

TREŚĆ: Inż. M. Mazur: Prędkość opadania ziarn piasku w wodzie i jej znaczenie przy konstrukcji osadników. (Dokończenie). — Inż. R. Szewalski: Praca kierownic turbinowych przy ponadkrytycznych spadkach cieplnych. — Wiadomości z literatury technicznej. — Recenzje i krytyki.

Inż. Michał Mazur

Konstruktor I. Katedry Budownictwa wodnego Politechniki Lwowskiej.

Prędkość opadania ziarn piasku w wodzie i jej znaczenie przy konstrukcji osadników.

(Dokończenie).

Bardzo obszerne doświadczenia nad ruchem rumowiska w wodzie płynącej przeprowadził Schaffernak w laboratorium wodnym w Wiedniu, których wyniki zestawiał w rozprawie p. t. „Neue Grundlagen f. d. Berechnung d. Geschiebführung in Flussläufen“. Badania wykonał w korycie hydraulicznym o szerokości 1 m i oszklonych bokach, dla wygodnej obserwacji ruchu ziarn piasku. Największa objętość przepływu wody przez koryto wynosiła 300 l/s, przepływ mierzono przy pomocy przelewu ostrokrawędziowego. Rumowisko, t. j. piasek uniesiony przez wodę, chwytano w małych osadnikach, mierząc go, względnie ważąc, po odprowadzeniu wody z osadnika.

Jako materiał do doświadczeń był użyty piasek i żwir z łóżyska rzeki Dunaju, który przesiewano przez szereg sić o coraz mniejszych oczkach i otrzymano szereg grup piasku, względnie żwiru, o rozmaitej wielkości ziarenek. Ciężar właściwy i wymiary ziarenek poszczególnych sort piasku oznaczono przy pomocy piknometru i mikroskopu. Wyniki tych badań, dotyczące granicznej prędkości przy dnie, zestawione są na rysunku 9-tym. Pomiary wykazały, że inna jest prędkość graniczna przy dnie, przy której następuje ruch materiału

(pod założeniem ziarn piasku o pewnej grubości), natomiast prędkość wody przy dnie w kanałach i rzekach uregulowanych powinna być zawarta pomiędzy krzywą górną i dolną, gdyż tam musi się unikać z jednej strony erozji dna, z drugiej zaś osadzania się materiałów. A zatem prędkość w tym drugim przypadku powinna być równa w przybliżeniu prędkościom według krzywej środkowej, która oznacza, że przy tej prędkości dna materiał zawieszony w wodzie zostaje dalej uniesiony, nie tworząc osadów, ani też erozji, oczywiście w odniesieniu do piasku o pewnej określonej średnicy ziarenek d . Prędkość według krzywej górnej jest około dwa razy większa niż według krzywej dolnej.

Drugim ważnym wynikiem doświadczeń przeprowadzonych przez Schaffernaka jest stwierdzenie faktu, że ruch rumowiska prawie że nie zależy od kształtu ziarenek. Wykonano bowiem próby z ziarnami okrągłymi i ziarnami płaskimi. Na rys. 9 połączono próby wykonane z ziarnami okrągłymi liniami pełnymi, a z ziarnami płaskimi liniami przerywanymi*).

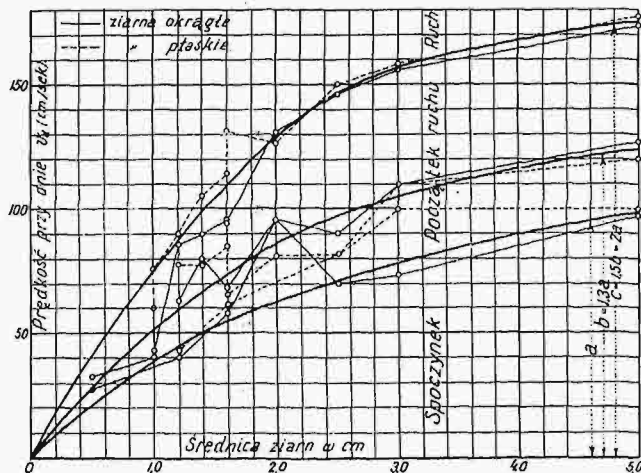
Ostatni wniosek wyprowadzony przez Schaffernaka, t. j. że prędkość krytyczna nie zależy od kształtu ziarenek, byłby zarazem dowodem, że ruch tych ziarenek nie zależy od naporu wody płynącej, a raczej zależy od wirów, z powodu których w pewnych miejscach przy dnie obniża się ciśnienie, tak, że następuje ssanie ziarenek z dna. Wartość ssania, podobnie jak wiry, jest chwilową i skoncentrowaną do pewnych małych powierzchni, przez co jej wielkość może być znaczna, tak, że pokonuje ono z łatwością ciężar własny ziarenek, które z wielką prędkością podnoszą się ku górze, gdzie dalej są unoszone prądem wody.

Przechodząc do wyznaczenia prędkości przepływu wody przez osadnik zaznacza się, że prędkość ta, z uwagi na możliwość tworzenia się na dnie osadu, powinna być mniejsza, a co najwyżej równa prędkości krytycznej dolnej, przy której ziarnka piasku przybywające z rzeki z wodą, wskutek zmniejszonej prędkości w osadniku, poczynają się osadzać.

Jak z poprzedniego widać, badacze zajmowali się głównie prędkością krytyczną górną, t. j. taką, przy której materiał osadzony na dnie zostanie wprawiony w ruch. Ta prędkość musi być oczywiście większa, aniżeli powyżej określona prędkość krytyczna dolna. Soudier podaje prędkość krytyczną górną przy dnie, natomiast Franzius podaje prędkość krytyczną górną średnią. Krey i Schoklitsch podają wartość siły unoszenia również jako krytyczną górną, t. j. tę, przy której zaczynają się poruszać ziarnka dotychczas spokojne, na dnie osadzone.

Według Krapfa i Sotschka'ego krytyczna siła unoszenia dolna jest o 20% mniejsza niż krytyczna górna. W odniesieniu zatem do prędkości pozostającej do

*) Uwaga. Według Schoklitscha, równ. 86 i 86a, prędkość graniczna jest proporcjonalna do czwartego pierwiastka ze współczynnika λ , który dla ziarn okrągłych jest w przybliżeniu równy jedności, a dla ziarn w formie płytek równy około 4,4. Zatem według Schoklitscha różnica pomiędzy prędkością krytyczną dla ziarenek okrągłych i dla ziarenek płaskich wynosi do 40%.



Rys. 9.

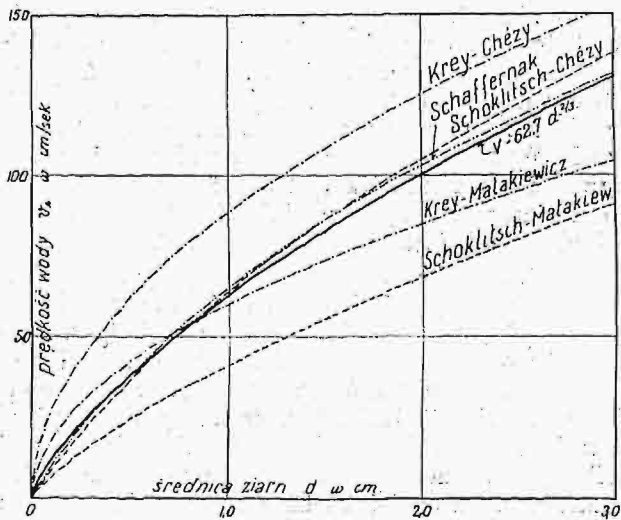
spokojnie na dnie ułożonego, aniżeli prędkość, przy której materiał zawieszony w wodzie osadza się na dnie. Na rysunku krzywa górna oznacza prędkość przy dnie, po przekroczeniu której następuje ruch materiału ułożonego na dnie, zaś krzywa dolna oznacza tę prędkość dna, poniżej której materiał o danej średnicy d , zawieszony w wodzie, osiada na dnie. Przy prędkościach pomiędzy obiema krzywami materiał wprawdzie osiada, lecz osadzony częściowo znowu przechodzi w ruch.

Z tego wynika, że przy prędkościach dna wynoszących mniej niż dolna krzywa wskazuje, dno osadnika podwyższa się przez osadzanie się materiału, natomiast przy prędkościach dna o wartościach większych niż daje krzywa górna, następuje pogłębianie się, czyli erozja dna. W osadnikach zatem prędkość przy dnie nie powinna przekraczać wartości określonych krzywą dolną

wartości siły unoszenia w stosunku drugiego pierwiastka, różnica pomiędzy prędkościami granicznymi, t. j. górną i dolną, miałyby zatem wynosić tylko około 10%.

W niniejszej pracy przyjęto różnicę podaną przez Schaffernaka, to znaczy, że prędkość krytyczna dolna jest połową prędkości krytycznej górnej. Z podanych bowiem wielkości przyjęto tę, która przedstawia większą pewność, a więc według Schaffernaka, który podał wartość jej w porównaniu do prędkości krytycznej górnej jako najniższą.

Z powyższych wywodów wynika, że jako prędkość w osadniku należy przyjmować albo prędkość graniczną dolną podaną przez Schaffernaka (rys. 8), zwiększając ją według równania 34c, a więc w stosunku $\frac{1}{0,6}=1,67$, t. j. o 67%, albo zmniejszając dwukrotnie, t. j. o połowę, rzędne krzywych obliczonych według równania Krey'a lub Schoklitscha (rys. 9). W ten sposób przekształcone krzywe podano dla przejrzystego przeglądu na rysunku 10-tym, z którego widoczny jest przebieg poszczególnych krzywych.



Rys. 10.

