tym stan najniższy był w roku tym 180, średnia roczna 216, a absolutne maximum na wysokości 446. Otóż przy pierwszym z tych pomiarów, wykonanych przy stanie niskim, woda była zupełnie czysta i to tak dalece, że przy pomiarze młynkiem zupełnie nowym otrzymano przy pierwszych spostrzeżeniach dla tej samej liczby obrotów młynka, dokładnie ten sam czas w dziesiętnych sekundy. Przy drugim pomiarze woda była już trochę mętna, przy trzecim zaś miało się wrażenie silnego wezbrania, przy którym rzeka toczyła wodę mętną, żółtą i z głośnym szumem.

Jednak, jak z powyższych dat wynika, pomiar trzeci odbywał się przy stanie całkiem jeszcze nie wysokim, bo zaledwie o 27,5 cm wyższym od średniego rocznego i przy średniej głębokości tylko 0,604 m, a prędkości średniej okr. 1 m. Od tego stanu aż do absolutnego maximum jest jeszcze 446—243,5 = 202,5 cm; przy osiągnięciu abs. max. średnia głębokość wzrasta do 0,604 + 2,025 = 2,629 m, spadek może wzrosć do 4,4‰, średnia prędkość $v_s = f(T) \cdot (I)^{\circ}$ do 3,773 m, więc blisko czterokrotnie, a siła poruszająca, liczona wzorem:

$$S = 1000 T \cdot I$$

od 1,24 do 11,57 kg/m², zatem prawie dziesięciokrotnie. Z tego wynika, że w miarę wzrostu stanu wody między odczytem wodoskazu 243,5, przy którym już odbywał się znaczny ruch materiału, a stanem najwyższym 446, coraz to większe ziarna mogły być poruszone, a t. zw. popularnie „szorstkość profilu“ mogła jeszcze znacznie wzrosć. W ostatniej kolumnie powyższego zestawienia podane są wyrachowane współczynniki „szorstkości“ n do formuły Ganguillet-Kutter'a; jak widzimy, wzrastają one ze stanem wody, mogą więc zadowolnić w zupełności tych, którzy je uważają za miarę „szorstkości“ profilu. Ale z drugiej strony, jeżeli z powyższej trójki wartości, otrzymanej dla stanu najwyższego, a mianowicie:

$$T = 2,629 \text{ m}, \quad I = 4,4\text{‰}, \quad v = 3,773 \text{ m}$$

obrachujemy n , to otrzymamy wartość

$$n = 0,0344,$$

a więc postępującą zgodnie w szeregu kutterowskich wartości współczynników szorstkości n , z czegoby wynikało, że formuła empiryczna bez obieralnego współczynnika może również uwzględnić zwiększenie szorstkości, wywołane ruchem materiału rzeczno.

I rzeczywiście, jeżeli uzmysłowimy sobie, że formuła empiryczna oparta jest na pomiarach bezpośrednich, a więc na bezpośrednio pomierzonych wartościach T, I, v_s , oraz, że ruch materiału, a więc i warunki t. zw. „szorstkości“, zależą właśnie od T, I , względnie v , to okazuje się jasnym, że formuła empiryczna, interpolacyjna, musi uwzględnić i wpływ ruchu materiału.

Wyrażając zapatrywanie, wbrew twierdzeniu szeregu hydraulików, przyjmujących pewien stały i to wysoko położony punkt ruchu materiału, że ruch materiału mieszanego rozpoczyna się stopniowo i w miarę wzrostu stanu wody przybiera na natężeniu, nie chcemy twierdzić, że wyjątki są tu niemożliwe. Zdarza się, że w pewnym profilu, względnie pewnej przestrzeni rzeki, materiał dna jest przesortowany, o ziarnach dość jednostajnej średnicy. Wiemy z praktyki budowlanej, że w niektórych okolicach trudno o piasek do budowy, choć okolica ta posiada potoki górskie, które jednak mają

⁶⁾ Według formuły autora; patrz *Ozasopismo Techniczne* lwowskie 1931: „Dalsze badania nad formułą prędkości...“ oraz „Neuere Untersuchungen über die Geschwindigkeitsformel“, *Lenin-grad* 1933, IV. Konferencja Hydrologiczna Państw Bałtyckich.

w dniu mały tylko procent piasku, a gros stanowi materiał gruby. W takim wypadku wydatny ruch materiału, wiążący się z uruchomieniem miarodajnego ziarna, zacznie się naturalnie od pewnego stanu, stosunkowo wysoko leżącego⁶⁾. W normalnych jednak wypadkach, tak jak opadająca po kulminacji woda, w miarę obniżania się stanu wody składa coraz to drobniejszy materiał na dnie, tak znowu woda wzbierająca musi w miarę podnoszenia się stanu wody zabierać materiał coraz to grubszy i w coraz większej ilości.

Ostatecznie i sam Struckler, mówiąc o wyznaczeniu k według przeciętnej średnicy ziarna, stwierdza, że jest to metoda niepewna, gdyż w tym samym przekroju rzeki znajdują się ziarna od najmniejszych do największych wymiarów (*Gesamtbericht*, j. w., str. 151).

Ale przypatrzmy się bliżej wynikom badań Strickler'a nad tą kwestją, a to tem bardziej, że wyniki te zostały przyjęte z pełną wiarą przez tak wybitnych badaczy jak Forchheimer⁷⁾ i Neményi⁸⁾. Otóż w tablicach rysunkowych Nr. 6—13 swej pracy z r. 1923, powyżej cytowanej, podaje Strickler dla odciętych, przedstawiających wartości $R^{1/2} I^{1/2}$, jako rzędne wartości średniej prędkości v , otrzymane z pomiarów bezpośrednich, a to: na 1) Renie pod Bazyleą, 2) pod Waldshut, 3) pod St. Margrethen, 4) pod Mastrils, 5) w Holandji, 6) pod Nol, 7) Aarze pod Aarau, 8) Rodanie pod Porte du Scex, 9) Mississipi pod Vicsburg, 10) Dunaju pod Wiedniem. Następnie kreśli linję v , wyrównującą punkty pomiarowe, zawsze jednak w ten sposób, że w pewnym miejscu załamuje tę linję i to z tendencją zmniejszenia wzrostu prędkości ze wzrostem odciętej $R^{1/2} I^{1/2}$. Wszystkie te załomy mają okazać naocznie, że w tem miejscu „szorstkość“ się zmienia, gdyż od tego miejsca następuje „stan górny“ („oberer Zustand“) z ruchem materiału, podczas gdy przy stanach niższych panował „stan dolny“ („unterer Zustand“), bez ruchu materiału.

Podobne wykresy podaje Strickler w swym referacie na Światową Konferencję Siły w Berlinie (1930); ograniczając się już tylko do czterech profilów (Waldshut, Bazylea, Nol, Margrethen), a za nim podają taki wykres Forchheimer dla Bazylei (*Hydraulik*, 1930) i Neményi dla Dunaju pod Wiedniem (*Wasserbauliche Strömungslehre*, 1933), który to ostatni stwierdza, że profil ten i pomiary w nim wykonane „przedstawiają dla formuły Manninga (Gaucklera, wzgl. Stricklera) w każdym razie szczególnie korzystny wypadek“.

Pomijając fakt, że przeważną część pomiarów, na których oparł się Strickler, stanowią pomiary powierzchniowe (np. Ren — Bazylea, na 17 pomiarów 15 powierzchniowych, Ren — Waldshut, na 12 pomiarów 6 powierzchniowych, Dunaj — Wiedeń, na 16 pomiarów 12 powierzchniowych i t. p.) obciążone zreguły większymi błędami, oraz, że pomiar spadku jest zazwyczaj również źródłem błędu, stwierdzić należy, że linje wyrównujące Stricklera, z zaprojektowanymi w nich załomami, polegają na zupełnej dowolności.

Jako próbkę podaje się na rysunkach 1, 2 i 3 reprodukcje wykresów Stricklera: 1) dla Renu pod Bazyleą, 2) Renu pod Margrethen i 3) Dunaju pod Wiedniem. Wyniki pomiarów oznaczone są kółkami, linje wyrównujące Stricklera linją pełną. Jak widać, załomy są przyjęte zupełnie dowolnie⁹⁾, a z równą, a nawet więk-

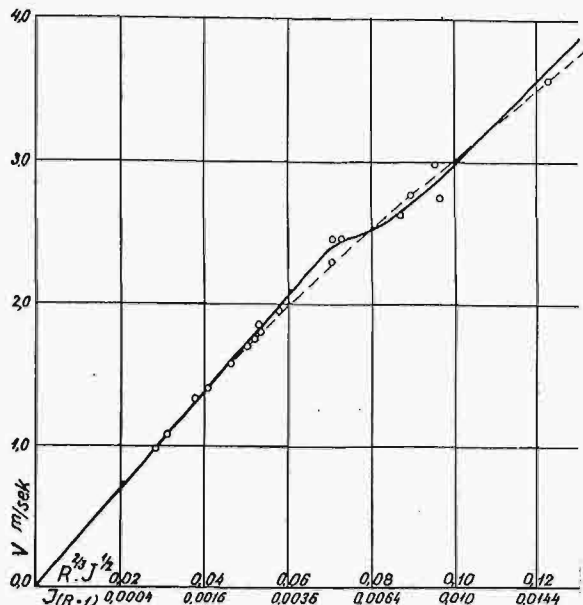
⁶⁾ Może to się zdarzać tylko w górnych biegach, gdzie materiał nie mógł jeszcze ulec częściowemu starciu.

⁷⁾ *Hydraulik* 1930, str. 156, rys. 103.

⁸⁾ *Wasserbauliche Strömungslehre*, Berlin 1933, str. 145, rys. 157.

⁹⁾ Szczególnie załom na rys. 2. nie ma nawet pozoru oparcia o pomiary.

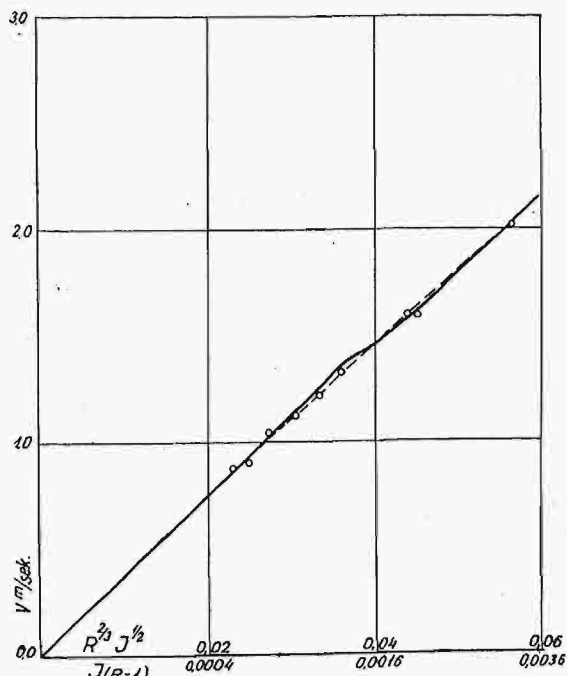
szą słuszością można linie wyrównujące poprowadzić według linii kreskowanych, przyjmując ciągłość wzrostu szorstkości.



Rys. 1.

Blizszego rozpatrzenia wymaga profil 3) na Dunaju pod Wiedniem.

Jak widać z figury, wykreślił Strickler linię wyrównującą z dwoma załomami, dolny jest słabszy, górny znacznie silniejszy. Otóż, jak to wskazują punkty pomiarowe i linia wyrównująca kreskowana, dolny załom jest zupełnie dowolny i konstrukcyjnie nieuzasadniony, górny natomiast, tak jak jest narysowany, t. j. że wyrównuje

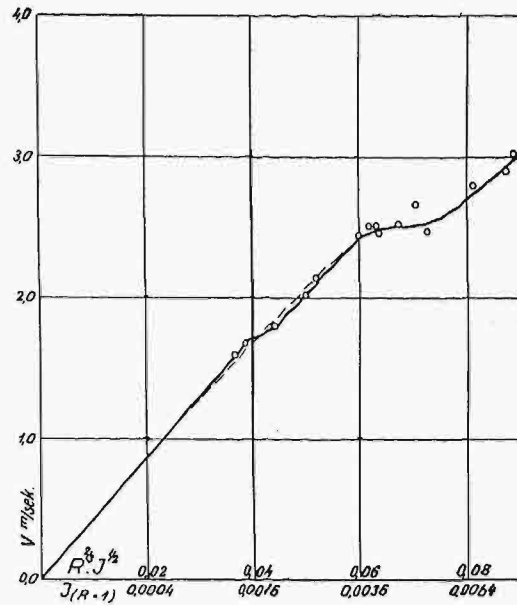


Rys. 2.

rozproszone punkty pomiarowe, robi wrażenie, jakgdyby w tym miejscu profil przepływu nagle się rozszerzał, a prędkość przy wzroście stanu wody nie doznawała zwiększenia. I rzeczywiście Strickler na stronie 9 powołanej publikacji¹⁰⁾ mówi: „Górne przejście (Uebergang) w Wiedniu (załącznik 13) pochodzi stąd, że przy przekroczeniu odpowiedniej wartości R obszar przyległy zo-

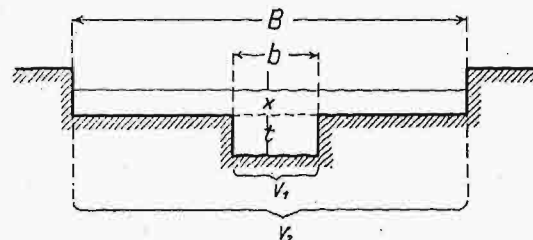
¹⁰⁾ „Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel...“, Bern 1923.

staje zalany, a w nim panują, rzecz jasna, inne warunki szorstkości“.