Djagram narysowano tylko dla ziarn do maksymalnej grubości $d=3\text{ cm}$, przy osadnikach bowiem chodzi nam o osadzenie ziarn o średnicy minimalnej zgóry oznaczonej. Ta zaś leży znacznie niżej 3 cm, dla chociażby jak najbardziej prowizorycznego oczyszczenia wody. Krzywe wyznaczone z równania Krey'a podają za duże wartości na prędkość graniczną dolną, o ile chodzi o bardzo drobne ziarenka piasku. Według krzywych wykreślonych na podstawie wzoru Schoklitscha, obliczone wartości prędkości dla średnic d bardzo małych wypadają stosunkowo małe. Wynika to z tego, że krzywa według Schoklitscha jest już zbliżona do prostej, przechodzącej nieco powyżej początku układu współrzędnych. Krzywa natomiast wykreślona według Schaffernaka wyrównuje te dwie różne wartości. Schaffernak nie podaje wprawdzie równań swej krzywej, jednak z rysunku widać, że jest ona zbliżona do paraboli o osi poziomej, o wykładniku pomiędzy 0,6—0,7, czyli zbliżonym do wartości średniej obu wykładników dwóch równań poprzednich, t. j. według Krey'a i Schoklitscha.

Przyjmuje się więc w dalszym ciągu w równaniu związku pomiędzy prędkością w osadniku a średnicą ziarenek piasku, wykładnik dla d równy $\frac{2}{3}$, t. j. odpowiadający średniej pomiędzy wartościami 0,5 i 0,75, a zatem następujący kształt równania:

$$v = k \cdot d^{2/3} \quad \dots \quad 37$$

Dla wyznaczenia zaś stałego współczynnika przyjmuje się z rysunku 9-go, według jednej próby wykonanej przez Schaffernaka, podającej, że dla $d=1,1\text{ cm}$ jest prędkość przy dnie $v_d'=0,40\text{ m}$, zatem prędkość średnia równa się według równania 34c:

$$v_s' = \frac{1}{1,6} v_d' = \frac{1}{0,6} \cdot 0,40 = 0,667\text{ m/sek.}$$

Wstawiając tę wartość w ogólny kształt naszego równania:

$$0,667 = K \cdot (0,011)^{2/3},$$

otrzymuje się współczynnik K :

$$K = \frac{0,667}{(0,011)^{2/3}} = 13,5.$$

Wstawiając w ten sposób otrzymaną wartość na K w równanie 37, otrzymuje się ostateczny wzór:

$$v = 13,5 \cdot d^{2/3} \quad \dots \quad 37a$$

$$\text{albo} \quad v = 13,5 \cdot d^{0,67}$$

W równaniu tem należy wstawić v w metrach na sekundę, a d metrach.

Wyrażając natomiast powyższe wartości w centymetrach i sekundach, otrzymamy powyższe równanie w następującej formie:

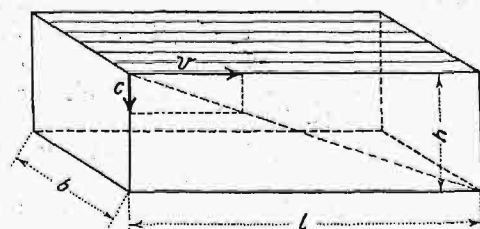
$$v = 62 \cdot d^{2/3} \quad \dots \quad 37b$$

Związek ten pomiędzy średnią prędkością przepływu wody przez osadnik v a średnicą d ziarn piasku osadzonego na dnie osadnika, wyrażony powyżej zamieszczonymi równaniami 37a i 37b, przedstawiono wykreślić przy pomocy grubszej linii pełnej na rysunku 10-tym. Wartości na v , wyznaczone według tych równań, są zbliżone do wartości średnich, a wyznaczonych na podstawie równań według Schoklitscha i Krey'a, co zwłaszcza dla średnic mniejszych od 1 centymetra jest szczególnie widoczne.

Równanie 37b zostało wyznaczone dla rumowiska znajdującego się w naszych rzekach, dla którego ciężar właściwy waha w granicach 2,5—2,7. W przypadku ustalenia ciężaru właściwego znacznie mniejszego, należałoby prędkość v również nieco zmniejszyć, co zresztą będzie jeszcze rozważane w przykładach podanych w dalszym ciągu.

Zastosowanie. Obliczenie wymiarów osadnika i przykłady.

Wyprowadzone powyżej równania 23 i 37b mogą służyć do oznaczenia wymiarów osadników. Z uwagi na cel osadników wyznacza się ich wymiary pod warunkiem, aby zawieszonym w wodzie cząsteczkom mineralnym dać możliwość opadnięcia z warstwy najwyższej na dno osadnika. Żądane oczyszczenie, zależnie od użycia wody, może być większe lub mniejsze, czyli mniej lub więcej zupełne. Stopień oczyszczenia można określić warunkiem, aby wszystkie ziarenka mineralne o średnicy d , większej od pewnej najmniejszej średnicy d_1 , opadły na dno osadnika. Reszta zatem materiału drobniejszego może płynąć dalej z wodą, bez szkody dla jej użytkowania.



Rys. 11.

Przebieg osadzania się części mineralnych i podstawę obliczenia osadników, ilustruje rysunek 11-ty, na którym przedstawiono osadnik w formie prostopadłościanu. Literą c oznaczono prędkość opadania ziarna piasku w wodzie, v średnią poziomą prędkość przepływu wody w osadniku, h oznacza głębokość osadnika, l jego długość, a b jego szerokość. Z rysunku 11 wynikają następujące równania:

$$\frac{c}{v} = \frac{h}{l} \quad 38$$

z którego można obliczyć jedną z wartości, jeżeli trzy inne są znane. Powierzchnia przekroju poprzecznego osadnika oblicza się z równania:

$$F = b \cdot h = \frac{Q}{v} \quad 38a$$

Objętość osadnika, a więc i objętość wykopów, wyznacza się według równania:

$$V = b \cdot h \cdot l = \frac{Q}{c} \cdot h \quad 38b$$

Powierzchnia rzutu poziomego osadnika równa się:

$$P = \frac{V}{h} = \frac{Q}{c} \quad 38c$$

z czego wynika, że wielkość rzutu poziomego osadnika, przy pewnym danym (przyjętym) stopniu oczyszczenia, zależy od głębokości h , a zatem dla najmniejszości robót ziemnych należy przyjmować głębokość osadnika jak najmniejszą, o ile inne względy nie przemawiają za jej zwiększeniem.

Z równania 38 oblicza się długość osadnika, więc:

$$l = \frac{v}{c} \cdot h$$

W równaniu tem należy podstawić za h wartość największą, w przypadku, gdy dno osadnika jest założone w spadku, względnie, jeżeli osadnik posiada przekrój poprzeczny nieckowaty.

Chcąc zatem aby długość osadnika była jak najmniejsza, należy przyjąć jak najmniejszą głębokość.

Czas osadzania, czyli czas opadnięcia ziarenka o średnicy minimalnej d_1 , z warstewki najwyższej na powierzchni zwierciadła wody na dno osadnika, oblicza się z następującego równania:

$$t = \frac{h}{c} = \frac{l}{v} \quad 38d$$

W praktyce mamy do czynienia głównie z dwiema różnymi grupami osadników, a mianowicie: a) z osadnikami zakładów o sile wodnej i b) osadnikami wodociągowymi, względnie różnych zakładów przemysłowych dla oczyszczania wody przed użyciem, lub po jej użyciu.

Przy zakładach o sile wodnej stopień oczyszczenia wody, doprowadzonej do turbin wodnych, może być z reguły znacznie mniejszy, jak przy osadnikach grupy drugiej i to zależnie od konstrukcji turbin i ich wrażliwości na zeszlifowanie przez piasek. Przy najnowszych typach turbin dla małych spadów, t. j. pelenerowych i systemu Kaplana, małą wagę kładzie się na stopień oczyszczenia wody z piasku, gdyż te turbiny są mało wrażliwe na zawartość piasku w wodzie. Najbardziej wrażliwe są turbiny dla ciśnień wysokich i tu należy się liczyć z możliwie dokładnym odpiaszczeniem wody. Jako najdalej idące wymaganie przy zakładach o sile wodnej będzie zadanie strącenia z wody wszystkiego piasku o grubości ponad kilka dziesiętnych milimetra średnicy. Drobniejsze zanieczyszczenia mineralne, poniżej 0,1 mm średnicy, są przy zakładach o sile wodnej bez znaczenia.

Przykład. Przy projektowanym zakładzie wodnym, zużywającym ilość przepływu wody $Q \text{ m}^3/\text{sek}$, dla

wytwarzania energii mechanicznej w turbinach dla wysokiego ciśnienia systemu Francis'a, wymagane jest strącenie z wody ziarna piasku o średnicy większej niż 0,1 cm. Ciężar właściwy piasku oznaczono w wysokości $\gamma = 2,6 \text{ gr/cm}^3$.

Wymiary osadnika obliczamy dla $Q = 1 \text{ m}^3/\text{sek}$ z tem, że dla objętości przepływu $Q \text{ m}^3/\text{s}$ będzie szerokość całego osadnika Q razy większa.

Prędkość opadania obliczam według wzoru 23 go, z którego:

$$c = 33,0 \cdot (2,6 - 1)^{0,683} \cdot \frac{0,1^{2,05}}{(0,1 + 0,022)^{1,65}} = 13,05 \text{ cm/s}$$

Tę wartość wyznaczyć można z nomogramu (rys. 4), stawiając jedno ostrze cyrkla w punkcie dla γ , odpowiadającym wartości równej 2,6, a drugie w punkcie podziałki d , odpowiadającym wartości 0,1 cm. Tak otrzymaną rozwartość cyrkla przenosi się równoległe do drugiej linii, stawiając pierwsze ostrze cyrkla w punkcie 0, przyczem drugie ostrze oznaczy nam szukaną wartość prędkości opadania $c = 13,00 \text{ cm/s}$.