Rys. 3.

Jak się przedstawia dalszy wzrost prędkości średniej profilu po przekroczeniu wysokich brzegów, ograniczających profil zwykłej wielkiej wody, czyli po objęciu przepływem również i obszarów zalewowych? Rzecz tę wyjaśni następujące rozważanie.



Rys. 4.

Schematyczny rys. 4. przedstawia łóżisko rzeki, złożone z właściwego łóżyska (obejmującego małą, średnią i zwykłą wielką wodę) i z obustronnych obszarów zalewowych. Na średnią prędkość środkowej części profilu, na szerokości właściwego łóżyska „b“, t. j. v_1 , i na średnią prędkość w obrębie całego profilu o szerokości „B“, t. j. v_2 , otrzymuje się według formuły autora następujące wyrażenia:

$$v_1 = 35,4 I^{0,493+10 I} (x+t)^{0,7}$$

$$v_2 = 35,4 I^{0,493+10 I} \left(\frac{Bx+bt}{B} \right)^{0,7}$$

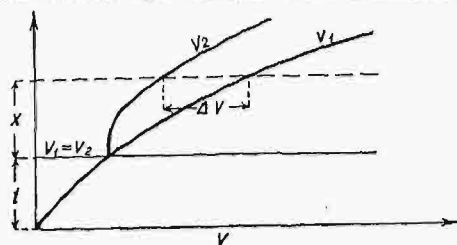
$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{x+t}{x+\frac{b}{B}t} \right)^{0,7}$$

a ponieważ $\frac{b}{B} < 1$, zatem $\frac{x+t}{x+\frac{b}{B}t} > 1$, zaś $v_1 > v_2$.

Wzrost średniej prędkości całego profilu (po przekroczeniu wysokich brzegów), w porównaniu ze wzrostem średniej prędkości gdyby tylko istniała środkowa część profilu, przedstawia się tak, jak to uwidoczniło na rysunku 5.

Na zmniejszenie wzrostu v_2 w porównaniu ze wzrostem v_1 , ($\Delta v = v_1 - v_2$) po przekroczeniu brzegów wpływa jeszcze, prócz zmniejszenia się średniej głęboko-

kości, także znacznie większa szorstkość obszarów zalewowych jak właściwego łożyska¹¹⁾. Z początku, po prze-



Rys. 5.

kroczeniu brzegów, następuje nawet zmniejszenie v_2 w porównaniu z v_1 dla $x=0$, a z powyższych równań możemy wyznaczyć graniczny warunek, dla którego v_2 będzie równe v_1 , obliczonemu dla $x=0$.

$$v_1 = at^{0,7}, \quad v_2 = a \left(x + \frac{b}{B} t \right)^{0,7}, \quad \text{skąd}$$

$$at^{0,7} = a \left(x + \frac{b}{B} t \right)^{0,7},$$

$$x = t \left(1 - \frac{b}{B} \right).$$

Dla $\frac{B}{b} = 1$	2	3	5	10	∞
$x = 0$	$\frac{t}{2}$	$\frac{2}{3}t$	$\frac{4}{5}t$	$\frac{9}{10}t$	t

Z tego przedstawienia rzeczy wynika słuszność starej zresztą zasady, że tak objętości przepływu, jak i średnie prędkości, liczyć należy osobno dla właściwego łożyska, a osobno dla obszarów zalewowych, względnie, przy wieloczęściowym profilu, dla każdej części osobno.

Również i przy badaniach teoretycznych, do których należy także sprawdzanie formuł empirycznych, trzeba profil podzielić na właściwe łożysko i obszar zalewowy, gdyż jeszcze nikt takiej formuły nie zbudował, która by dawała dobre wyniki na średnią prędkość tak profilu jednolitego, zwartego, jak i profilu dwuczęściowego, złożonego z właściwego łożyska i obszaru zalewowego. Formuły te mogą dać dobre wyniki tylko dla profilu jednolitego, lub dla poszczególnych, stosunkowo jednolitych części profilu złożonego i porównanie ich wyników z wynikami pomiarów tylko na tej drodze można przeprowadzić.

Wracając do wykresu Stricklera dla Dunaju pod Wiedniem (rys. 3) zaznaczyć należy, że o ileby wykres ten rzeczywiście oparty był o spostrzeżenia, względnie o wyniki pomiarów, odnoszące się do przepływu w profilu dwuczęściowym, złożonym z właściwego łożyska i obszarów zalewowych, to wykreślonej przez Stricklera linii wyrównującej wartości v , z punktu widzenia w poprzednim ustępie przedstawionego, niczy nie można zarzucić. Tymczasem bliższe zbadanie sprawy, a mianowicie porównanie zestawienia wyników pomiarów na Dunaju pod Wiedniem w pracy Stricklera¹²⁾ z oryginalnym źródłem¹³⁾, wykazuje, że całe to zestawienie Stricklera odnosi się tylko do środkowej części profilu, stanowiącej właściwe łożysko (Strom), z wyłączeniem obszarów zalewowych (Inundationsgebiet). Strickler zatem za-

¹¹⁾ Odnosne badanie zawarte jest w pracy autora p. t.: „Przebieg przez otwary zalewowe rzek“, Lwów 1932; Księga pamiątkowa ku uczczeniu prof. M. Thulliego.

¹²⁾ „Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel“, j. w. Bern 1923.

¹³⁾ „Beiträge zur Hydrographie Oesterreichs“, III H. „Die hydrometrischen Erhebungen an der Donau nächst Wien im Jahre 1897“. Wiedeń 1899.

mieszczając na str. 9 swej pracy powyżej cytowane wyjaśnienie powodu powstania górnego załomu, przeoczył tę okoliczność, że prędkości średnie w jego zestawieniu odnoszą się tylko do właściwego (środkowej części) łożyska, a nie do całego profilu. Jeżeli zatem tak jest, to cały wykres linii wyrównującej (rys. 3) jest zupełnie błędny, a jak dalsze badanie wykaże omawiany drugi załom (górny) linii wyrównującej Stricklera jest zbędny i w świetle rzeczywistych faktów wcale nie istnieje.

Poddamy teraz gruntownej analizie wyniki wszystkich 16-tu pomiarów na Dunaju pod Wiedniem, użytych przez Stricklera, ograniczając się również tylko do środkowej części profilu.

Tabela 1.

Zestawienie wyników pomiarów na Dunaju pod Wiedniem z r. 1897 (część środkowa, właściwe łożysko).

L. p.	Data	Stan wody na wodostanie w profilu	I	T	V z pomiaru	V' z obliczenia wzorem autora
1	3/VIII	533	0,000580	8,68	2,97	2,906
2	2/VIII	513	582	8,48	3,01	2,893
3	5/VIII	474	590	8,08	2,89	2,862
4	6/VIII	377	602	7,11	2,79	2,797
5	7/VIII	251	592	5,91	2,46	2,642
6	18/V	227	588	5,68	2,65	2,610
7	28/V	191	576	5,34	2,52	2,548
8	14—16/IX	149	563	4,95	2,45	2,479
9	4/VI	145	561	4,91	2,51	2,470
10	30/VI	129	557	4,76	2,51	2,428
11	16/VI	104	551	4,52	2,44	2,362
12	7/V	24	518	3,76	2,14	2,062
13	30/VI	5	508	3,58	2,01	1,976
14	19/X	-60	477	3,07	1,81	1,726
15	3/XI	-106	452	2,64	1,67	1,509
16	10/XI	-124	439	2,46	1,59	1,422

Ponieważ zatem prędkości średnie w tem zestawieniu odnoszą się tylko do środkowej części profilu¹⁴⁾, przeto prędkości w wykresie Stricklera (rys. 3) powinny ze wzrostem odciętych $R^{1/2} \cdot I^{1/2}$ stale wzrastać. Rzut oka na ten rysunek wskazuje, że Strickler popełnił tu pomyłkę, zapominając, że prędkości odnoszą się tylko do środkowej części łożyska, a kreśląc linię wyrównującą tak, jakby to było stosowne dla całego łożyska.

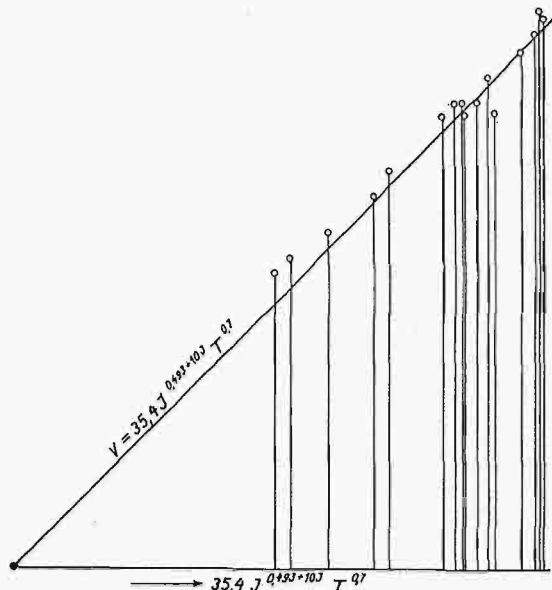
Ale przypatrzmy się jeszcze bliżej wynikom pomiarów wiedeńskich, które, jak widać z rysunku 3-go, są dość rozproszone, muszą więc być obciążone większymi błędami¹⁵⁾. Już samo zestawienie powyższe wskazuje, że te błędy pomiarowe muszą istnieć; tak na przykład między pomiarem 1 a 2 mamy wzrost prędkości pomimo zniżenia stanu wody, pomiar 5-y w porównaniu z sąsiednimi wykazuje prędkość znacznie się odchylającą, a wreszcie pomiary 7, 8, 9 i 10 wykazują prawie taką samą prędkość, pomimo, że skrajne z nich mają znaczną różnicę stanów wody 191 — 129 = 0,62 m.

Jeżeli według metody zastosowanej przez Stricklera naniesiemy na osi odciętych wartości prędkości obliczone według formuły autora ($v = 35,4 I^{0,403} + 10 I T^{0,7}$), zaś

¹⁴⁾ Szerokość zwierciadła w środkowej części profilu zmienia się między pomiarem 1), a 16), tylko od 273,3 do 137,3 m, podczas gdy szerokość zwierciadła całego profilu, wraz z obydwojoma obszarami inundacyjnymi, wynosi przy pomiarze 1) 788,9 m.

¹⁵⁾ Tembardziej, że wszystkie pomiary, z wyjątkiem pomiarów 8-go, 13-go, 15-go i 16-go są pomiarami powierzchniowymi.

na rzędnych wartości prędkości z pomiarów (rys. 6), to widzimy, że prosta wyrównująca, zgodna z wartościami z formuły autora, bardzo dobrze wyrównuje wszystkie pomiary od 3-go do 16-go włącznie, a tylko dwa po-

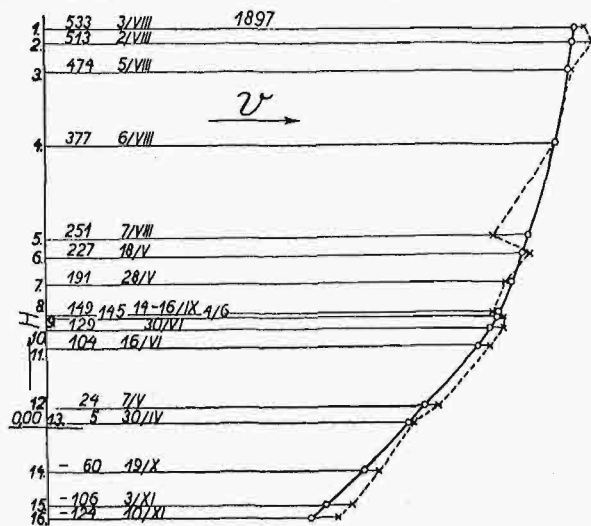


Rys. 6.

miary przy stanach najniższych wyraźnie się od niej odchylają. Pozostawiając wyjaśnienie powodu znacznie większych odchyłek tych najniższych pomiarów do dalszego ciągu niniejszych rozważań, podaje się tu te odchyłki w procentach pomierzonych prędkości.

Pomiar	1	2	3	4	5	6	7	8
Odchyłka ¹⁶⁾ w %	-2,1	-4,2	-1,0	+0,3	+7,4	-1,5	+1,1	+1,2
	9	10	11	12	13	14	15	16
	-1,6	-3,2	-3,2	-3,7	-1,7	-4,6	-9,7	-10,5

Ale jeszcze lepszy pogląd uzyskamy kreśląc krzywą związku prędkości ze stanami wody.



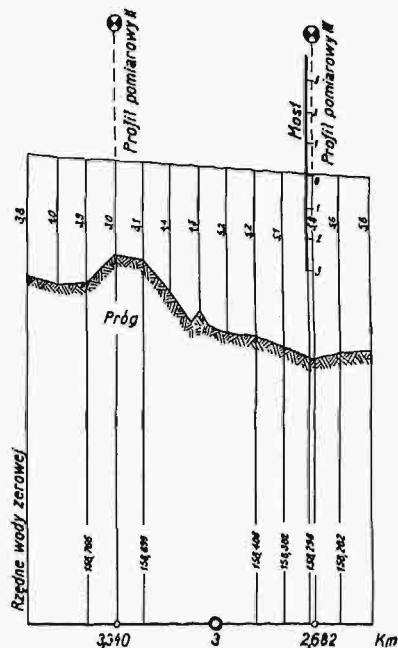
Rys. 7.

Na rysunku 7-ym wykreślono dla rzędnych, przedstawiających stany wody, odcięte przedstawiające średnie prędkości dla wszystkich 16-u pomiarów, przyczem krzyżkami oznaczono prędkości pomierzone, a kółkami prędkości otrzymane z formuły autora; kółka te połączone mocną linią pełno wyciągniętą, natomiast krzyżki linią przerywaną.

Jak widać, linia punktów pomiarowych jest łamana, nieregularna i wykazuje skoki prędkości, nie-

¹⁶⁾ Widać tu również bardzo dobrą zgodność pomiarów zupełnych 8-go i 13-go.

zgodne w kilku punktach ze zmianą stanu wody¹⁷⁾, przyczem jednak linia ta opiera się doskonale o linię łączącą punkty otrzymane z formuły autora, stanowiącą krzywą ciągłą, z jednym tylko punktem załomu w pobliżu pomiaru 8-go. Powód tego załomu jest ten, że od tego punktu, jak to widać z powyższego zestawienia, zaczyna się malenie spadku zwierciadła. Podczas gdy siedm pierwszych pomiarów posiada spadek zwierciadła prawie taki sam, niewiele różny od przeciętnego 0,000587, to od pomiaru 8-go w dół zaczyna się wyraźne i stałe malenie tegoż spadku, wywołane przejściem ruchu jednostajnego w ruch zmienny (opóźniony), gdyż od tego stanu zaczyna się oddziaływanie wybitnego progu, położonego w odległości 658 m powyżej miejsca pomiaru (rys. 8)¹⁸⁾.



Rys. 8.

Nietylko jednak istnienie progu powyżej profilu pomiarowego III (km. 2,682), w którym wykonano wszystkie powyżej omówione 16 pomiarów, oraz pomierzone spadki, coraz to mniejsze przy niższych stanach, wskazują na to, że panuje tu ruch zmienny; stwierdza to także pomiar wykonany w profilu II (km. 3,340)¹⁹⁾ przy tym samym stanie wody, co pomiar 16. Wyniki obu pomiarów przedstawiają się następująco:

Pomiar 16.	Stan wody	Q	F	T	l	V z pomiaru	V z wzoru autora
(prof. III, km. 2,682)	-124	977,5	614,3	2,46	0,000439	1,59	1,422
„ w prof. II, „ 3,340	-124	977,5	630,0	2,31	0,000630	1,55	1,596

Widać tu, że spadek pomierzony przy pierwszym pomiarze, jako spadek „tarcia“, byłby zbyt mały do osiągnięcia prędkości 1,59 m; musiała tu zatem współdziałać większa prędkość nabyta na progu.

Powyższa analiza pomiarów, wziętych przez wymienionego autora za podstawę do wykazania, że wzrost prędkości ze stanem wody nawet w jednolitym profilu nie może być ciągły, gdyż załamuje się w miejscu, w któ-

¹⁷⁾ W oryginalnej publikacji (Centr. Biuro Hydr. wiedeńskie) zaznaczono, że pomiar 5-y odbywał się przy bardzo zmiennym stanie wody. Obliczona tam krzywa konsumcyjna poprawia objętość wyznaczoną z tego pomiaru, a oznaczona z niej średnia prędkość wynosi 2,670 m, zgadza się zatem zupełnie dobrze z wartością obliczoną z formuły. (Beiträge, j. w., tabela 33).

¹⁸⁾ Rysunek 8 jest kopją z „Beiträge...“, Tablica II.

¹⁹⁾ „Beiträge...“, str. 28/29.

Tabela 2*).

Wpływ ruchu materiału na zmniejszenie prędkości.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	L. p.	T_{max} m	F m^2	p m	$R = \frac{F}{p}$ m	Q m^3/sek	I	v m^3/sek	$f(R) = \frac{Q}{1,04 R^{0,7}}$ m	$F(I) = \frac{v}{f(R)}$	Ilość ma- terjału ru- chomego Q_1 gramy/sek	Stosunek ciężarów $\frac{Q_1}{Q}$	ΔT_{max} m	F_1 m^2	$v_1 = Q \cdot F_1$ m	$\frac{v_1}{v}$	U w a g a
Serja I.	1	0,0118	0,000809	0,0459	0,00674	0,000241	0,0568	0,780	0,0814	24,90	0,70	0,00290	0,0002	0,000816	0,762	0,977	wszystek piasek zaległ woda porywa
	2	0,0105	0,000264	0,0435	0,00607	0,000196	"	0,742	0,0292	"	1,48	0,00755	0,0004	0,000278	0,705	0,950	
	3	0,0107	0,000270	0,0430	0,00628	0,000200	"	0,740	0,0299	"	2,64	0,0192	0,0007	0,000295	0,678	0,916	
	4	0,0130	0,000354	0,0435	0,00730	0,000294	"	0,880	0,0332	"	3,30	0,0112	0,0008	0,000384	0,766	0,923	
	5	0,0138	0,000384	0,0502	0,00764	0,000328	"	0,854	0,0342	"	7,50	0,0229	0,0011	0,000426	0,770	0,902	
	6	0,0146	0,000414	0,0519	0,00798	0,000364	"	0,878	0,0354	"	15,50	0,0426	0,0010	(0,000453)	(0,804)	(0,916)	
	7	0,0150	0,000430	0,0527	0,00816	0,000385	"	0,895	0,0358	"	15,50	0,0403	0,0006	(0,000453)	(0,850)	(0,949)	
Serja II.	8	0,0118	0,000309	0,0459	0,00674	0,000308	0,0837	0,996	0,0314	31,50	2,64	0,00857	0,0002	0,000316	0,975	0,979	wszystek piasek zaległ woda porywa
	9	0,0120	0,000317	0,0463	0,00684	0,000333	"	1,050	0,0317	"	3,30	0,00931	0,0005	0,000335	0,994	0,946	wszystek piasek zaległ woda porywa
	10	0,0129	0,000350	0,0483	0,00724	0,000364	"	1,040	0,0330	"	7,50	0,0206	0,0007	0,000376	0,968	0,931	
	11	0,0134	0,000369	0,0494	0,00746	0,000392	"	1,063	0,0338	"	15,50	0,0395	0,0007	(0,000396)	(0,990)	(0,931)	

*) Do wyznaczenia funkcji spadku (F/I) użytkowano również pomiary autora w tem samym łożysku (z r. 1927), podane w pracy: „Formuła prędkości i problem prędkości przy bardzo małych głębokościach“, Lwów 1927, Archiwum Tow. Naukowego Lwowskiego i „Die Geschwindigkeitsformel und das Problem der Geschwindigkeiten bei sehr kleinen Tiefen“, Wiedeń 1927, Zeitschrift des Österr. Ing. u. Arch. Ver. Nr. 43/44, str. 397.

rem rozpoczyna się ruch materiału — prowadzi do wniosku wprost przeciwnego.

Ażeby zdać sobie jasno sprawę z właściwości ruchu materiału w wodzie płynącej, oraz wpływu jego na prędkość przepływu, wykonałem szereg prostych eksperymentów i to w małej skali, umożliwiającej łatwą obserwację tych zjawisk. Jako materiał ruchomy użyto t. zw. biały piasek lwowski z przedmieścia Łyczaków. Jest to zupełnie czysty, kwarcytowy, morski piasek osadowy z trzeciorzędu, niezawierający przymieszek pyłkowych, gliniastych lub ilastych, którego analiza mechaniczna na sitach amerykańskich dała następujące rezultaty (średnia z 5-u analiz):

Wymiar ziarn w mm:	
ponad 0,85	poniżej 0,074
0,85—0,5	0,5—0,36
0,36—0,29	0,29—0,17
0,17—0,14	0,14—0,074
Zawartość w %:	
0,50	4,28
8,09	25,07
45,91	12,13
3,28	0,74
100%	

Ciężar właściwy ziarn tego piasku oznaczono metodą piknometryczną na 2,64 g, zaś ciężar objętościowy na 1,60 g.

Piasek ten, z uwagi na swą czystość, oraz wymiary ziarn, nadaje się szczególnie do tego rodzaju doświadczeń.

Doświadczenie I. Celem jego było zbadanie, do jakich granic można nasycić materiałem ruchomym strumień płynącej wody, oraz jaki wpływ wywrze obecność materiału ruchomego na stan wody w profilu przepływu, powierzchni przekroju i prędkość wody. Jako koryto przepływowe użyto rynnę drewnianą gładką, o przekroju półkolistym 40 mm średnicy, w której badano najpierw przepływ wody czystej, a następnie wody z różnymi ilościami materiału ruchomego.

Materiał ruchomy, t. j. powyżej opisany piasek, wsypywano na początku rynny, starając się o należyte rozdzielanie go na całą szerokość, zapomocą lejków szklanych, różnych wymiarów i zaopatrywanych u wylotu jeszcze wkładkami rurkowymi różnej średnicy. Lejki te dawały, bez względu na wysokość napełnienia, stałą objętość wysypu na sekundę.

Wyniki tych doświadczeń zestawione są w tabeli 2.

W tabeli tej, rubryki 1—10 odnoszą się do przepływu wody czystej, bez materiału ruchomego. W tych samych warunkach, w jakich odbywał się przepływ wody

czystej, przeprowadzono badanie wpływu materiału ruchomego, którego ilość sekundowa, dostarczana lejkami różnych wymiarów, podana jest w rubryce 11-ej. Lejki te, poprzednio dokładnie starowano, oznaczając ich wysyp na sekundę.

Doświadczenia przeprowadzono w ten sposób, że rozpoczynając od stosunkowo mniejszych objętości materiału ruchomego, zwiększano je następnie (przy następnych doświadczeniach), jednak tylko do tego stopnia, aby woda mogła unieść cały materiał, nie pozostawiając po przerwie dopływu wody i sypania materiału, żadnych złoży w rynnie. W rubryce 12-ej podany jest stosunek ciężarowy ilości piasku do ilości wody na sekundę; jak widać, przy 11-u przeprowadzonych doświadczeniach stosunek ten zmienił się, okrążyło biorąc, o 0,003 do 0,04, czyli piasku w wodzie było ciężarowo 0,3%—4%, a objętościowo (przy ciężarze właściwym piasku 2,64 g) 0,11—1,5%. Są to bardzo znaczne ilości materiału ruchomego, ale musiano tu operować takimi ilościami, gdyż chodziło o wyraźne skonstatowanie różnic stanu wody przy przepływie wody czystej i obciążonej materiałem ruchomym. Z tego powodu musiano dać rynnie bardzo znaczny spadek (rubr. 7), aby uzyskać taką prędkość (rubr. 8), która by porywała wszystek materiał. Jak wynika z wymiarów rynny i z zestawionych prędkości, był to już przepływ rwący, a na podstawie obserwacji stwierdzono, że przeważna ilość materiału sunęła się po dnie rynny.

Rubryki 13 do 16-ej podają wyniki uzyskane przy przepływie wody obciążonej materiałem ruchomym. Doświadczenia 1, 2, 3, 4, 5, oraz 8, 9 i 10, dały wyniki odpowiednie i zgodne, natomiast doświadczenia 6 i 7, oraz 11, niezgodne, gdyż w pierwszych dwóch wypadkach przeciążenie wody materiałem było zbyt duże, a materiał tworzył złoża w rynnie, w trzecim zaś, wprawdzie woda wszystek materiał porywała, jednak ruch materiału i tu nie odbywał się jednostajnie. Z tego powodu uwzględniono w dalszym ciągu tylko wyniki doświadczeń 1—5 i 8—10.

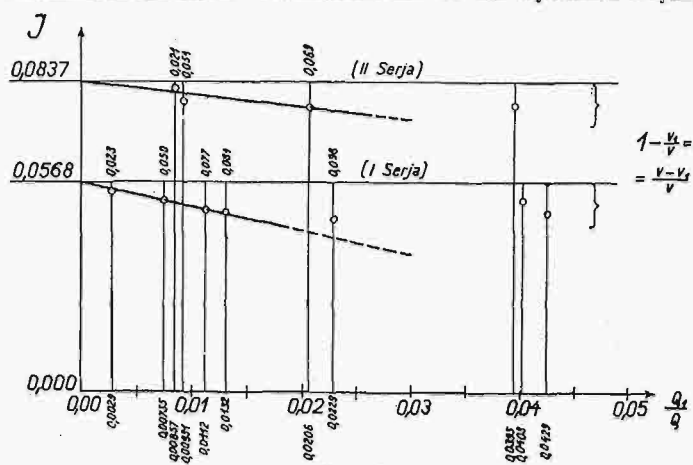
Rubryka 13. wykazuje, że wzrost stanu wody²⁰⁾ przy pierwszej serji doświadczeń (spadek 0,0568) wynosił zależnie od ilości materiału, od 0,2 do 1,1 mm, czyli 1,7 do 8% głębokości T_{max} , przy serji drugiej (spadek 0,0837, przy której rozpoczęto dopiero od trzeciej wiel-

²⁰⁾ Oznaczonego zapomocą pionowej, ruchomej podziaki z ostrym kolcem.

kości lejka) 0,2—0,7 mm, czyli 1,7 do 5,5% głębokości T_{maz} . Wynika z tego, że wzrost stanu wody jest znaczny, a przy pewnej ilości materiału większy przy spadku mniejszym, a mniejszy przy spadku większym.