Powierzchnia rzutu poziomego według równania 38a jest:

$$P = \frac{Q}{c} = \frac{1}{0,1305} = 7,66 \text{ m}^2$$

Prędkość przepływu wody przez osadnik v oznacza się z równania 37 b:

$$v = 62,7 (0,1)^{1/2} = 13,5 \text{ cm/sek}$$

Przyjmując głębokość osadnika $h = 3,0 \text{ m}$, otrzymuje się długość osadnika według równania 38-go:

$$l = \frac{v}{c} \cdot h = \frac{0,135}{0,130} \cdot 3,0 = 3,11 \text{ m}$$

przekrój poprzeczny:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{1,0}{0,135} = 7,4 \text{ m}^2$$

szerokość osadnika:

$$b = \frac{F}{h} = \frac{7,4}{3,0} = 2,47 \text{ m}$$

objętość: $V = Ph = 7,66 \cdot 3,0 = 23,08 \text{ m}^3$,

czas osiadania:

$$t = \frac{h}{c} = \frac{3,0}{0,13} = 23,1 \text{ sek}$$

Dla $Q \text{ m}^3/\text{s}$ będzie szerokość osadnika równa $B = b \cdot Q = 2,47 \cdot Q$, natomiast wymiary inne pozostają te same jak wyżej obliczono.

Obliczona w ten sposób długość osadnika byłaby odpowiednią, gdyby ruch wody w osadniku był jak w założeniu równomierny i prostoliniowy, t. j. gdyby przyjęta prędkość przepływu wody przez osadnik była w każdym punkcie osadnika stała i o niezmiennym kierunku. Tak jednak w rzeczywistości nie jest, gdyż, jak wiadomo, prędkości nawet w tym samym punkcie zmieniają się w czasie, z reguły bardzo znacznie. Zmiany te są największe w dolnych warstwach bezpośrednio nad dnem. To powoduje, że aby nastąpiło osadzenie się ziarenka piasku na dnie osadnika, musi być droga l znacznie większa, aniżeli obliczona według powyżej przytoczonego przykładu, nieraz parokrotnie.

Druga przeszkoda ustalenia się ruchu jednostajnego w całym przekroju poprzecznym, wynika z powodu naturalnej dążności wody płynącej do serpentynowania. Powstają więc przy przepływie wody przez szerokie koryta strugi wody, które przypierają raz do jednego, drugi raz do drugiego brzegu koryta. Wynikiem tego zjawiska jest wielce nierównomierny rozkład prędkości w całym przekroju poprzecznym osadnika. W pewnej części przekroju poprzecznego, t. j. w miejscu głównego nurtu wody, istnieją prędkości znacznie

większe od prędkości przyjętej, zaś w innych miejscach są one bardzo małe, niejednokrotnie zbliżając się do zera. Można nawet napotkać w osadnikach prędkości ujemne, powstałe z powodu tworzenia się walców pionowych, w miejscach nagłego rozszerzania się przekroju poprzecznego, albo przy zbyt ostrych skrętach kierunku wody. Z reguły powstają wyżej wspomniane walce bezpośrednio poniżej wlotu do osadnika, gdzie prócz rozszerzania się przekroju poprzecznego istnieje zmiana kierunku przepływu wody, wywołana koniecznością odpowiedniego usytuowania osadnika.

Ponadto także wzgląd na gromadzenie się osadzonego materiału, oraz sposób usuwania go z osadnika, mogą być decydującymi co do kształtu i zasadniczych wymiarów dla osadników, niezależnie od wywodów niniejszych,

Z uwagi na powyżej przytoczone powody, wymiary wykonanych osadników (chodzi tu zwłaszcza o wymiar długości), przewyższają parokrotnie wymiary wyznaczone według powyżej załączonego przykładu. Dlatego obliczoną w sposób powyższy długość osadnika l , a tem samem wyznaczonego czasu klarowania, należy z powodu nierównomierności ruchu powiększyć 2—4-krotnie, a nawet i więcej. Powiększenie to może być mniejsze przy spokojnym przepływie wody przez osadnik, a więc przy mniejszej prędkości przepływu wody v , należy przeto w tym razie stosować cyfrę powiększenia niższą. Do oznaczonej w ten sposób długości osadnika powinno się osobno doliczyć długości części stanowiących przejście z otworu wlotowego do przekroju normalnego osadnika.

Przy rozszerzeniu należy stosować przejście łagodne i jak najmniej zmieniać kierunek przepływu wody celem uniknięcia tworzenia się walców wody. Tę okoliczność uwzględnił Dr. Thoma przy projektowaniu otworu wlotowego przy wyzyskaniu sił wodnych rzeki Izary (*Czasopismo Techniczne* 1924, art. autora).

Dalej należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby przepływ w samym osadniku był jak najbardziej równomierny, co widzimy przedewszystkiem w osadnikach systemu Dufour'a, który przez dodanie opornic, w formie krat drewnianych, rozbija tworzące się większe strugi wody i ujednostajnia w ten sposób przepływ wody w całym przekroju poprzecznym osadnika.

Równanie 37 *a* nie dotyczy osadników zbudowanych na zasadzie samoczynnego płukania, z których usuwanie osadzonego materiału odbywa się w sposób ciągły, przy pomocy strug wody odprowadzających gromadzący się piasek w pobliżu dna do upustu. Tu można dopuścić prędkość przepływu znacznie większą. Dufour w swoich konstrukcjach osadników stosuje prędkość przepływu wody 25—35 *cm/sek.*

Co do drugiej grupy osadników, t. j. osadników stanowiących integralną część ujęć dla zaopatrzenia miejscowości w wodę użytkową, wzglądnie do celów fabrycznych, to wymagany jest tu o wiele wyższy stopień oczyszczenia jak przy osadnikach grupy poprzednio opisaney. Najczęściej przeprowadza się tu oczyszczenie wody zupełne w dwu stopniach, w osadnikach i w filtrach. Zadaniem osadników jest zatrzymanie wszelkich zanieczyszczeń mineralnych, a w ogólności materiałów cięższych od wody. Najdrobniejsze cząsteczki mineralne, pochodzące z produktów wietrzenia skał spotykanych na powierzchni ziemi, posiadają średnicę d około kilku tysięcznych centymetra. W osadnikach powinien być zatem zatrzymany wszystek, a przynajmniej prawie wszystek materiał mineralny, część bowiem złożona z materiału najdrobniejszego może być zatrzymana na filtrach, razem z resztą materiałów organicznych.

Ta druga kategoria osadników, w odróżnieniu do omówionych osadników przy zakładach o sile wodnej, odznacza się tem, że ilości przepływu wody są tu znacznie mniejsze. Ilość przepływu wody jest równa przeważnie kilkadziesiąt do kilkuset litrów na sekundę, a rzadko wynosi ponad 1,0 *m³/sek.* Prędkość przepływu wody w osadniku wynosi nie więcej jak kilka milimetrów na sekundę, czasem 1,0 *mm*, a nawet jeszcze mniej.

Przepływ wody jest przeto bardzo zbliżony do ruchu uwärstwowionego. Ilość materiału osadzającego się tu jest stosunkowo mała, a usuwanie go nie następuje wielkich trudności, odbywa się najczęściej przez usuwanie ręczne i wywożenie taczkami, przy zupełnym spuszczeniu wody z osadnika. Potrzeba czyszczenia osadnika zachodzi rzadko, powtarza się ono z reguły nie częściej jak raz na kilka, wzglądnie kilkanaście miesięcy.

Powierzchnia rzutu poziomego osadnika P jest stosunkowo duża i z reguły dzieli się ją na szereg komór, przez co obsługa poszczególnych komór, wzglądnie oczyszczanie tychże, przez wyłączenie ich z normalnego przepływu wody, jest wielce udogodnione.

W tych osadnikach oczyszczanie się wody ma przebieg, który ściślej nagina się do naszego rozumowania, aniżeli przy osadnikach pierwszego typu, powyżej omówionych, t. j. przy zakładach o sile wodnej. Główne czynniki, wpływające na konstrukcję osadników w przypadku pierwszym, mają tu znaczenie drugorzędne.

Przed projektem zatem osadników tego rodzaju, należy najpierw wykonać dokładne zbadanie ilości i jakości materiałów niesionych przez wodę, pod względem ciężaru właściwego i wymiaru średnicy d . Badanie to należy przeprowadzić wielokrotnie, w możliwie długim okresie czasu, tak, aby mieć obraz ruchu materiałów przy różnych stanach wody, oraz przedstawić procentową zawartość różnych ziarn.

Następnie należy przyjąć najmniejszy wymiar średnicy ziarnka d_1 , aby wszystkie ziarnka o średnicy równej d_1 i średnicach większych zatrzymać w osadniku. Innemi słowy, ziarnka o średnicy mniejszej od powyżej przyjętej wartości d_1 , z powodu naprzykład znikomo małej ilości, mogą pozostać na filtrach bez szkody dla nich, wzglądnie pozostaną nadal w wodzie, o ile cel użytkowania to dopuszcza. Dla przyjętej w ten sposób wartości d_1 wyznacza się prędkość opadania w wodzie c przy pomocy wzoru 23-go, oraz średnią prędkość przepływu wody przez osadnik ze wzoru 37 *b*.

W dalszym ciągu, przyjmując głębokość h , wyznacza się przy pomocy równań 38—38 *d* wielkość przekroju poprzecznego, powierzchnię rzutu poziomego, objętość i długość osadnika, oraz czas osadzania się, czyli czas przepływu wody przez osadnik.

Obliczoną według równania 39 długość osadnika l powiększyć należy o kilkanaście do 80%, dla uwzględnienia części przy wlocie i wylocie, gdzie przepływ wody jest nierównomierny. Strugi wody bowiem w tych partjach albo się zbliżają, albo oddalają, nie może zatem być mowy aby się tu odbywało prawidłowe oczyszczanie wody.

Głębokość osadnika h należałoby przyjmować jak najmniejszą, jak to już poprzednio zaznaczono, stopień bowiem oczyszczenia wody określony równaniem 38 *e*, t. j. $P = \frac{Q}{c}$, jest niezależny od głębokości, przy danem z góry, wzglądnie przyjętem c . Przyjmując zaś h większe, otrzymuje się z równania 38-go większą długość, a z równania 38 *b* większą objętość robót ziemnych.

Dotychczasowy sposób projektowania osadników, polegający na przyjmowaniu z góry czasu przejścia wody przez osadnik, bez poprzedniego zbadania w wo-

dzie zawartego materiału i to tak co do jego ilości, jak i wymiarów i ciężaru właściwego, należy uważać za niewłaściwy. Przyjmując bowiem czas ten za krótki, naraża się budującego na straty i dodatkowe budowie w późniejszym czasie, przyjmując go natomiast za długi, powiększa się bez potrzeby kosztu budowy. Ponadto zbyt długie zatrzymywanie wody w osadnikach sprzyja zwykle niepożądanemu rozwojowi drobno-ustrojów.