Rubryka 14. podaje zwiększoną powierzchnię przekroju, a rubryka 15. zmniejszoną prędkość przy ruchu materiału v_1 . Wreszcie rubryka 16. podaje stosunek $\frac{v_1}{v}$

t. j. prędkości przy ruchu materiału i prędkości czystej wody. Z wyników tu zestawionych wynika, w miarę dodawania coraz większych ilości materiału prędkość znacznie zmalała, a w tym samym stosunku wzrastała powierzchnia profilu. Uwidoczniono to na rysunku 9-ym,



Rys. 9.

na którym na osi odciętych odmierzano stosunki $\frac{Q_1}{Q}$ t. j. ilości materiału do ilości wody (ciężarowo), a od dwóch poziomów górnych, znamionujących spadki obu seryj odmierzano w dół jako rzędne stosunki $\frac{v-v_1}{v}$.

Wynika z tego, że zmniejszenie prędkości, a zatem i zwiększenie powierzchni przekroju przepływu wynosiło przy pierwszej serji doświadczeń okr. od 2,3—10%, przy drugiej od 2,1 do 7%, było zatem bardzo znaczne.

Jakkolwiek z doświadczeń tych, z uwagi na ich małą ilość i niewielką skalę, przedwcześnie byłoby wyciągać wnioski pod względem ilościowym, to jednak stwierdzają one, że przy silnym ruchu materiału (wielki spadek łożyska rzeki, wysoki stan wody, duży dopływ materiału ruchomego z dorzecza, dno i brzegi złożone z materiału ruchomego) powstają znaczne opory przepływu, co wywołuje również znaczne powiększenie przekroju przepływu, a zmniejszenie prędkości.

Doświadczenia te mają ten związek z omawianym tematem, że wykazują stałe zmniejszanie się prędkości, a wzrost stanu wody i powierzchni profilu, w miarę powiększania ilości materiału ruchomego, aż do tej maksymalnej ilości, którą woda może na podstawie swej siły poruszającej unieść.

Doświadczenie II. Celem jego było wykazanie stopniowego porwania przez wodę coraz to większych ziarn materiału w miarę wzrostu siły poruszającej wody, a więc w związku ze wzrostem charakterystyki tej siły, t. j. iloczynu $T \cdot I$, wywołanej wzrostem głębokości T , lub też spadku I .

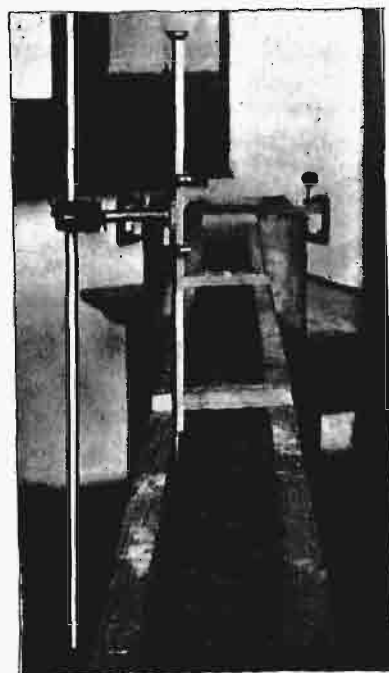
Doświadczenie wykonano w rynn timer drewnianej prostokątnej, 10 cm szerokiej i 10 cm głębokiej, a ponad 3 m długiej, na której dnie ułożono warstwę 24 mm grubą tego samego piasku, co przy doświadczeniu pierwszym, t. j. białego piasku lwowskiego, którego skład podany został powyżej. Wodę czystą wprowadzono najpierw do komory uspokajającej, skąd dostawała się do koryta doświadczalnego. Objętość wody mierzono metodą wolumetryczną, wpuszczając ją do osobnego zbiornika i mierząc

potem całą objętość jaka przepłynęła przez koryto w ciągu całego doświadczenia. W tym samym zbiorniku gromadził się i materiał ruchomy porwany z dna rynny, który następnie, po odłączeniu go od wody i osuszeniu, poddawano analizie mechanicznej, zapomocą tych samych sit, co przy doświadczeniu pierwszym. Razem wykonano pomiarów 7, a wyniki ich podaje następująca ta-



Rys. 10.

bela 3-cia, w której w kolumnach 2—6, podano wielkości dotyczące przepływu wody, w kolumnie 7 czas trwania badania, w kolumnach 8—10 wielkości dotyczące ilości uniesionego z koryta materiału, w kolumnie 11 różnicę



Rys. 11.

między wysokością wytworzonych progów a sąsiednich zagłębieniach, a w kolumnie 12 analizę mechaniczną materiału uniesionego z koryta przy poszczególnych 7-u badaniach. Stan wody i głębokość oznaczano zapomocą pionowej ruchomej podziałki z kołcem u spodu. Spadek oznaczano zapomocą tej podziałki i instrumentu niwelacyjnego. Urządzenie doświadczenia i samą rynnę z ma-

Jeżeli zatem przyjrzymy się wynikom zestawionym w tabeli 3-iej, to skonstatujemy, że przy wszystkich doświadczeniach, przy których odbywał się ruch materiału (2—6), wszystkie sorty piasku reprezentowane w wyniku analizy mechanicznej piasku użytego do eksperymentu, znajdują się i we wszystkich wynikach analiz mechanicznych materiału uniesionego z koryta i to prawie w tym samym stosunku procentowym. Nieregularności pewne wykazuje tylko doświadczenie 2, przy którym jednak ruch materiału ilościowo był jeszcze minimalny, tak, że może skład materiału uniesionego był jeszcze dość przypadkowy. Jeżeli jednak porównamy analizę ogólną materiału przed doświadczeniem i analizę średnią z analiz materiału uniesionego przy pięciu doświadczeniach (t. j. 3—7), to skonstatujemy interesujący wynik.

Wymiar ziarn w mm.

1. Ogólna analiza przed doświadczeniem	ponad			
	0,85	0,85—0,5	0,5—0,36	0,36—0,29
Zawartość w %	0,50	4,28	8,09	25,07
	razem 38,0%			
	0,29—0,17	0,17—0,14	0,14—0,074	poniżej
	45,91	12,18	3,28	0,74
	razem 62,0%			
2. Średnia analiza z doświadczeń 3—7 (materiał uniesiony)	0,21	3,62	5,83	14,04
Zawartość w %	razem 23,7%		76,3%	

Widzimy tu, że cztery grubsze sorty miały znacznie mniejszy udział w ruchu materiału, a natomiast cztery drobniejsze znacznie większy. Ilustruje to dobrze usuwanie materiału drobniejszego z górnej części rzeki i przenoszenie go w dół.

Przeprowadzone doświadczenia zilustrowały do pewnego stopnia również przebieg tworzenia się progów w dnie. Równocześnie z rozpoczęciem ruchu materiału rozpoczęły się wykształcać progi w dnie; już przy doświadczeniu 3. były one pięknie wykształcone i przebiegały prawie prostopadle do ścian koryta, a odstęp ich wynosił około 10 cm, był zatem równy szerokości koryta. Wysokość progów, t. j. różnica wysokości korony progów i dna, w zagłębieniu dna poniżej progów, wynosiła tu 12—15 mm. W miarę powiększania ilości przepływającej wody, progi zmieniały swe położenie, odstęp ich się zwiększał, a nadto nie były już prostopadle do kierunku łóżyska, lecz tworzyły linię dwukrotnie załamana, charakterystyczna sinusoidalny przebieg nurtu. Przytem wysokość progów stale wzrastała, a mianowicie od 8 mm przy doświadczeniu 2-em, do 30 mm przy doświadczeniu 6-em. Doświadczenie 7-e wykazuje już bardzo silny ruch materiału i ogólne wzruszenie materiału dna, co objawiło się w pewnym zatarciu progów i zmniejszeniu ich wysokości.

Obserwacje te budzą pewne refleksje. Hydrotechnicy przyjmują powszechnie, że wielka woda podnosi progi, a pogłębia wyboje poniżej progów (w linjach wklęsłych). Byłoby to zgodne z powyższymi spostrzeżeniami, jednak zachodzi pytanie, czy ta zmiana wysokości jest znaczna? Według powyższych spostrzeżeń należałoby się spodziewać, że ten wzrost wysokości progów jest znaczny. Powtóre doświadczenie powyższe wykazało zmianę miejsca położenia progów i zmianę ich odstępu. Otóż znowu wiemy, że ławice żwirowe na rzekach przy wielkiej wodzie przesuwają się, czyli wędrują — czy to jest w związku z przesuwaniem się progów, względnie, czy oznacza to samo? Jeżeli rzeczywiście w łóżysku prostoliniowym następuje w czasie wielkiej wody przesuwanie się progów, to sinusoidalny kształt łóżyska możnaby określić jako obronę przed zmianą położenia progów i naruszeniem jego stałości.

Wszystko to są pytania niezmiernej wagi i podstawowego znaczenia dla rozwoju naszej wiedzy o przyro-

dzie rzek i mogą być rozwiązane tylko zapomocą ścisłych badań, tak laboratoryjnych, jak i w przyrodzie. Celem ich przedyskutowania przeprowadziłem w ostatnim czasie korespondencję z zasłużonym badaczem, ojcem doświadczalnictwa niemieckiego, profesorem Engelsem. Okazało się, że Engels przeprowadził przed dwoma laty w stacji doświadczalnej w Obernach w Bawarii, instytutu badawczego dla budownictwa wodnego i siły wodnej, liczne doświadczenia nad zachowaniem się dna w łóżyskach prostoliniowych i obecnie przystępuje do opracowania nagromadzonego materiału, obiecując zająć się również powyżej poruszoną kwestią. Gdy zaś doświadczenia przeprowadzone w Obernach mają charakter badań w dużej skali (Versuch im Grossen), należy się spodziewać z nich doniosłych wyników *).

Powyższe badania eksperymentalne przeprowadzono raczej tylko dla naocznego przedstawienia stopniowego wznagania się ruchu materiału rzeczno-ego ze wzrostem stanu wody, przyczem w miarę wzrostu tegoż stanu, a wraz z nim głębokości i prędkości, coraz grubsze ziarna przechodzą ze stanu spoczynku w ruch. Jest to zresztą zupełnie zrozumiałe i logiczne, a Schoklitsch²³⁾ wyraża się w związku z tem w sposób następujący: „Przy materiale mieszanym nie można mówić o granicznej sile poruszającej, gdyż ziarna różnej wielkości przy innej sile poruszającej, względnie przy innym przepływie przechodzą w ruch“. Podobnie stwierdzono w książce Weyrauch — Strobel²⁴⁾, że pojęcie granicznej siły poruszającej potrzebne jest tylko dla orientowania się w przyrodzie na podstawie wartości przeciętnych. Do tego dodać należy, że w rzekach następuje w czasie poruszania materiału przez wodę sortowanie tegoż materiału. Przy opadaniu stanu wody maleją głębokości i prędkości i następuje osadzanie materiału; najpierw opada materiał najgrubszy, a potem coraz drobniejszy, skutkiem czego w złożach mamy, idąc ku dołowi, materiał coraz grubszy. To samo zjawisko potwierdza Schoklitsch (str. 7 i 8), odnośnie do t. zw. wędrujących ławic materiału, w których na całej wysokości występuje sortowanie (Entmischung) materiału, przyczem ziarna układają się w ten sposób, że najgrubsze są u spodu, a najdrobniejsze na wierzchu ławicy. Powstaje bowiem na przodzie ławicy, przy przejściu prądu ponad ławicą do wody głębokiej, wir o osi poziomej, sprawiający, że gruby materiał stacza, względnie zesuwa się na spód głowy ławicy, podczas gdy materiał miękki utrzymywany jest jeszcze przez ten wir w zawieszaniu.

Jest rzeczą jasną, że skutkiem takiego ułożenia materiału rzeczno-ego na dnie, w okresie podnoszenia się stanu wody musi następować również i z tego powodu stopniowe uruchamianie coraz to grubszych ziarn materiału.

Taka jest zasada ogólna i z pewnością inną być nie może. Jednak sprawdza się ona w pewnych częściach rzeki lepiej, ściślej, a w pewnych gorzej. Tak na przykład na rzekach nizinnych, względnie nizinnych partjach rzek,

*) Nadesłane w ciągu druku niniejszego artykułu uwagi prof. Dr. h. c. Engelsa streszczają się następująco:

1. Ponieważ formuły empiryczne na średnią prędkość opierają się na pomiarach obejmujących i wysokie stany, przy których panował już ruch materiału — uwzględniają zatem i wpływ ruchu materiału na prędkość.

2. Spostrzeżenia poczynione w małym korycie doświadczalnym we Lwowie, zgadzają się w zupełności z moimi, uzyskanymi na podstawie doświadczeń w Dreźnie i tu w Obernach.

3. Wielka woda przesuwają progi w kierunku podłużnym; zjawiskiem równoległym są wędrujące ławice. (List z 18. VI. 1934).

²³⁾ „Geschlebebewegung in Flüssen und an Stauwehren“, Wiedeń 1926, str. 18.