Przykład. Dla zaopatrzenia w wodę miasta ujmującego wodę z rzeki, należy zaprojektować osadniki. Największa ilość wody doprowadzanej na osadniki wynosi $Q \text{ m}^3/\text{sek}$. Badania zawartych w wodzie materiałów wykazały, że zawartość ziarn o średnicy poniżej $0,001 \text{ cm}$ jest znikomo mała i nie potrzebuje być brana pod uwagę. Ciężar materiałów γ wynosi około $2,0 \text{ gr/cm}^3$.

Z równania 23 oznacza się prędkość opadania c , co najlepiej rozwiązać przy pomocy użycia djagramu (rys. 4), $c = 0,012 \text{ cm/sek} = 0,00012 \text{ m/s}$.

Poziomą prędkość przepływu przez osadnik oznaczam natomiast ze wzoru 37 b:

$$v = 62,7 (0,001)^{1/3} = 0,627 \text{ cm/s}$$

Tak oznaczoną prędkość pomniejszam dwa razy, ze względu, że wzór 37 b został wprowadzony dla rumowiska, którego ciężar właściwy jest znacznie większy t. j. równy około 2,6, więc:

$$v = 0,311 \text{ cm/s} = 0,00311 \text{ m/s}$$

Powierzchnia rzutu poziomego według równ. 38 c:

$$P = \frac{Q}{c} = \frac{Q}{0,00012} = (8333 \cdot Q) \text{ m}^2$$

Przyjmując głębokość osadnika $h = 3,0 \text{ m}$ oblicza się z równania 38-go potrzebną długość osadnika:

$$l = \frac{v}{c} h = \frac{0,00311}{0,00012} \cdot 3,0 = 78,5 \text{ m}$$

a dodając do tego 20 procent, z powodu niejednostajnego przepływu przy wlocie, otrzymuje się całkowitą długość: $l = 1,2 \cdot 78,5 = 94 \text{ m}$.

Przekrój poprzeczny osadnika z równania 38 a:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{Q}{0,00311} = (318 \cdot Q) \text{ m}^2$$

Szerokość osadnika:

$$B = \frac{F}{h} = \frac{318 \cdot Q}{3,0} = (106 \cdot Q) \text{ m}$$

Pojemność osadnika z równania 38 b:

$$V = P \cdot h = 8333 \cdot Q \cdot 2,0 = 24999 Q = \infty (25000 \cdot Q) \text{ m}^3$$

Czas przepływu przez osadnik:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{94}{0,00311} = 30200 \text{ sekund} = \infty 8 \text{ godz. } 23 \text{ min.}$$

Na zakończenie tej pracy muszę nadmienić, że materiał, jaki jest do dyspozycji, jest niewątpliwie jeszcze za szczupły dla ostatecznego rozwiązania problemu wytkniętego we wstępie. Proszę więc kolegów zawodowych, którzy bliżej interesują się kwestią osadników w tej pracy omawianą i posiadają jakiegokolwiek konkretne badania, względnie pomiary związane z omawianymi tu zagadnieniami, o podzielenie się nimi ze mną. W ten sposób będzie można sprawdzić podane tu wzory, oraz przeprowadzić ewentualne w nich zmiany, względnie ich dalsze zróżniczkowanie.

Literatura.

1. M. Mazur: „Oczyszczanie wody w zakładach o sile wodnej przy pomocy osadników“. *Czasopismo Techniczne* 1924.
 2. M. Huber: „Refleksje na temat hydrauliki“. *Czasopismo Techniczne* 1926.
 3. A. Born: „Badanie objętości materiału unoszonego Wisłą pod Toruniem“. *Czasopismo Techniczne* 1928.
 4. M. Matakiewicz: „Ogólna formuła na średnią chyżość przepływu w łożyskach rzecznych i kanałowych“.
 5. M. Broszko: „Über turbulente Strömung durch Röhren“.
 6. Troskoleński: „Hydrodynamika“.
 7. Ludin: „Die Wasserkräfte“.
 8. Krey: „Widerstand von Sandkörnern und Kugeln bei der Bewegung im Wasser“.
 9. Lamb: „Lehrbuch der Hydrodynamik“.
 10. Köhn: „Beiträge zur Theorie und Praxis der mechanischen Bodenanalyse“.
 11. Kreuter: „Der Flussbau (Handbuch d. Ingenieurwissenschaften)“.
 12. Jasmund: „Fließende Gewässer“ (Handbuch d. Ingenieurwissenschaften).
 13. Schaffernak: „Neue Grundlagen f. d. Berechnung der Geschiebeführung in Flussläufen“.
 14. Schoklitsch: „Geschiebebewegung im Flüssen und an Stauwerken“.
 15. Forchheimer: „Hydraulik“.
 16. Lanchester: „Aerodynamik“.
 17. Schaffernak: „Die Theorie des Geschiebetriebes und ihre Anwendung“ *Z. d. Ö. I. A. V.* 1916.
 18. Kożeny: „Über die mechanische Wirkung des fließenden Wassers auf feste Körper“. *Die Wasserwirtschaft* 1929.
 19. Deutsch: „Handbuch der Bodenlehre“ IV B.
 20. Weyrauch: „Hydraulisches Rechnen“.
 21. Lippke: „Das Abflussproblem des freifließenden Stromes“, *Die Wasserwirtschaft* 1931.
- Reszta literatury w tekście.

Inż. Robert Szewalski

Adjunkt Politechniki Lwowskiej.

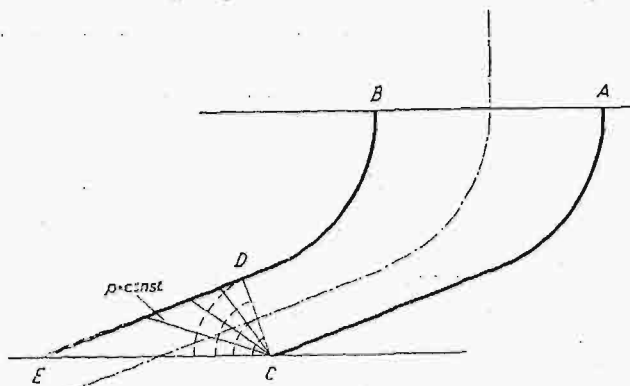
Praca kierownic turbinowych przy ponadkrytycznych spadkach cieplnych.

I. Wstęp.

Os kierownicy turbinowej nachylona jest względem płaszczyzny jej przekroju wylotowego pod kątem, którego wielkość wywiera — jak wiadomo — doniosły wpływ na sprawność danego stopnia turbinowego. Utworzony skutkiem takiego położenia osi t. zw. trójkąt wylotowy, mieszczący się pomiędzy przekrojem wylotowym rachunkowym, t. j. najmniejszym przekrojem kierownicy (rys. 1, przekrój CD), a przekrojem skośnie względem osi położonym (CE), nadaje kierownicy turbinowej pewne właściwości specjalne, odróżniające ją

od przyrządu ekspansyjnego o osi prostej, jakiego używa się np. w technice pomiarowej. Dzięki bowiem trójkątowi wylotowemu posiada kierownica turbinowa zdolność opanowywania spadków cieplnych większych od krytycznego i tem samym szerszy obszar zastosowalności. To też w ostatnich stopniach akcyjnych turbin kondensacyjnych, pracujących najczęściej przy dużych ponadkrytycznych spadkach cieplnych, zastąpiła kierownica w zupełności droższą i gorzej przystosowaną się do zmiennych warunków pracy dyszę. To samo można najczęściej powiedzieć o regulacyjnych

stopniach turbin, wykonywanych wszak zwykle jako stopnie Curtisa ze znaczniejszym spadkiem cieplnym. Oto powody, dla których znajomość praw ekspansji pary w t. zw. trójkacie wylotowym kierownicy nabiera praktycznego znaczenia i doniosłości. W literaturze znanych jest kilka metod rachunkowych traktujących ten problem, wszystkie w sposób przybliżony; z tych metoda Meyer'a - Prandtl'a¹⁾, zastosowana do przypadków praktycznych przez Loschge'go, traktuje problem ten w całości, metody zaś podane przez Baer'a²⁾ i Zerkowitza³⁾ tylko częściowo, pozwalają bowiem jedynie na ocenę odchylenia strumienia pary związanego nierozłącznie ze zjawiskiem ekspansji w trójkacie wylotowym. Zanim przejdziemy do krytycznej oceny poszczególnych metod zajniemy się czysto jakościowym rozważeniem danego zjawiska.



Rys. 1.

Zgodnie z zasadniczymi prawami ekspansji pary w przewodach (równanie de St. Venant'a) ustala się w przekroju najwęższym kierownicy (CD) przeciwcisnienie (p_2), o ile ono jest większe od ciśnienia krytycznego albo jemu równe. Strumień pary występuje wtedy z kierownicy — o ile, nawiasem mówiąc, prowadzony był na dostatecznej długości w ściankach równoległych — jako strumień zwarty, w kierunku osi przyrzędu, a więc bez odchylenia. Ekspansja pary ukończona jest w przekroju najwęższym, trójkąt wylotowy jest „nieczynny”. Inaczej ma się rzecz, gdy przeciwcisnienie (p_2) spada poniżej ciśnienia krytycznego. Wtedy w przekroju najwęższym (CD) ustalają się parametry krytyczne pary (p_{kr} , c_{kr} , v_{kr} i t. d.), bezpośrednio zaś za tym przekrojem, koło krawędzi C , strumień mając już możność dalszego powiększania swych przekrojów poprzecznych — bowiem przestaje być prowadzonym w ściankach przyrzędu — ulega dalszej ekspansji. Trójkąt wylotowy odgrywa zatem w kierownicy pracującej ze spadkiem cieplnym ponadkrytycznym podobną rolę, co część rozszerzająca się w dyszy de Laval. Ekspansja ta jednak połączona być musi z odchyleniem strumienia pary. Podczas, gdy bowiem spadek ciśnienia od p_{kr} do p_2 odbywa się koło krawędzi C z natury rzeczy gwałtownie, na stosunkowo bardzo krótkiej drodze, to spadek ten wzdłuż ściany DE odbywa się znacznie wolniej tak, że układ izobar pośrednich musi mieć, w przybliżeniu przynajmniej, charakter pęku promieni wychodzących z punktu C , układ zaś linii największego spadku ciśnienia w konsekwencji posiadać musi charakter układu spółśrodkowych łuków kolistych ze środkiem w p. C . Ponieważ zaś w kierunku linii największego spadku ciśnienia dodają się w sposób geometryczny do istniejących już prędkości nowe

prędkości składowe, nachylone wogólności, pod kątem względem osi przyrzędu, tem samem więc strumień pary ulec musi odchyleniu od dotychczasowego kierunku i to tem bardziej, im dalej posunięta jest ekspansja. Ten hipotetyczny rozkład izobar jako pęku promieni wychodzących z p. C potwierdzony został przez doświadczenie, że wymienię tylko doświadczenia Stodoli, Josse'go i Christleina, z tem, że promienie wychodzące z punktu C ulegają zakrzywieniu w kierunku przeciwnym ruchowi strumienia pary i kończą się przy ścianie DE elementami do niej prostopadłymi. Taki rozkład izobar jest także teoretycznie jedynie uzasadniony. Wszelkie bowiem inne przyjęcie, dopuszczające w trójkacie wylotowym spadek ciśnienia prostopadle do ściany DE , prowadziłoby konsekwentnie do konieczności oderwania się strumienia pary od tej ściany, co oczywiście jest niemożliwe, jak długo ciśnienie w strumieniu pary jest wyższe od przeciwcisnienia (p_2). Strumień pary musi zatem wypełniać całkowicie trójkąt wylotowy i opuszcza go rozbieżny. Poszczególne strugi odchylają się niejednolicie od kierunku osi przyrzędu, przyczem kąt odchylenia największy jest przy krawędzi C i maleje stopniowo aż do zera przy ścianie DE .

Jakkolwiek interesującą jest rzeczą odtworzenie obrazu linii prądu w trójkacie wylotowym kierownicy, to jednak najważniejszą wydaje się być znajomość średniego kąta odchylenia strumienia pary (ω_{sr}), jako miarodajnego dla konstrukcji profilów łopatkowych danego stopnia. Zadanie to da się — jak zobaczymy — rozwiązać wcale dokładnie.

Trudniej już jest odpowiedzieć na drugie pytanie technicznie ważne: Jaki jest największy stosunek ciśnień $\frac{p_1}{p_2}$ dający się opanować daną kierownicą? W dyszy de Laval, w której pominiemy wpływ jej trójkąta wylotowego, stosunek ten jest funkcją stosunku przekrojów największego dyszy do najmniejszego. Trójkąt wylotowy kierownicy przedstawia przez analogię także tylko ograniczone możliwości ekspansji dla strumienia pary, który nie może tu przecież rozszerzyć się dowolnie szeroko. Im niższe jest przeciwcisnienie (p_2), tem większa jest część „czynna” trójkąta wylotowego i przy pewnej odpowiednio niskiej wartości stosunku $\frac{p_2}{p_1}$ cały trójkąt wylotowy kierownicy bierze już udział $\frac{p_2}{p_1}$ w ekspansji strumienia pary; dalsze obniżanie przeciwcisnienia prowadzi wtedy do ekspansji poza kierownicą, która — jak wykazuje rachunek — nawet w przypadku teoretycznym, tj. bez tarcia, odbiega od adiabaty, dostarczając w rezultacie odpowiednio mniejszych prędkości pary. Gdyby izobary z p. C miały przebieg całkowicie prostoliniowy, natenczas możnaby określić ciśnienie na izobarze wpadającej w płaszczyznę wylotową CE , a tem samem byłaby dokładnie znana granica, do jakiej doprowadzoną być może ekspansja w obrębie samej kierownicy. Wiedzielibyśmy, do jakiego stosunku ciśnień $\frac{p_2}{p_1}$ stosować prawa ekspansji ważne dla kierownic, a gdzie zacząć stosować wzory na ekspansję w szczelinie. Tak jednak nie jest. Istnieje wprawdzie pewna izobara graniczna mieszcząca się jeszcze całkowicie w obrębie trójkąta wylotowego kierownicy (prosta CE jest styczną do niej w p. C), ale poza nią istnieje cały obszar izobar mieszczących się częściowo w obrębie kierownicy, częściowo zaś poza nią. Do tego obszaru niewiadomo jakie stosować wzory. Jeśli zatem określenie największego stosunku ciśnień $\frac{p_1}{p_2}$, dającego się opanować daną kierownicą, ma za cel ustalenie

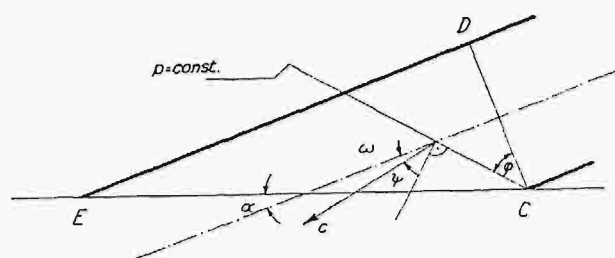
1) Prandtl, Physik. Zeitschrift 1907.
Meyer, Mitt. über Forschungsarbeiten, H. 62.
Loschge, Z. d. V. D. I. 1916.
2) Baer, Z. d. V. D. I. 1916.
3) Zerkowitz, Z. d. V. D. I. 1917.

granicy, do jakiej ważne są pewne wzory, a od której zaczynają obowiązywać inne, to granica taka ściśle ustalić się nie da.

II. Metoda Prandtl - Meyer - Loschge.

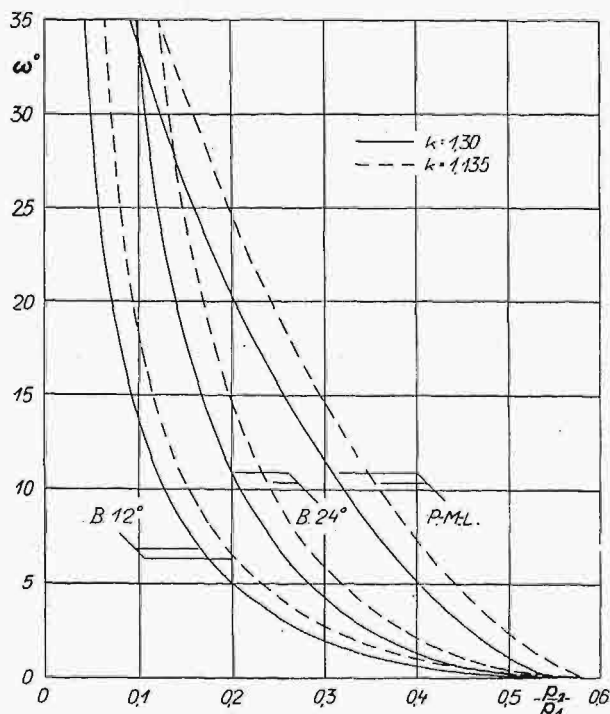
Teoria Prandtl'a i Meyer'a ustaliła reguły ekspansji dla nieskończonego szerokiego strumienia gazu, występującego około krawędzi z szybkością ponadkrytyczną z obszaru wyższego do obszaru niższego ciśnienia. Założenia teorii tej, opartej na analogji do teorii t. zw. zjawiska Mach'a, są następujące:

1. Strumień gazu stanowi układ izolowany, niepoddany działaniu sił zewnętrznych, ani nie wymieniający ciepła z otoczeniem.
2. ruch gazu jest ustalony, nieobarczony tarciami;
3. stan gazu wzdłuż promieni wychodzących z p. C jest niezmienny.



Rys. 2.

W założeniach teorii Prandtl'a i Meyer'a dopatrzyl się pierwszy Loschge dużego podobieństwa do warunków ekspansji pary w trójkącie wylotowym kierownicy pracującej z ponadkrytycznym spadkiem cieplnym, gdzie około krawędzi C równoległy dotąd strumień pary występuje również z obszaru niższego ciśnienia. Loschge też zastosował pierwszy do kierownic wyniki teorii Prandtl'a i Meyer'a.



Rys. 4.

Oznaczając przez φ kąt zawarty pomiędzy dowolną izobarą (p) w trójkącie wylotowym a kierunkiem CD , oraz $\delta = 90^\circ - \psi$ — kąt Mach'a, t. j. kąt zawarty pomiędzy rozpatrywaną izobarą a kierunkiem panują-

cej na niej prędkości pary, otrzymujemy za Meyer'em związku (rys. 2):

$$\operatorname{tg} \left[\varphi \sqrt{\frac{k-1}{k+1}} \right] = \sqrt{\frac{2}{k+1} \cdot \left(\frac{p_1}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \psi = \sqrt{\frac{2}{k-1} \cdot \left(\frac{p_1}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - \frac{k+1}{k-1}} \quad (2)$$

oraz przynależny kąt odchylenia pary:

$$\omega = \varphi - \psi \quad (3)$$

Dla każdego stosunku $\frac{p}{p_1} < \frac{p_{kr}}{p_1}$ można tą drogą ustalić:

1. położenie dowolnej izobary (p) w trójkącie wylotowym;
2. przynależny kąt odchylenia strumienia pary.

Dla danej zaś kierownicy obliczyć można najmniejszą wartość stosunku $\frac{p}{p_1}$, a więc granicę ekspansji pary w trójkącie wylotowym (po podstawieniu we wzorze (1): $\varphi = 90^\circ - \alpha$, gdzie α jest kątem pochylenia rozpatrywanej kierownicy turbinowej).

Poniżej zestawienie liczbowe wyników i wykres (rys. 4).