²⁴⁾ „Hydraulisches Rechnen“, Stuttgart 1930, str. 80.

gdzie materiał jest już dobrze przetarty, a do rzeki spływają już duże ilości materiału bardzo miążkiego z piaszczystych i gliniastych brzegów, zasada ta stosuje się lepiej, natomiast na partji górnej, tam, gdzie rzekę nazywamy rzeką górską, zasada ta stosuje się mniej dokładnie, gdyż w złożach ilość materiału drobnego jest stosunkowo niewielka, natomiast przeważa materiał gruby²⁵⁾. Stąd też okresy wydatniejszego ruchu materiału dają na rzekach górskich w sumie z pewnością znacznie mniejszą ilość dni w roku, jak na rzekach nizinnych. Tak samo można dopuścić w pewnych wypadkach istnienie w nich t. zw. opancerzenia dna, to znaczy wyższej wytrzymałości dna, gdy materiał drobniejszy zostanie wypłókan, a zostanie czasowo tylko gruby, przyczem poszczególne ziarna są płasko i w sposób zbity ułożone. Te wszystkie wypadki nie mogą jednak naruszyć zasady ogólnej.

Dodać jeszcze należy, że rodzaj i sposób ułożenia złożu materiału pod względem zmieszania i układu ziarn zależy w dużym stopniu od następstwa wezbrań po sobie i ich wysokości. Małe wezbranie zdoła poruszyć tylko drobniejszy materiał, natomiast wysokie porusza i grube ziarna, a dopiero przy maximalnej wielkiej wodzie najgrubsze ziarna zaczynają się posuwać. Z tego powodu, zależnie od wysokości i czasu trwania wezbrań po sobie następujących, nastąpi różne uwarstwienie złożu, przyczem i przemieszanie materiału będzie różne. Poza to w jednym i tym samym profilu, w różnych jego częściach, jest różny skład materiału dna pod względem grubości ziarn; na brzegu wklęsłym mamy materiał miążki i namul, który najpóźniej opadł w czasie wezbra-

dzielne pasy złożonego na nim piasku, równoległe do kierunku prądu.

Z tych wszystkich powodów pojęcie granicznej siły poruszającej S_0 , wprowadzonej do wzoru na sekundowy przepływ materiału ruchomego na 1 m szerokości łozyska, przez Du Bois:

$$q = \psi S(S - S_0),$$

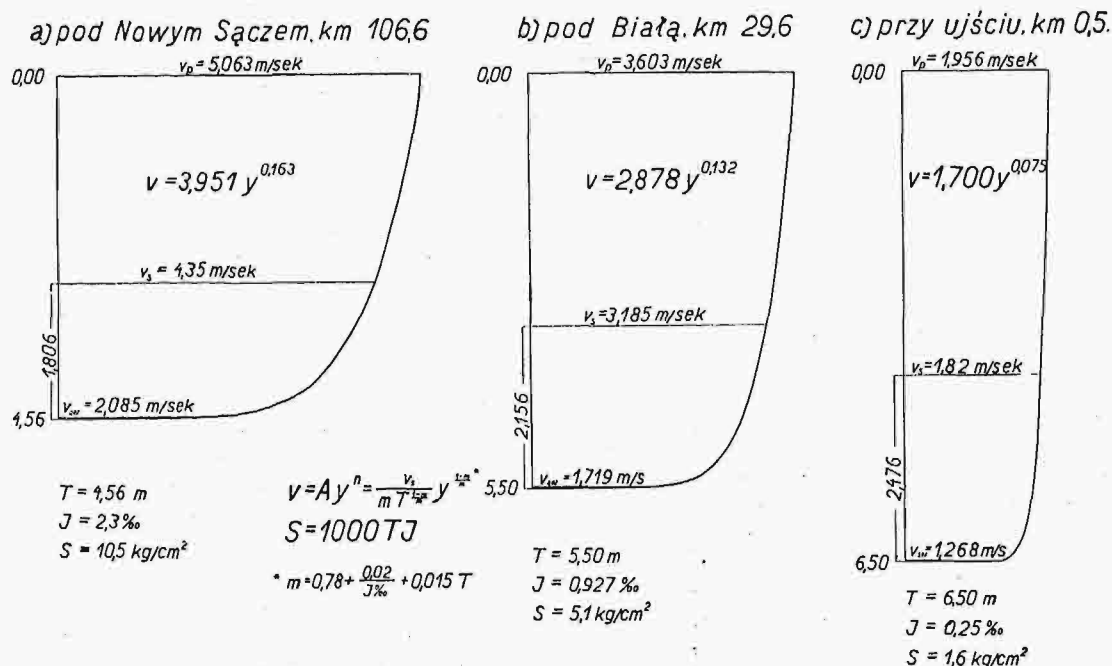
a związane z założeniem, że ruch materiału zaczyna się dopiero od pewnego (wyższego) stanu, nie jest ściśle i raczej odnosi się do pewnej (przeciętnej) grubości materiału, a poza to lepiej się stosuje do górnych biegów, jak do średnich i dolnych.

Charakterystycznym jest pod tym względem, że w podręczniku „Hydraulisches Rechnen“²⁶⁾, chcąc podać przykład obrachowania przepływu rumowiska według powyższego wzoru, wybrano rzekę wybitnie górską, a mianowicie Rienz pod Vintl w Pustertal, której $I = 0,0036$, $Q_{max} = 450 \text{ m}^3/\text{sek}$, zaś S_0 przyjęto aż $3,65 \text{ kg/m}^2$, a zatem większe jak dla Izary pod Monachjum, Innu między Insbrukiem i Kufstein ($S_0 = 3 - 3,3 \text{ kg/m}^2$), odpowiadające już grubemu żwirowi, co równocześnie zakłada, że w dnie profilu nie było ani grubego piasku, ani drobnego żwiru, ani wreszcie grubszego żwiru, dla których S_0 według powyższego podręcznika byłaby $0,6 - 0,7 \text{ kg/m}^2$, $1,25$ i $3,0 - 3,3 \text{ kg/m}^2$. Jeżeli wreszcie S_0 było $3,65 \text{ kg/m}^2$, to z wzoru

$$S_0 = 1000 t_0 I \text{ kg/m}^2$$

przy $I = 0,0036$ otrzymuje się średnią głębokość $t_0 = 1,014 \text{ m}$, średnią prędkość $v_{s,0} = 1,82 \text{ m/sek}$, a dla

Pionowe krzywe prędkości Dunajca przy max. stanu wody.



Rys. 12.

nia, natomiast na brzegu wypukłym materiał grubszy, złożony już wcześniej. Obserwując w styczniu b. r. płytki, niepokryty lodem, profil Dunajca pod Nowym Sączem (most drogowy), widziałem, przy dobrym słonecznym oświetleniu dna, na podłożu z grubego żwiru nawet od-

środkowej części profilów z pewnością ponad 2 m, co odpowiada już grubemu materiałowi.

Trzy pionowe krzywe prędkości, oznaczone według metody autora²⁸⁾, dla trzech punktów Dunajca przy absolutnym maximum stanu wody²⁹⁾, a mianowicie: a) pod

²⁵⁾ Hydrologicznie biorąc, podział rzeki na część górską i część nizinną jest w wysokim stopniu niewystarczający — brakuje określenia części pośredniej. Przeciętnie biorąc ta część leży może między spadkami wyrównanymi $1^0/00$ i $0,4^0/00$, granice te jednak, zależnie od wielkości i charakteru rzeki i zlewni, mogą ulegać dużym wahaniom. W każdym razie zdefiniowanie tej części pośredniej pod względem hydrologicznym byłoby bardzo wskazane.

²⁶⁾ Weyrauch — Strobel, j. w., Stuttgart 1930, str. 84.

²⁸⁾ „Ogólny kształt i równanie pionowej krzywej prędkości dla rzek...”. Lwów 1933. Archiwum Lwowskiego Towarzystwa Naukowego.

²⁹⁾ W roku 1934, po napisaniu niniejszego artykułu, stany w. w. były jeszcze wyższe; w Nowym Sączu o $0,84 \text{ m}$, przy ujściu (Siedliszówce) o $2,34 \text{ m}$.

Nowym Sączem, gdzie stanowi on silną rzekę górską, b) pod Białą, gdzie jest przejście między górnym a średnim biegiem i c) przy ujściu, gdzie ma już spadek mały i drobny materiał w dnie, przedstawia rysunek 12-y³⁰⁾.

Widzimy tu nietylko znaczne średnie prędkości, malejące jednak w dół rzeki, ale również duże jeszcze prędkości przydenne, które w wysokości 2 cm nad dnem wynoszą:

³⁰⁾ W wyrażeniu na m ma być zamiast $I^0/00$, $I^{0,7}/00$.

a) pod Nowym Sączem 2,085 m b) pod Białą 1,719 m c) przy ujściu 1,268 m

Ponieważ zaś te prędkości przydenne są przy stacjach niskich bardzo małe i wzrastają ze stanem wody aż do powyższych wartości, przeto i ruch materiału tak pod względem ilościowym, jak i pod względem grubości ziarn wprawionych w ruch, musi się w miarę wzrostu stanu wody wzmacniać, a przez to wywoływać stopniowy wzrost utrudnienia przepływu wody.

Inż. J. Z. Zaleski.

Upodobnianie powietrza miejskiego do górskiego.

Jednym z ostatnich zagadnień, nad którym osobiście pracował i eksperymentował Pan Prezydent Rz. P. prof. dr. Ignacy Mościcki, był problem stworzenia w lokalach miejskich warunków możliwie zbliżonych do tych, jakie spotykamy w okolicach górskich. Problem ten posiada znaczenie nietylko dla sanatorjów i szpitali, ale też dla szkół, biur i innych zakładów pracy, gdzie brak odpowiedniego powietrza obniża znacznie jej wydajność, działając przytem systematycznie w sposób niekorzystny na organizm.

Powszechnie znaną jest rzeczą, że klimat wywiera na ustrój człowieka, świat zwierzęcy i roślinny wpływ dominujący. W zależności od charakterystycznych jego cech odróżniamy: klimat morski, lądowy, górski, słoneczny i t. d. W każdym z nich zasadniczą rolę odgrywa powietrze, o którego z kolei wartości dla organizmów stanowi jego czystość, ciśnienie, temperatura, wilgotność, ruch, stan jonizacji i t. d.

Głównymi czynnikami charakterystycznymi dla klimatu górskiego są: niższe ciśnienie powietrza, jego duża czystość, nieznaczne ilości ozonu, większa ilość promieni nadfioletowych oraz mała ilość jonów dużych przy równoczesnym wzroście małych.

Zmniejszone ciśnienie powietrza, jakkolwiek wywiera pewien wpływ na organizm ludzki — np. zwiększa ilość czerwonych ciałek krwi, wzmacnia jej krążenie i t. p. — to jednak nie jest czynnikiem zasadniczym, a raczej pożądanym w pewnych tylko wypadkach, gdyż wiemy, że i klimat morski, o normalnem ciśnieniu, znany jest z korzystnego działania zdrowotnego. Opierając się na powyższem, oraz zdając sobie sprawę z trudności technicznych przy realizacji tego zagadnienia, Pan Prezydent zaniechał sztucznego odtwarzania tego czynnika.

Znaczenie czystości powietrza dla organizmu ludzkiego wynika ze stosunku ilościowego pobieranych przez człowieka produktów. I tak np. przeciętne zapotrzebowanie w ciągu doby człowieka dorosłego w strefie umiarkowanej wynosi około:

1,4 kg pożywienia stałego;
1,8 kg wody,
15,0 kg powietrza.

Wobec powyżej przytoczonych cyfr staje się jasnym, że stopień czystości powietrza, a zatem ilość wprowadzonych z niem zanieczyszczeń — czy to gazowych, czy pod postacią zawiesin — do przewodów oddechowych, nie może pozostać bez wpływu na organizm ludzki. O dużych brakach pod tym względem powietrza pokojowego świadczą badania przeprowadzone przez Państwowy Zakład Higjeny, z których wynika, że powietrze w czysto utrzymanej sali tego Zakładu zawiera więcej zanieczyszczeń, niż zewnętrzne powietrze miejskie. Można sobie zatem wyobrazić, jak przedstawia się kwestja czystości powietrza w biurach, szkołach i t. d. Powietrze zewnętrzne zawiera normalnie głównie cząstki duże, które zatrzymują się łatwo w przewodach nosa, a zatem większej roli nie odgrywają, natomiast o szkodliwości dla organizmu

decydują duże ilości cząstek drobniejszych, które wraz z powietrzem wnikają w głąb narządu oddechowego.

W pewnych dolegliwościach, jak np. u astmatyków z objawami przeczulicy — odpowiednie powietrze stanowi główny środek leczniczy. Dla tego rodzaju chorych Storm van Leeuwen skonstruował specjalne kamery o lakierowanych ścianach, przytem wewnątrz znajdujące się przedmioty podlegały sterylizacji. Wentylowania tych kamer dokonywano za pomocą powietrza filtrowanego względnie wymrażanego i następnie podgrzewanego do temperatury pokojowej.

Oprócz czystości i innych właściwości powietrza, o których będzie mowa niżej, decydujący wpływ na samopoczucie organizmu ma jego temperatura, wilgotność względna i ruch. Organizm ludzki reaguje nie na bezwzględną ilość pary wodnej w powietrzu, lecz na wilgotność względną.

Trzy wyżej wymienione cechy, stanowią w dużej części o tem, że w danem powietrzu czujemy się lepiej lub gorzej; rozumie się, że jest to sprawa indywidualnego wycucia, a zatem wartości poszczególnych z nich ulegają w pewnych granicach wahaniom. Czynniki te zazębiają się o siebie, a zależność ta łączy się ściśle z równowagą bilansu cieplnego naszego organizmu.