$\frac{p}{p_1}$	$k=1,30$			$k=1,135$		
	φ	ψ	ω	φ	ψ	ω
0,00	249°37'	90°00'	159°37'	357°54'	90°00'	267°54'
0,05	112 30	67 10	45 20	119 50	66 35	53 15
0,10	96 3	62 27	33 36	102 15	62 25	39 50
0,15	84 28	58 30	25 58	90 1	58 54	31 7
0,20	74 51	54 43	20 8	80 4	55 33	24 31
0,25	66 20	50 53	15 27	71 18	52 8	19 10
0,30	58 16	46 49	11 27	63 10	48 32	14 38
0,35	50 21	42 17	8 4	55 19	44 34	10 45
0,40	42 13	37 3	5 10	47 26	40 2	7 24
0,45	35 20	30 34	2 46	39 03	34 36	4 32
0,50	22 30	21 34	0 56	29 46	27 35	2 11
0,5457	0 0	0 0	0 0	—	—	—
0,55	—	—	—	17 20	16 51	0 29
0,5774	—	—	—	0 0	0 0	0 0

Ponieważ podług tej teorii wszystkie strugi pary odchylają się jednakowo, tem samem powstaje pewnego rodzaju „zakrzywiony strumień równoległy“. Meyer podał nawet równanie linii prądu, posługując się układem współrzędnych biegunowych:

$$r = r_0 \left[\cos \left(\varphi \sqrt{\frac{k-1}{k+1}} \right) \right]^{\frac{k+1}{k-1}}$$

W tem: $r_0 = CD$ — jest szerokością strumienia w przekroju największym.

Wynik ten nie może być oczywiście słuszny, bo strumień pary musi wypełniać całkowicie trójkąt wylotowy. Zastanówmy się zatem nad tem, o ile założenia teorii Prandtl'a i Meyer'a odbiegają od rzeczywistych warunków ekspansji pary w trójkącie wylotowym kierownicy?

Ad 1. Działanie sił zewnętrznych, tj. w tym przypadku sił masowych, można istotnie doskonale pominąć z powodu stosunkowo bardzo nieznacznej gęstości ciał gazowych. Podobnie też okazuje się słusznem założenie adiabatyczności przebiegu.

Ad 2. W rzeczywistości przepływ przez kierownicę obarczony jest tarciami. Jak wykazują doświadczenia są jednak straty przepływu w kierownicach bardzo nieznaczne, jak wogóle w przyrządach, w których odbywa się zamiana ciśnienia na prędkość. Samo nieuwzględnienie tarcia nie odbierałoby zatem wzorom

Meyer'a praktycznej ważności jako przybliżonemu rozwiązaniu problemu⁴⁾.

Ad 3. Przyjęcie prostolinowego przebiegu izobar jest właściwym źródłem niedokładności wzorów Meyer'a w zastosowaniu do kierownic. Założenia Meyer'a słuszne są jedynie dla strugi pary płynącej w bezpośredniej bliskości krawędzi C i dla niej jedynie podają wzory te właściwą wartość kąta odchylenia.

Reasumując powyższe powiemy, że teoria Meyer'a podaje z wystarczającą dokładnością jedynie największą wartość kąta odchylenia pary w kierownicy dla danego stosunku $\frac{p_2}{p_1}$, nie daje natomiast możliwości określenia średniej wartości tego kąta, miarodajnej dla konstrukcji profilów łopatkowych.

III. Metoda Baer'a.

Metoda podana przez Baer'a, uchodząca w literaturze turbinowej za metodę przybliżoną w przeciwieństwie do dokładnej metody Prandtl-Meyer-Loschge, przyjmuje, że strumień pary opuszcza kierownicę po rozprężeniu się do przeciwności (p_2) jako strumień zwarty, równoległy. Ponieważ wysokość strumienia nie może ulec zmianie, jeśli ekspansja ukończona jest w obrębie samego trójkąta wylotowego, przeto musi się zmienić jego szerokość, a to w stopniu wynikającym z zastosowania równania ciągłości do dwóch przekrojów, krytycznego CD i końcowego EF (rys. 3).

$$G = F_{kr} \cdot \frac{c_{kr}}{v_{kr}} = F_2 \cdot \frac{c_2}{v_2}$$

$$F_{kr} = \overline{CD} \cdot h$$

$$F_2 = \overline{EF} \cdot h$$

$$\frac{\overline{EF}}{\overline{CD}} = \frac{c_{kr}}{v_{kr}} \cdot \frac{v_2}{c_2}$$

Jeżeli oznaczymy przez: α — kąt pochylenia kierownicy, zaś przez: ω — kąt odchylenia strumienia pary, otrzymamy:

$$\overline{EF} = \overline{CE} \cdot \sin(\alpha + \omega),$$

$$\overline{CD} = \overline{CE} \cdot \sin \alpha,$$

i wreszcie:

$$\sin(\alpha + \omega) = \sin \alpha \cdot \frac{c_{kr}}{v_{kr}} \cdot \frac{v_2}{c_2}$$

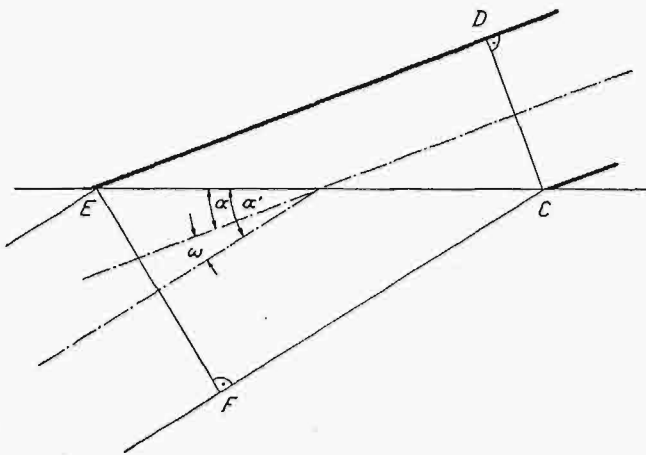
W równaniu tem nieznanne jest tylko ω i można je stąd obliczyć podług Baer'a nader prosto, wstawiając wartości za pozostałe zmienne: α , c_{kr} , v_{kr} , v_2 , c_2 , bądźto dające się oznaczyć z zasadniczych praw ekspansji pary, bądź też podlegające przyjęciu (α). Straty przepływu uwzględnić jest tutaj łatwo. Charakterystyczną dla danej metody jest wynikająca z niej, a niedająca się zresztą należycie uzasadnić, zależność kąta odchylenia ω od wielkości kąta pochylenia kierownicy α !

Co do największego stosunku ciśnień dającego się opanować daną kierownicą nie pozwala metoda na wyciągnięcie jakichkolwiek wniosków.

⁴⁾ Inna rzecz, że uwzględnienie tarcia we wzorach Meyer'a nie jest wogóle możliwe bez naruszenia jego podstaw matematycznych, klóci się bowiem z przyjęciem za podstawę teorii równaniem ruchu niewirowego. Loschge „uwzględnił” wprawdzie tarcie w tych wzorach, stosując jedynie zamiast równanie adiabaty równanie politropy o wykładniku: $n < k$, nie zmieniając przytem ogólnej budowy i formy zewnętrznej równań Meyer'a, sposób ten jednak, zatrzymując za podstawę teorii nadal równanie ruchu niewirowego, jest teoretycznie nieścisły, a znacznie praktyczne posiada o tyle tylko, o ile pozostałe założenia teorii Meyer'a spełniają warunki zagadnienia.

Nawiasem mówiąc, otrzymał Loschge przy uwzględnieniu tarcia mniejsze kąty odchylenia dla tych samych stosunków $\frac{p_2}{p_1}$, dla danej zaś kierownicy możliwość opanowywania większych spadków cieplnych niż bez uwzględnienia tarcia.

Ponieważ metoda ta opiera się na zastosowaniu zasady ciągłości strumienia pary do dwóch przekrojów CD i EF , przeto odpowiadające tym przekrojom parametry c_{kr} , v_{kr} , v_2 i c_2 musiałyby dla tych przekrojów przedstawiać wartości przeciętne. Tymczasem tylko trzy pierwsze czynniki (c_{kr} , v_{kr} , v_2), obliczone podług recepty Baer'a z ogólnych prawideł ekspansji pary, czynią zadość temu warunkowi. Czwarty natomiast czynnik (c_2) jest w przekroju EF wybitnie zmienny, co wynika z faktu istotnej rozbieżności strumienia pary wpływającego z kierownicy.



Rys. 3.

Wartość średnia: $c_{2, sr} = \frac{\int_{EF} c_2 \cdot dF}{F}$ ⁵⁾ jest niewąt-

pliwie znacznie mniejszą od c_2 obliczonego z równania de St. Venant'a wzgl. spadku ciepłika pary w kierownicy, a to tem bardziej, czem mniejszą jest część czynna trójkąta wylotowego. Możemy zatem przypuszczać na podstawie samych rozważań natury ogólnej, że metoda Baer'a dostarcza w ogólności za małych kątów odchylenia pary, przy czem błąd największy procentowo przy nieznacznym tylko przekroczeniu spadku krytycznego maleje w miarę, jak coraz to większa część trójkąta wylotowego bierze udział w ekspansji strumienia pary. Rachunek porównawczy potwierdzi tylko słuszność narzucającego się stąd wniosku, że metoda ta nie może być żadną miarą uważana za metodę przybliżoną, ponieważ polega na niedopuszczalnym uproszczeniu zjawiska.

Celem porównania wyników metody Baer'a z metodą Prandtl-Meyer-Loschge poddamy zasadniczy wzór Baer'a przeróbce, polegającej na sprowadzeniu wszystkich zmiennych niezależnych do trzech tylko zmiennych: k , α i $\frac{p_2}{p_1}$. Założymy przytem dla porównania ekspansję podług teoretycznej adiabaty:

$$\frac{\sin(\alpha + \omega)}{\sin \alpha} = \frac{c_{kr}}{v_{kr}} \cdot \frac{v_2}{c_2}$$

Podstawiamy:

$$c_{kr} = \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k+1} \cdot p_1 \cdot v_1}$$

$$v_{kr} = v_1 \cdot \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{k}}$$

⁵⁾ Całkowanie rozciąga się na całą powierzchnię przekroju EF .

$$c_2 = \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

Stąd:

$$\frac{\sin(\alpha + \omega)}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{k-1}{k+1}} \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}}}}$$

$\frac{p_2}{p_1}$	$k=1,30$				$k=1,135$			
	$\alpha=12^\circ$	$\alpha=16^\circ$	$\alpha=20^\circ$	$\alpha=24^\circ$	$\alpha=12^\circ$	$\alpha=16^\circ$	$\alpha=20^\circ$	$\alpha=24^\circ$
0,00	—	—	—	—	—	—	—	—
0,05	29°56'	46°20'	—	—	43°18'	—	—	—
0,10	13 34	18 54	25°16'	33°34'	17 57	25°27'	35°14'	53°43'
0,15	7 55	10 50	14 4	17 47	10 24	14 21	18 50	24 15
0,20	4 58	6 46	8 41	10 49	6 32	8 55	11 32	14 28
0,25	3 10	4 17	5 29	6 47	4 16	5 47	7 30	9 13
0,30	1 59	2 41	3 25	4 12	2 43	3 40	4 41	5 46
0,35	1 10	1 35	2 1	2 28	1 44	2 21	2 59	3 41
0,40	0 37	0 54	1 3	1 18	1 0	1 21	1 43	2 7
0,45	0 15	0 21	0 27	0 33	0 29	0 39	0 50	1 1
0,50	0 4	0 5	0 6	0 7	0 9	0 12	0 16	0 20
0,5457	0 0	0 0	0 0	0 0	—	—	—	—
0,55	—	—	—	—	0 3	0 4	0 5	0 6
0,5774	—	—	—	—	0 0	0 0	0 0	0 0

Kąt odchylenia ω jest zatem funkcją trzech zmiennych $\left(\frac{p_2}{p_1}, \alpha, k \right)$. Poniżej zestawienie liczbowe wyników i wykres (rys. 4).

Przy małych wartościach $\frac{p_2}{p_1}$ wypada z rachunku $\sin(\alpha + \omega) > 1$; zachunek zatem zawodzi.

Uwzględnienie tarcia prowadzi do większych kątów odchylenia; efekt przeciwny niż podług Loschge'go.

Porównanie kątów odchylenia obliczonych podług Baer'a i Mayer'a - Prandtl'a mówi samo za siebie. Kąty obliczone metodą Baer'a stanowią w zakresie częściej zdarzających się stosunków ciśnień $\left(\frac{p_2}{p_1} > 0,35 \right)$ conajwyżej dwadzieścia kilka procent wartości obliczonych metodą Meyer'a. Natomiast zgodność wartości obliczonych obydwoma metodami przy bardzo małych wartościach $\frac{p_2}{p_1}$ ($\approx 0,05$) jest wogóle bez znaczenia, skoro ekspansja w trójkątach wylotowych kierownic kończy się już przeważnie na stosunkach ciśnień: $\frac{p_2}{p_1} = 0,20-0,15$.

(Dok. nast.).

Wiadomości z literatury technicznej.

Obróbka metali.

— **Obrabialność odlewów stalowych.** Za miarę porównawczą obrabialności metali uznajemy między innymi taką prędkość skrawania, która zapewnia pracującemu narzędziu określony zgóry czas trwania w stanie zdatym do użytku. Wyniki otrzymane drogą toczenia, wiercenia, frezowania względnie strugania różnią się między sobą, ponieważ każdemu z wymienionych sposobów obróbki towarzyszą inne specyficzne warunki pracy. Przytoczone w niniejszej wzmiance dane z doświadczeń nad obrabialnością odlewów stalowych otrzymano zapomocą wiercenia, ustalwszy jako poziom porównawczy dla prędkości skrawania czas, potrzebny do wiercenia otworów o łącznej długości 2000 mm (patrz: A. Wallichs u. H. Beutel: „Die Zerspanbarkeit des Stahlgusses im Bohrvorgang“. Die Giesserei 25/1932, S. 241-245). Zbadano wpływ na obrabialność odlewu stalowego następujących czynników:

- zawartości węgla,
- sposobu obróbki termicznej,
- zawartości krzemu,
- zawartości fosforu i siarki,
- smarowania i chłodzenia.

Wzrastająca zawartość węgla pogarsza obrabialność odlewów stalowych. Zbadano dwie próbki: próbkę W10 ($C\% = 0,217$, $Rr = 50,0 \text{ kg/mm}^2$, $Ax \ 5\% = 24$), oraz próbkę W9 ($C\% = 0,28$, $Rr = 47,25 \text{ kg/mm}^2$, $Ax \ 5\% = 16$). Przyrost porównawczej prędkości V_L wynosił $3,5 \text{ m/min}$ na korzyść małowęglistej próbki W10.

Odlewy stalowe ulepszone obrabiają się gorzej, niżeli wyżarzane. Zbadano zachowanie się w czasie obróbki odlewu stalowego, zawierającego 1,3% niklu, obrabionego termicznie w dwojaki sposób. Jedną próbkę W16 wyżarzono w temperaturze 700°C , drugą W17 ulepszono, hartując w oleju i odpuszczając w temperaturze 680°C . Obie próbki wykazały po wymienionych zabiegach termicznych identyczną wytrzymałość na rozzerwanie Rr . Przyrost porównawczej prędkości skrawania wynosił $4,5 \text{ m/min}$ na korzyść wyżarzonej próbki W16.

Doświadczenia uwiarydliły również szkodliwy wpływ krzemu na obrabialność odlewu stalowego. Gatunki bogate w krzem tworzyły podczas wiercenia wióry, które zwijają

się ciasno z trudnością, wychodziły z kanałów wiertła. W następstwie tego ostrze nagrzewało się zbyt silnie i odpuszczało się łatwo.

Wpływu zawartości fosforu i siarki nie ustalono dostatecznie ściśle, ponieważ podczas skrawania oddziaływały i inne czynniki, których nie zdołano wyeliminować.

Wybór środka chłodzącego smarującego, np. wody lub oleju wiertniczego, należy dostosowywać do gatunku obrabianego odlewu stalowego. Tam, gdzie z powodu trudnego odprowadzenia wióra następuje silne nagrzanie ostrza należy stosować wodę, która jest środkiem intensywnie chłodzącym. Olej wiertniczy dobrze spełnia swoje smarujące zadanie w wypadku gatunków, które tworzą wióry łatwo wychodzące z otworu.

L. E.

— **Obróbka metali.** Ciekawy artykuł p. t.: „Die Arbeitsverfahren der Feinstbearbeitung“, który traktuje o nomenklaturze i podziale licznych sposobów obróbki, służyących do najdokładniejszych wykończeń powierzchni metali, zamieszcza Dr. inż. Alf Schroeder w czasopiśmie *Maschinenbau* Nr. 10, str. 205—209, z 19 maja 1932 r. Autor w sposób trafny przeprowadza systematyczny podział pomiędzy około stu różnorakimi czynnościami obróbczymi, znanymi w literaturze niemieckiej pod rozmaitymi nazwami, które na pierwszy rzut oka są niczem innym, jak tylko polerowaniami powierzchni, a jednak każda z nich ma specyficzne zastosowanie i metody pracy. Takie celowe zestawienie ułatwia niepomniernie studjującym niemiecką literaturę obróbczą zrozumienie całego szeregu nazw operacji, niewytłumaczonych dotychczasowo dostatecznie w tejże literaturze, oraz pozwala zorientować, gdzie się kończy jeden sposób dokładnej obróbki, a zaczyna inny.

L. E.

Drogi.

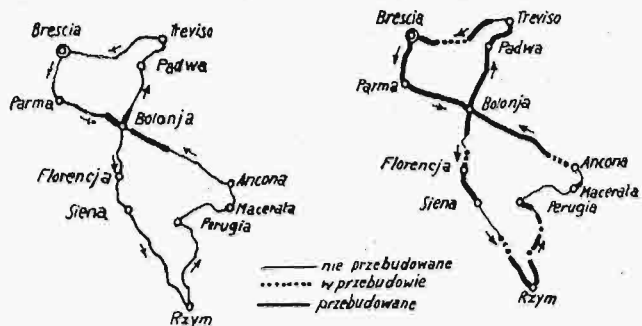
— **Wyciągi samochodowe jako sprawdzian poprawy dróg.** We Włoszech odbywają się rokrocznie od r. 1927 począwszy słynne wyciągi samochodowe „Mille Miglia“ (Tysiąc mil), które rozpoczynając się w Brescji przechodzą przez Parmę, Bolonję, Florencję, Sienę, Rzym, Perugię, Macerata, Ankonę, ponownie Bolonję, Padwę, Treviso i kończą w Brescji. Wyszczególniona sieć drogowa w formie ośenki ma długości 1630 km.

Togoroczny (9/4 1932) zwycięzca przebył tę drogę w 14 g. 55 m. 19 s., co daje wprost zawrotną chyżość

109.601 km/g, która tem więcej musi zastanawiać, iż więcej niżli połowa podanej drogi przypada na partje górskie a nadto normalny ruch na drodze nie jest w czasie wyścigów wstrzymany.

Pomijając szereg dalszych sportowych dat, odnoszących się do tego wyścigu, które nas zresztą mniej interesują, należy zwrócić uwagę na wpływ stanu dróg na osiągnięte w tym wyścigu rekordy.

Jak wiadomo, unowocześnienie dróg włoskich rozpoczęło się w r. 1928 i postępowało z roku na rok. Załączony szkic przedstawia stan dróg objętych tym wyścigiem w kwietniu 1928 oraz kwietniu 1931 r.



Stan w kwietniu 1928 Stan w kwietniu 1931

Poniżej w zestawieniu podaje się daty odnoszące się do rekordów wyścigowych w każdym roku oraz procentu przebudowy dróg:

Kwiecień	Przeciętna chyżość km/g	Przebudowa obejmowała w %
1927	77.238	—
1928	84.128	12
1929	89.680	30
1930	100.450	50
1931	101.146	70
1932	109.601	88

Z zestawienia tego widzimy, iż przy realizacji przebudowy w 88% powiększenie się chyżości wyniosło 42%. Okazuje się z tego, że zainicjowane roboty drogowe we Włoszech były celowe.