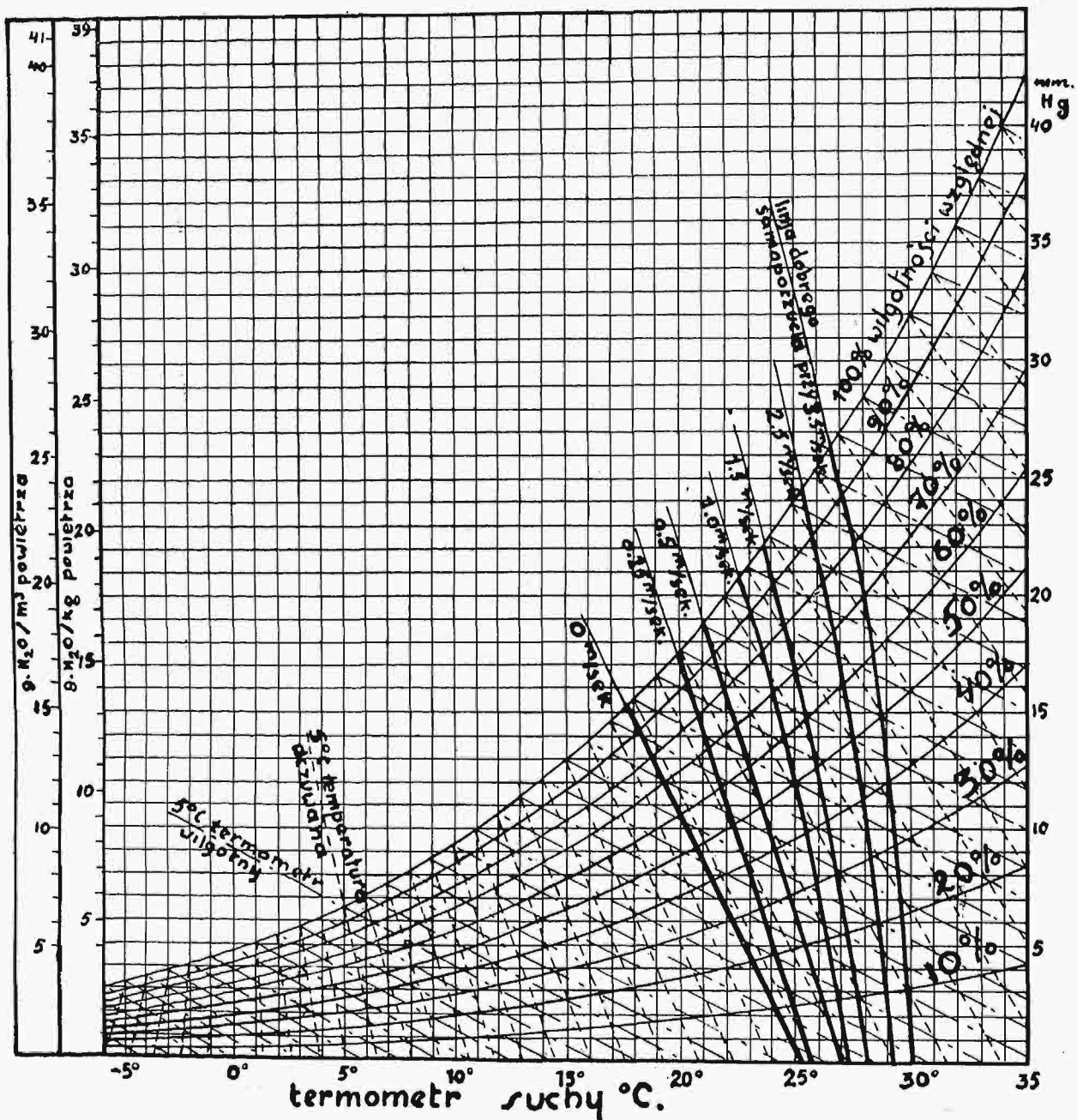
Normalną równowagę fizjologiczną okazuje nasz organizm, gdy temp. ciała wynosi ok. 37° C. Ważną jest zatem rzecz zachowanie równowagi między ilością kaloryj produkowanych przez organizm a ich ubytkiem na skutek promieniowania i konwekcji względnie parowania na powierzchni.

W powietrzu nieruchomem, np. dla człowieka pozostającego w spoczynku przy 50% wilgotności względnej normalnie odpowiednią będzie temp. ok. 23° C, a dla człowieka będącego w ruchu odpowiednio niższa.

Przy wzroście względnie spadku temp. odpowiedniej dla danego organizmu, w określonych warunkach, równowaga cieplna zostaje zachwiana. Przy wzroście np. temperatury organizm zaczyna tracić mniej kaloryj, niż produkuje, wówczas dla zachowania równowagi następuje wzrost powierzchniowego odparowywania przez skórę lub przez płuca.

Oдноsne wyniki badań dobrego samopoczucia w zależności od temperatury, wilgotności względnej i ruchu powietrza przeprowadzone na szeroką skalę w Ameryce, uwiadcniają wykresy 1 i 2.

Na wykresie 1 uwiadczniono zależność dobrego samopoczucia od temp. (°C), wilgotności (%) i ruchu powietrza (m/sec). Jeśli np. w danych warunkach odpowiednią będzie temp. 20° przy 60% wilgotności i ruchu powietrza 0 m/sec — to przy spadku wilgotności do 40% a zachowaniu warunku odnośnie ruchu powietrza odpowiednią będzie temp. 21,4°. Jeśli zaś nie zmieniając wilgotności zwiększymy ruch powietrza, — to dla zachowania równowagi bilansu cieplnego naszego organizmu (dobrego samopoczucia) musimy podnieść odpowiednio temperaturę i t. d.



Wykres 1.

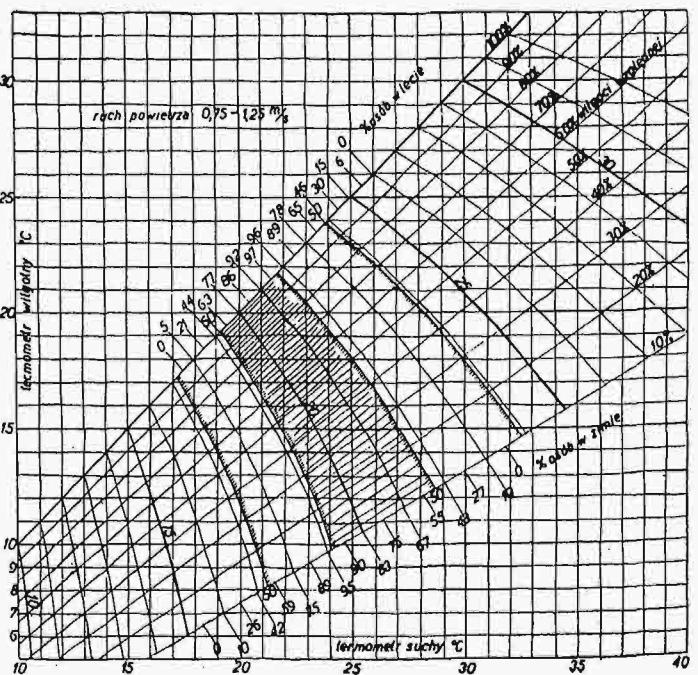
Na wykresie 2 na osi odciętych zaznaczono temperaturę termometru suchego, a na osi rzędnych wilgotnego. Dla wilgotności 100% wskazania obu termometrów będą jednakowe, a ze spadkiem wilgotności termometru wilgotnego odpowiednio niższe.

Linie krzywe wskazują dobre samopoczucie w zależności od temp. i wilgotności względnej przy ruchu powietrza 0,75—1,25 m/sek. Z wykresu tego widzimy, że istnieje pewien rejon, w którym większość badanych osób (ponad 50%) czuje się dobrze, przyczem rejon w porze letniej przesuwa się ku temperaturom wyższym. Przy np. 50%-owej wilgotności i ruchu powietrza 0,75—1,25 m/sek odpowiedni zakres temperatur w lecie wynosi 21,7—27,9° (opt. ok. 25°), a w zimie 19,3—25,0° (opt. ok. 21,6°).

Odnosnie do zawartości pary wodnej to organizm nasz czuje się najlepiej w granicach 45—65% wilgotności względnej.

Jeśli idzie o klimat górski, to odznacza się on na ogół mniejszą wilgotnością.

Jak widzimy z powyższego, odpowiednia temperatura i % wilgotności mogą zapewnić dobre samopoczucie bez uciekania się do nadmiernego ruchu powietrza, który to czynnik jest niepożądanym w lokalach zamkniętych.



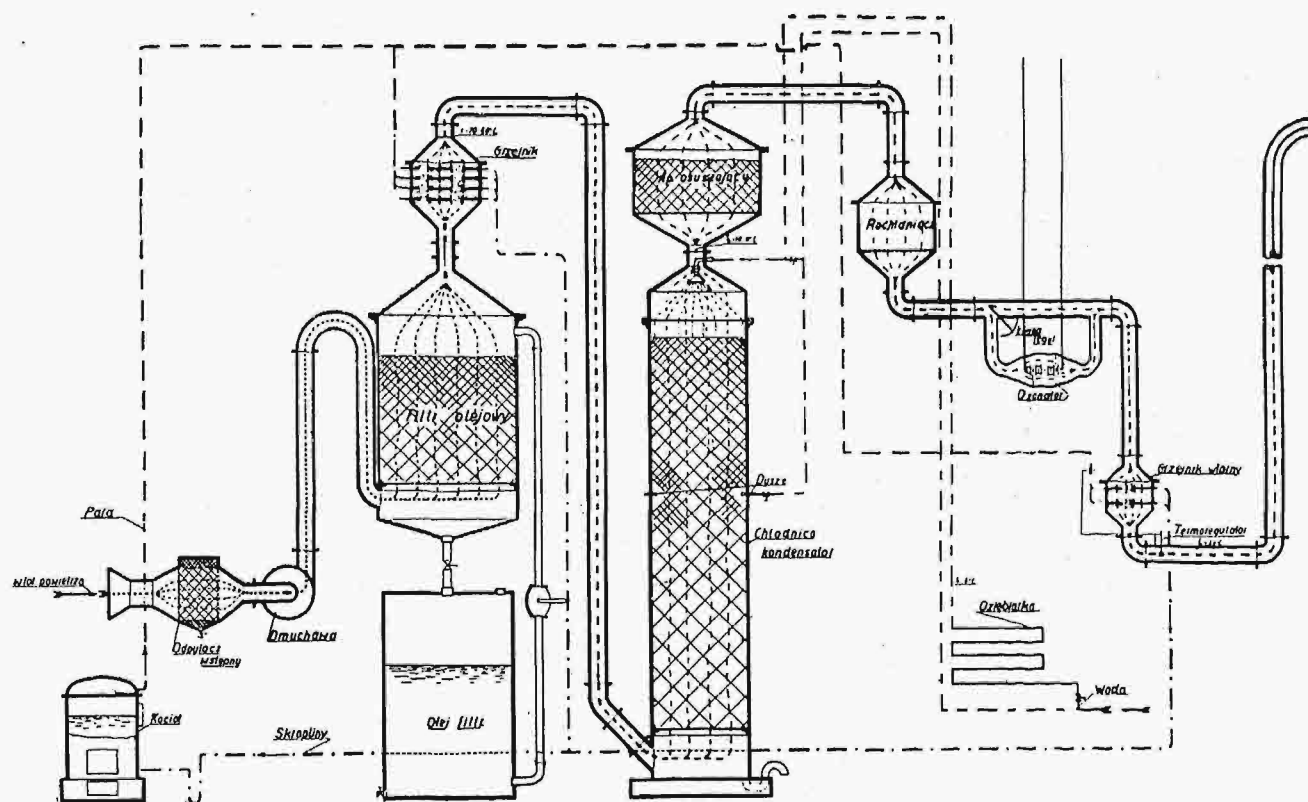
Wykres 2.

Wyżej wymienione czynniki, wpływające na samopoczucie organizmu ludzkiego, znalazły w aparaturze pomysłu Pana Prezydenta w zasadzie proste, a w skutkach doskonale rozwiązanie. Powietrze oczyszczone tą metodą nie tylko jest wolne od zawieszin nawet bakteriologicznych, ale także od ewentualnych zanieczyszczeń gazowych, jak np. siarkowodoru, amoniaku, bezwodnika kwasu siarkowego i t. p., z których obecnością należy liczyć się w ośrodkach przemysłowych i miastach. Następnie, co ma też zasadnicze znaczenie, procent wilgotności i temperatura mogą być regulowane w dowolnych granicach niezależnie od pory roku i wilgotności powietrza zewnętrznego.

Następnym czynnikiem charakterystycznym dla powietrza górskiego jest obecność b. małych ilości ozonu czyli trójatomowego tlenu. Ilość jego w atmosferze ulega dość dużym wahaniom, w Paryżu np. wykazano 0,024 mg, a na Grands Mulets (3.050 m n. p. m. z masywu Mont Blanc) 0,094 mg w 1 m³ powietrza. Ozonowi w dotychczasowej literaturze przypisuje się własności odwadniające i dezynfekujące.

element ozonizujący z próbnej instalacji na Zamku Królewskim, a po zastosowaniu lampy kwarcowej do naświetlania przestrzeni użytkowej, nadmierne ilości tworzącego się pod jej działaniem ozonu, odciągano wentylatorem przez odpowiedni przewód rurowy.

Dobroczynne działanie słońca na organizm człowieka znane jest od b. dawnych czasów. Badania świeższe wykazały, że największe biologiczne znaczenie posiadają w całym kompleksie promieniowania słonecznego t. zw. promienie nadfioletowe, leżące w widmie słonecznym w kierunku fal krótszych poza promieniami, na które reaguje zmysł naszego wzroku. Wynikiem tych spostrzeżeń jest stosowanie w lecznictwie całego szeregu różnych typów lamp do naświetlania. Należy zauważyć, że natężenie promieniowania pozafioletowego tych sztucznych źródeł przewyższa wielokrotnie ilości dochodzące do nas od źródła naturalnego, jakim jest słońce. To też stosowane dotychczas w medycynie kilku- czy kilkudziesięciu minutowe bezpośrednie naświetlania, są zabiegami gwałtownymi, a z obserwacji przyrody należy wnosić, że organizm odnosi większą korzyść, gdy działa się nań



Ryc. 1.

Schemat próbnej aparatury dla oczyszczania powietrza.

Działanie ozonu, przy koncentracjach większych od warunków naturalnych, na podstawie prób przeprowadzonych przez Pana Prezydenta na własnym organizmie, należy uważać jako szkodliwe. Z podobnym zdaniem spotykamy się często w najnowszej literaturze lekarskiej. Wniosek ten potwierdza zauważone swego czasu w laboratorium Politechniki Lwowskiej objawy zatrucia u Pana Prezydenta i czterech jego asystentów po pracy w atmosferze zawierającej większe od normalnych ilości ozonu. Polecane zatem aparaty „do odświeżania powietrza“ przez ozonizację w gruncie rzeczy niszczą zdrowie, gdyż obok nadmiernych ilości ozonu wytwarzają zazwyczaj równocześnie tlenki azotu, tem groźniejsze dla organizmu, że ich działanie trujące jest dodajne, t. j., że nawet w najmniejszych dawkach stopniowo zatrują organizm.

Wobec tych negatywnych wyników odnośnie do wpływu ozonu w późniejszych badaniach wyłączono

środkami łagodniejszymi w dłuższym okresie czasu. Pod wpływem działań silnych po fazie pobudzającej występuje zapewne w organizmie faza następna ujemna. To też słusznie w nowszych podręcznikach medycyny spotykamy się ze zdaniem, że słońca nic nie jest w stanie zastąpić.

Mając na uwadze możliwe zbliżenie do warunków naturalnych, instalacja na Zamku Królewskim daje możliwość naświetlania gabinetu nie skupionymi, bezpośrednio od lampy idącymi promieniami, lecz dopiero po ich odbiciu i rozproszeniu. Dzięki takiemu urządzeniu unika się rażącego czy działania skupionych promieni świetlnych, — przez co używanie szkieł ciemnych staje się zbędne — oraz znacznie zostaje osłabione drażniące organizm, a szczególnie oczy, działanie promieni krótkich. Łagodność naświetlania w ten sposób skonstruowanej instalacji stwarza możliwość dowolnie długiego przebywania w gabinecie bez stosowania specjalnych

osłon. Tego rodzaju warunki, a mianowicie unikanie zbyt agresywnego działania promieni lampy na organizm, dają pewną analogię do t. zw. werandowania w klimacie górskim.

Ostatnim wreszcie z charakterystyczniejszych czynników górskiego powietrza jest stopień i rodzaj jego stanu jonizacji. Jony, zwane inaczej nośnikami elektryczności, powstają w atmosferze pod wpływem: promieniowania pozaziemskiego oraz stałych i gazowych produktów rozpadu ciał promieniotwórczych, znajdujących się w ziemi i powietrzu. Tworzenie się jonów tłumaczymy sobie odrywaniem się od danej cząsteczki obojętnej ujemnego elektronu, przez co ona sama staje się jodem dodatnim, a oderwany od niej elektron stanowi jon ujemny. Zależnie od warunków, w krótszym lub dłuższym czasie ma miejsce dalsza ewolucja, t. j. łączenie się wolnego elektronu z inną jakąś cząsteczką obojętną, która w ten sposób staje się jodem ujemnym; w dalszym okresie jony składające się początkowo z poszczególnych cząsteczek, mogą łączyć się w kompleksy większe, począwszy od kilku jednostek do kilkudziesięciu milionów drobin w zespole, względnie przyczepiać się do zawiesin gazowych, płynnych lub stałych. W ten sposób uzyskujemy jony o różnej wielkości, jakości i t. d.

Odnosnie do biologicznego ich działania na organizm człowieka, kwestja ta, budząca w ostatnich latach wśród lekarzy żywe zainteresowanie, znajduje się dopiero w stadium początkowych badań. Nadto same metody pomiarów, jak i wiele zagadnień z punktu widzenia fizyka stanowią materiał wymagający dalszej pracy.

Fizyka interesuje: ilość, jakość, znak i wielkość, względnie ruchliwość jonów oraz czynniki wpływające na ich powstawanie, ewolucję, żywotność i t. p. Lekarz bada wpływ rodzaju i ilości jonów na organizm. Dotychczasowe w tym kierunku prace prowadzone przez lekarzy, operują w stosunku do warunków naturalnych, dawkami wielokrotnymi. W przeciwieństwie do nich instalacja w gabinecie Pana Prezydenta daje nieznaczny wzrost jonizacji, zbliżonej do powietrza górskiego, z istnieniem równocześnie możliwości wytwarzania nadwyżki jonów ujemnych, które według dotychczasowych badań, mają działać na organizm ludzki korzystniej, aniżeli jony dodatnie.

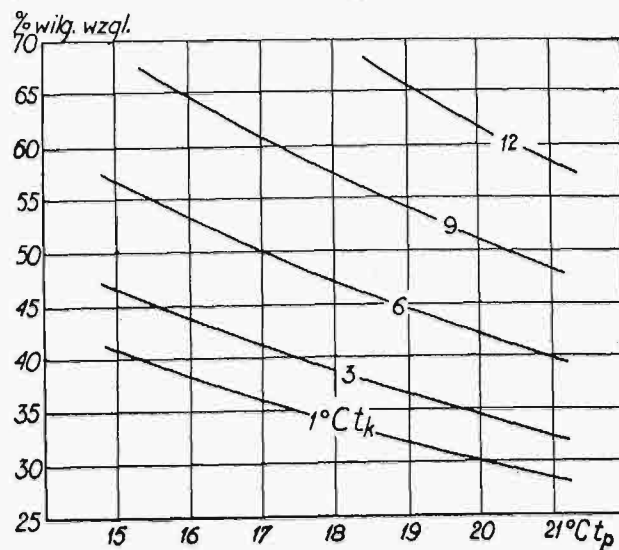
Schemat aparatów dla uzyskiwania powietrza o dużym stopniu czystości przedstawia ryc. 1.

Powietrze oczyszczone z grubszych zanieczyszczeń na odpylaczu wstępnym, jest tłoczne przy pomocy dmuchawy w ilości ok. 500 m³/godz na filtr olejowy w kształcie kolumny, wypełnionej drobnoziarnistym materiałem zwilżonym olejem. Dzięki dużemu rozwinięciu powierzchni filtr ten zatrzymuje znaczną ilość zanieczyszczeń.

Po przejściu przez filtr olejowy powietrze podgrzewa się przy pomocy grzejnika do temperatury zależnej od innych warunków, o czym będzie mowa niżej, w każdym razie wyższej od temperatury powietrza zewnętrznego.

Ogrzane w ten sposób powietrze wchodzi do tak zwanej chłodnicy - kondensatora, t. j. kolumny wypełnionej w górnej części drobnym materiałem (duże rozwinięcie powierzchni), w której na swej drodze spotyka w przeciwnym kierunku zimną wodę. W ten sposób ciepłe powietrze w dolnej części kolumny nasycza się parą wodną, poczem w miarę podnoszenia się ku górze zostaje schłodzone i oddaje nadmiar pobranej uprzednio wody. Ponieważ każde najmniejsze zanieczyszczenie stanowi zarodek przy procesie wykrapalania, przeto uzyskujemy tą drogą dokładne w wysokim stopniu oczyszczenie powietrza nie tylko od zawiesin, ale także, jak wspomniano wyżej, od zanieczyszczeń gazowych. By powietrze wchodzące do pokoju posiadało przy pożądanej temperaturze odpowiedni stopień wilgotności, musi ono opuszczać chłodnicę - kondensator przy odpowiedniej temperaturze.

Swobodę w uzyskaniu jej zapewnia w razie potrzeby urządzenie do schładzania wody.

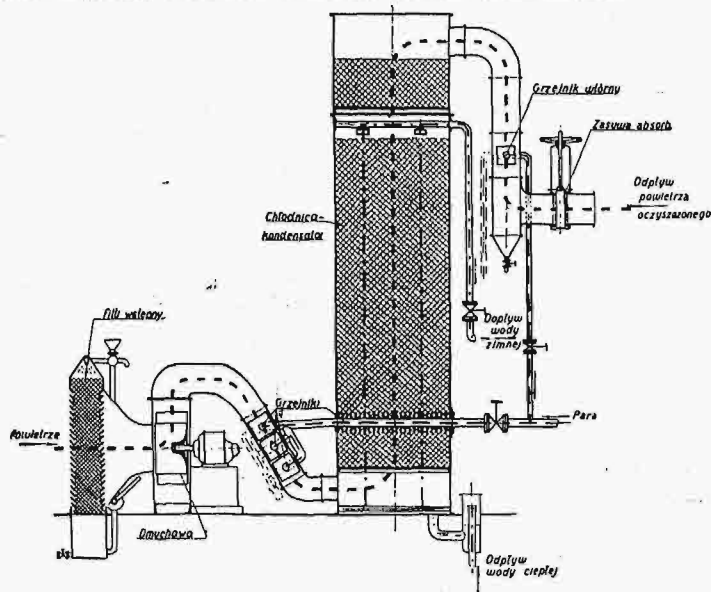


Wykres 3.
Zależność t_k od procentu wilgotności względnej i t_p .

Następną część aparatury stanowi aparat osuszający, którego przeznaczeniem jest zatrzymanie porwanych prądem powietrza wtłaczanego resztek mgły.

Z kolei powietrze przechodzi przez pochłaniacz z materiałem absorbującym gazy trujące na wypadek ataku gazowego. Rola jego byłaby tylko uzupełniająca, gdyż wszelkie zawiesiny, a także znaczna ilość samych gazów trujących zostanie zatrzymana w chłodnicy - kondensatorze.

W okresie prowadzenia prób nad ozonem, część powietrza przechodziła przez urządzenie ozonizujące. Wobec wykazania szkodliwych jego własności w okresie późniejszym, ozonizowania powietrza zaniechano.



Ryc. 2.
Schemat aparatury dla oczyszczania powietrza.

Ostatnią operacją, której zostaje poddane powietrze, jest podgrzanie go przy pomocy grzejnika, zaopatrzonego termoregulatorem, do pożądanej temperatury pokojowej. By posiadało ono przytem odpowiedni stopień wilgotności winno być, jak zaznaczono wyżej, w chłodnicy - kondensatorze odpowiednio schłodzone. Zależność temperatury powietrza nasyczonego parą wodną, wychodzącego z chłodnicy - kondensatora (t_k) od procentowej wilgotności względnej powietrza pokojowego i jego temperatury (t_p) - uwidacznia wykres 3.

Tab. 1 uwidacznia zależność t_k od t_p przy 55% wilgotności względnej.

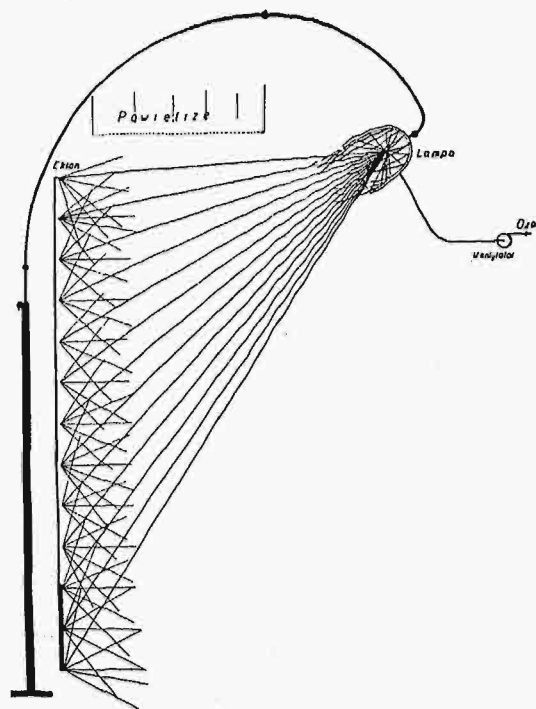
Tab. 1.

t_p °C	15	16	17	18	19	20	21	22
t_k °C	5,5	6,4	7,4	8,3	9,2	10,1	11,1	12,0

Powyżej opisana próba instalacja, znajdująca się na Zamku Królewskim, w następnych projektach ulegnie uproszczeniu. I tak np. (Ryc. 2) ze względu na dokładne oczyszczające działanie t. zw. kondensatora - chłodnicy można będzie pominąć filtr olejowy, a w miejscu zbiornika przeznaczonego na materiał absorbujący gazy trujące zostanie umieszczona odpowiednio wykształcona zasawa i t. d.

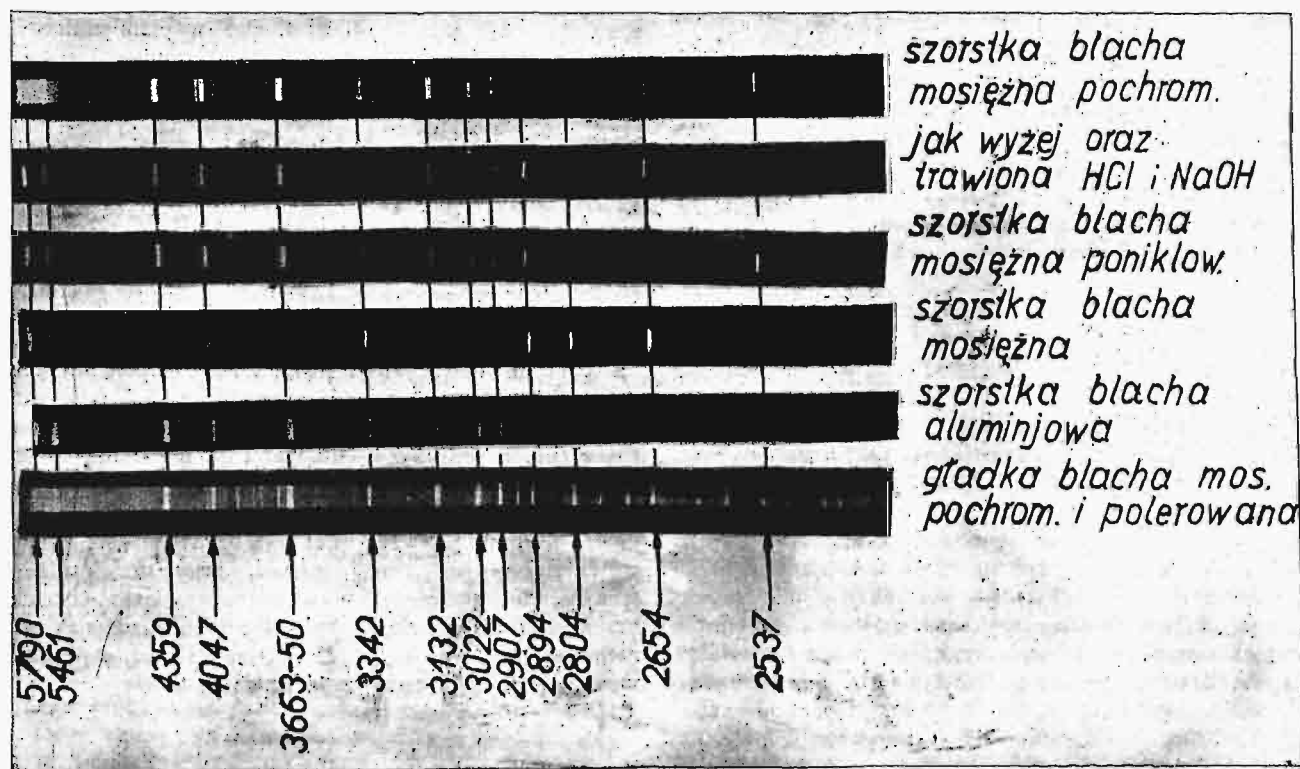
Urządzenie do naświetlania lampą kwarcową uwidacznia schematycznie ryc. 3.

Promienie lampy kwarcowej osłoniętej zwierciadlanym reflektorem, doznają odbicia i rozproszenia na szorstkiej powierzchni metalicznego chromu. Metal ten nadaje się dobrze do tego celu ze względu na: dużą zdolność odbijania zwłaszcza promieni krótkich, znaczną twardość oraz bierność pod względem chemicznym. Szkodliwy ozon, jak zaznaczono wyżej, usuwa się przy pomocy wentylatora. Zależnie od kształtu i wielkości reflektora, jego odległości i nachylenia względem szorstkiej powierzchni ekranu, uzyskujemy przy danym typie lampy mniejszą lub większą przestrzeń objętą promieniami rozproszonymi.



Ryc. 3.

Schemat naświetlania lampą kwarcową.



Ryc. 4.

Widmo światła odbitego i rozproszonego od różnych metali.

Wybór tego rodzaju ekranu ze względu na zdolność odbijania promieni krótkich, wyjaśnia ryc. 4.

Gładka powierzchnia chromu, jakkolwiek odbija najlepiej, jednakże ze względu na lustrzany charakter odbicia, a więc bez rozproszenia, do tego celu nie nadaje się. Aluminjum odbija wprawdzie dobrze, jednakże w krótkim czasie, ze względu na swą aktywność chemiczną (utlenia się powierzchniowo) traci tę zdolność.

Patenty w kraju na powyższą instalację są własno-

ścią Chemicznego Instytutu Badawczego. Zgłoszenia dokonano nie dla chęci zysku, lecz dla zapewnienia kompetentnego nadzoru technicznego przy projektowaniu tego rodzaju instalacji. Zagranicą o patenty nie starano się, a przeciwnie zainteresowanym lekarzom i instytucjom udziela się bezinteresownie wyjaśnień. Dotychczas nadeszło wiele zapytań w tej sprawie z szeregu państw, a w kraju znajduje się już w toku budowy kilka tego rodzaju instalacji.

Wiadomości z literatury technicznej.

Beton.

— **Wstrząsanie betonu dla jego zgęszczenia** omawia inż. Otlinghaus w *Bet. u. Eis.* (1933, str. 125). Dotychczas zwykle beton się ubija, we Francji i Ameryce często opuszczają zupełnie ubijanie i tylko zastosowują wstrząsanie sposobem maszynowym. Okazało się, że tym sposobem otrzymujemy beton gęstszy i wytrzymalszy od ubijanego, a tyczy się to nie tylko betonu mokrego, ale i wilgotnego. I tak gdy do uzyskania $1 m^3$ betonu gotowego zwykle potrzeba $1.2 m^3$ wilgotnej mieszaniny, to przy wstrząsaniu potrzeba 1.4 do $1.45 m^3$. O tyle otrzymujemy beton gęstszy i wytrzymalszy, względnie dla żądanej wytrzymałości wystarczy nam mniejsza ilość cementu. Wstrząsy wykonują się uderzeniami w deskowanie, przy większych masach betonu wstrząsarkę zatapia się w betonie, co daje jeszcze lepszy wynik. Autor opisuje szczegółowo sposób wykonania i narzędzia w tym celu potrzebne. *Dr. M. Thullie.*

Mosty.

— **Mosty belkowe żelbetowe w półn. Afryce** omawia Hajnal-Kónyi w *Bet. u. Eis.* (1932, str. 325). Mosty te do $24 m$ rozpiętości zbudowano bez stałych rusztowań zapomocą rusztowań przesuwowych. Jeden most belkowy żelbetowy ma rozpiętość $37 m$. Używano przytem cementu wyborowego, a dla wytrzymałości betonu $300 kg/cm^2$ dopuszczono naprężenie na ciśnienie $0.28.300 = 84 kg/cm^2$, a na ścinanie $0.10.84 = 8.4 kg/cm^2$. Zestawienie nastąpiło w ten sposób, że użyto do tego przesuwalnego mostu żelaznego z dzióbem, na którym zawieszono pomost zestawczy i całe deskowanie.

— **Most drogowy łukowy żelbetowy na Eufracie** na szlaku El Azir-Malatia opisuje inż. Arno w *Bet. u. Eis.* (1933, str. 101). Most ten ma rozpiętość $108 m$, $f = 24 m$, jest bezprzegubowym o przekroju skrzynkowym i składa się z trzech łęków, które niosą pomost żelbetowy dla drogi jezdnej $4.8 m$ i dwu chodników po $80 cm$. Łęki budowano na kratowych łukach drewnianych. *Dr. M. Thullie.*

RECENZJE I KRYTYKI.

Inż. Dz. W. Staedel: „*Dauerfestigkeit von Schrauben*“ wydanie VIII, 1933 r. Ruchliwe i pożyteczne dla konstruktorów wydawnictwo laboratorium badania wytrzymałości materiałów Politechniki w Darmstademie pod kierunkiem prof. Thuma, wzbogaciło techniczną literaturę niemiecką, ogłaszając ciekawą pracę Dr. Staedla, przeprowadzoną nad wytrzymałością śrub w czasie obciążeń zmiennych. Badania Dr. Staedla miały na celu zbliżyć się do tych warunków, w jakich zazwyczaj pracują śruby w praktyce maszynowej i stworzyć doświadczeniem uzyskane podstawy, przydatne do wnioskowania o ich wytrzymałości podczas obciążeń zmiennych. Z tej przyczyny posłużył się Dr. Staedel sposobem badania wytrzymałości na zmęczenie przy pomocy uderzeń, jakkolwiek nieporęcznym do ścisłego rachunkowego wyznaczania wartości naprężeń, jednak może najwierniej odtwarzającym te okoliczności, w których pękają nader ważne w budowie silników śruby, służące naprzykład do mocowania głów łączników.

Proste urządzenie, składające się w głównej części z ciężaru, podnoszonego stosownie zaprojektowaną krzywką i opadającego z ustalonej wysokości na zamocowaną w uchwycie śrubę, oddawało badanej próbce pracę siły ciężkości w postaci uderzenia. Wyniki, uzyskane dla poszczególnych gatunków badanych śrub, porównywano więc na podstawie pracy, wyrażonej w *cmkg*, którą, praktycznie rzecz biorąc, mogłaby śruba znieść nieograniczenie długi okres czasu. Materiał z doświadczeń jest starannie zestawiony w omawianej książce jako t. zw. krzywe Wöhlera, przypominające dokładnie kształtem krzywe tej samej nazwy, wyznaczone podczas badań wytrzymałości na zmęczenie w przypadkach zginania, skręcania oraz rozciągania ściskania, z tą jednak różnicą, że miejsce naprężeń zajęła obecnie praca opadającego ciężaru, potrzebna do zniszczenia badanej śruby.

Wstępniemi badaniami potwierdził Staedel i dokładniej ustalił wzmacniający wpływ gwintów na wytrzymałość śrub w czasie statycznej próby na rozciąganie, znany z dawnych prac C. Bacha. Opierając tłumaczenie licznych zjawisk, wiążących się z wytrzymałością śrub, na podstawie trafnie obranego hydrodynamicznego modelu rozkładu naprężeń w nagwintowanym sworzniu śruby i nakrętce, omawia autor tej ciekawej pracy wpływ na wytrzymałość śrub w czasie uderzeń następujących czynników:

- a) Grubości nienagwintowanej części sworznia śruby.
- b) Długości gwintu.
- c) Wielkości zaokrąglenia dna gwintu oraz miejsc przejścia sworznia śruby w główkę.
- d) Skoku gwintu.

Ważne dla praktyki maszynowej, bo stwierdzające możliwość szerszego stosowania gwintów walcowanych, są wyniki badań Dr. Staedla nad śrubami z gwintami walcowanymi i następnie w celu usunięcia wpływu zimnej obróbki, cieplnie wzmacnianymi. Wykazały one wyższość, ze względu na wytrzymałość na zmęczenie w czasie uderzeń, śrub z gwintami walcowanymi oraz po walcowaniu wzmacnianymi.

Dalsze rozdziały książki streszczają badania nad wpływem na wytrzymałość śrub materiałów, powszechnie używanych do ich wyrobu, i to t. zw. w piśmiennictwie niemieckim stali „automatowych“, które zawierają znaczniejsze domieszki fosforu i siarki, następnie stali węglowej do wzmacniania, oraz stali stopowej chromo-niklowej. Pracę zamyka Dr. Straedel szczegółowemi rozważaniami nad kształtem oraz sposobem tworzenia się złomów zmęczeniowych sworzni śrubowych, przeprowadzanymi nad okazami, już to dostarczonemi przez praktykę maszynową (śruby zniszczone w czasie długoletniej służby) lub uzyskanymi w laboratorium. Dzięki temu mógł autor następnie sformułować krytyczne uwagi, odnoszące się do używanych przez konstruktorów sposobów wzmacniania śrub łączników (osiowe przewiercanie sworzni śrubowych) i podać nieco skuteczniejsze metody, zmierzające do zwiększenia wytrzymałości wspomnianych śrub łącznikowych, częstokroć dodatkowo zginanych w czasie pracy (np. z przyczyny odkształcania się dolnej głowy łącznika lub niestarannego wykonania miejsc przylegania nakrętek oraz główek). Omówiona pokrótce praca jest dowodem na to, że i na pierwszy rzut oka bardzo złożone zagadnienia wytrzymałościowe mogą znaleźć, przy umiejętnem ujęciu sprawy, choć po części zadowalające rozwiązanie i tem samem przyczynić się do złagodzenia licznych rozdzźwięków, które zachodzą pomiędzy analitycznymi sposobami, a praktycznymi wynikami metod nauki wytrzymałości materiałów.

L. Eker.

SPROSTOWANIE.

W pracy Dr. F. Szelągowskiego p. t.: „O wyboczeniu spawanych szyn kolejowych“ ogłoszonej w Nr. 14 *Czasop. Techn.* należy poprawić:

na str. 219 szpalta lewa wiersz 28 z góry na:

$$\delta_m = 1 + \frac{3}{2} \sqrt{\left(\frac{\gamma_m}{2}\right)^2 \left[1 + \sqrt{1 + 27 \left(\frac{\gamma_m}{2}\right)^2}\right]} + \frac{3}{2} \sqrt{\left(\frac{\gamma_m}{2}\right)^2 \left[1 - \sqrt{1 + 27 \left(\frac{\gamma_m}{2}\right)^2}\right]}.$$

na str. 220 we wzorze (19) zamiast „ q “ ma być „ $2q$ “.