Wytyczne punkty, którymi kierowała się przy przebudowie rzeczonych dróg „Azienda Autonoma Statale della Strada“ były następujące:

1. Minimalna szerokość jezdni 8 m z rozszerzeniem w krzywiznach.
2. Minimalny promień krzywizny 50 m.
3. W krzywiznach spadek poprzeczny jednostronny w granicach 4–8‰.
4. W zasadzie zastosowano kilkakrotne powierzchniowe utrwalenie nawierzchni emulsją asfaltową, natomiast w wypadkach specjalnych, w pobliżu miast wykonano rozmaite nawierzchnie nowoczesne jak: topeka, bitulit, sintex, beton i bruk kamienny.
5. Zastosowano staranną sygnalizację tablicami ostrzegawczymi odnośnie do wszystkich partji niebezpiecznych. (Prof. E. Thomann. *Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen*).

— Światowa statystyka samochodowa. Wedle dat amerykańskich było na świecie w ruchu z dniem 1 stycznia 1932 — 35.7 mil. pojazdów mechanicznych (1/1 1931 — 35.8 mil), co przedstawia 0.3% ubytku w odniesieniu do daty z r. 1931. Jak z powyższego widzimy kryzys gospodarczy odbił się w tej dziedzinie stosunkowo nieznacznie. Stan ten podany w milionach sztuk przedstawia się w poniższej tabelce.

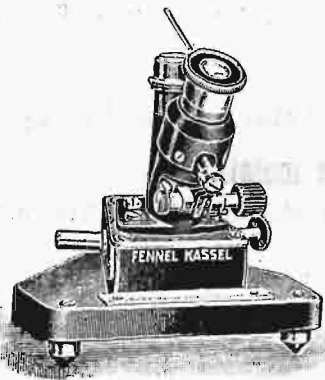
W Europie zatem stan pojazdów mech. z wyjątkiem omnibusów i motocykli nieco się nawet powiększył, podczas gdy w Stanach Zjednoczonych daje się we wszystkich typach zauważyć na razie skromny ubytek. Najsilniejszy ubytek wykazują motocykle.

	Samochody osobowe		Samochody ciężarowe		Omnibusy		Motocykle	
	1932	1931	1932	1931	1932	1931	1932	1931
Europa . .	3.96	3.77	1.46	1.34	0.135	0.151	2.24	2.43
Stany Zjed. Am. płnc.	22.67	23.25	3.37	3.41	0.075	0.081	0.10	0.11
Reszta świata . .	2.87	3.01	0.74	0.74	0.039	0.037	0.27	0.30

Znacznie gorzej przedstawia się natomiast statystyka produkcji samochodów. Kiedy w r. 1929 światowa produkcja samochodów obejmowała 6.2 mil. sztuk o wartości około 34.3 miliardów, to w r. 1931 spadła na 3 mil. sztuk z szacunkową wartością około 14.5 miliardów zł. Z całkowitej produkcji w r. 1931 przypada 79% na Stany Zjednoczone i Kanadę a 18% na europejski przemysł automobilowy. (*Verkehrstechnik* Nr. 10 dx 1932). E. B.

Miernictwo.

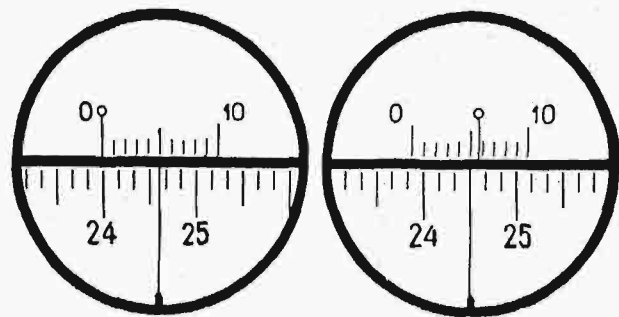
— Nowe mikroskopy do odczytywania podziałów limbusu przy teodolitach A. Fennela. Nowe mikroskopy różnią się tem od powszechnie znanych, że pomiędzy ich obiektywem a polem widzenia jest umieszczona płytka szklanna o ścianach równoległych.



Rys. 1.

Płytke tę można dowolnie pochylać zapomocą leniwki. Przez takie pochylanie przesuwają się obraz podziału limbusu względem nitki umieszczonej w polu widzenia mikroskopu. Wielkość przesunięcia tego obrazu podziału może być pomierzona na dodatkowym podziale, który jest umieszczony w polu widzenia lunety. Z płytką natomiast jest połączona marka do odczytywania w ten sposób, że przy

pochylaniu płytki przesuwają się ona wzdłuż wymienionej pomocniczej podziałki. Rys. 2 przedstawia pola widzenia takiego mikroskopu. W dolnej połowie pola widzenia widać obraz podziału koła poziomego. Do odczytywania służy widoczna nitka stała. W górnej połowie pola widać ów podział pomocniczy umieszczony w płaszczyźnie pola widzenia



Rys. 2.

oraz markę wędrującą w miarę pochylania płytki. Podział obejmuje 10 interwałów tak dobranych, że przesunięciu obrazu podziału limbusu o 1/6° odpowiada wędrowka marki podziału pomocniczego o 10 kresek tak, że 1 interwał odpowiada 1'.

Przy mniej dokładnych pomiarach, gdzie nam zależy przedewszystkiem na pośpiechu, możemy używać mikroskopu jako szacunkowego, oceniając odczyt do 1' bez używania podziału pomocniczego, np. odczyt wykonany na dolnym podziale rys. 2. 24° 36'. Przy dokładniejszych pomiarach

należy tak pochylić płytke, ażeby nitka pokryła się z kreską podziału $24^{\circ}30'$, wskutek tego marka przesunie się wzdłuż podziału górnego i zajmie położenie odpowiadające $5',7$; całkowity odczyt więc wynosi $24^{\circ}35',7$.

Takimi mikroskopami opatrzony jest teodolit 9 cm, natomiast przy teodolitech 12 cm. wprowadza Fennel mikroskopy o podziale dodatkowym dzielonym na 30 części, tak że można odczytywać do $20''$ a oceniać nawet do $2''$.

Podkreślić należy wielkie zalety tych mikroskopów, które przy zachowaniu wszystkich zalet mikroskopów szacunkowych, pozwalają na osiągnięcie dokładności odpowiadającej mikroskopom ze śrubą mikrometryczną. (*Zeitschrift f. Instr.* 1932.).

Dr. K. W.

Koleje.

— **Sowieckie drogi żelazne.** *Zeitung d. Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen* (Nr. 35 z r. 1931) podaje ciekawe dane co do rosyjskiego kolejnictwa, odbiegające znacznie od dat urzędowych.

Z 586.640 km sieci kolejowej ruch utrzymuje się zaledwie na 37.500 km linii głównych. Drugie tory i większość linii bocznych nie jest obsługiwana skutkiem braku taboru i lichego stanu nawierzchni.

Stan ilościowy parowozów 20.500, z czego 1200 nowych, dostarczonych przez Niemcy i Szwecję. Do ruchu zdolnych jest łącznie 2.300 parowozów. Z 21.800 wagonów osobowych kursuje 17.500, z tych wiele w bardzo złym stanie. Z 460.000 wagonów towarowych kursuje 110.000 do 115.000 jednostek; w stosunkowo najlepszym stanie z nich są cysterny w ilości 14.000.

Inż. A. W. Krüger.

RECENZJE I KRYTYKI.

I. Biuletyn Towarzystwa Geofizyków w Warszawie. (Kwartalnik, Warszawa 1932, zeszyty 1—5).

Pragniemy tu zwrócić uwagę czytelników *Czasopisma Technicznego* na powyższe wydawnictwo, gdyż zawiera ono również artykuły obchodzące blisko inżyniera hydrotechnika, — artykuły, w których pod rozległym płaszczem geofizyki wykłuwają się definicje zasadniczych pojęć hydrologicznych, względnie hydrotechnicznych. Praca to niezmiernie ważna i podstawowa, do której zresztą musimy się wziąć sami, jeżeli definicje te mają odpowiadać charakterowi naszego kraju, naszych rzek i strumieni. Na pierwszy plan wysuwają się w tym wydawnictwie prace tak wybitnych inżynierów, jak prof. Rybczyńskiego, Zubrzyckiego i Rundy. Jedną z tych prac pragnę na tem miejscu pokrótce omówić, nie w celu krytyki, ale aby wziąć udział w dyskusji, jaka się nad poruszoną tematem powinna rozwinąć. Chodzi mi o artykuł prof. M. Rybczyńskiego p. t.: „Kilka uwag o charakterystyce przepływów¹⁾”. Chodzi tu o rozgraniczenie od siebie stanów niskich, wysokich i średnich.

Autor nie godzi się ani z koncepcją szefów biur hydrograficznych środkowej Europy z r. 1909 (oznaczenie stanów średniego z najniższych, średniego z średnich rocznych i średniego z najwyższych z okresu lat i przepołowienie interwałów), ani z koncepcją Niesułowskiego²⁾ (opierającą się na częstości występowania stanów wód; rozgraniczenie stanowią stany $H_{gr} = \frac{\sum Ht}{\sum t}$, odcięte po obu stronach stanu średniego z średnich rocznych), lecz przedstawia własną koncepcję, polegającą na następujących zasadach:

Prof. Rybczyński odróżnia rzeki górskie nizinne i płynące z obszarów bagnisk i akcentuje odrębność ich charakteru. Przyjmuje, że rozgraniczenie nie powinno się opierać wyłącznie na statystyce, ale musi brać również pod uwagę

mechanizm spływu wód³⁾ i proponuje wzięcie za podstawę rozgraniczenia stanów wody działanie rozmaitego rodzaju retencji, a w szczególności uznanie jako stany wysokie tych, które odpowiadają przepływowi następującym bezpośrednio po opadach, zaś jako stany niskie tych, przy których główna rola przypada odpływowi wód podziemnych, miejsce pośrednie zajmują stany średnie. Praktycznie, tytułem próby, przyjmuje autor następujące wyznaczenie punktów rozgraniczenia: Należy się oprzeć na krzywej sumy czasów trwania stanów wody, w której występują dwie wybitne proste, prosta stanów wysokich i prosta stanów średnich; linia połączająca kąt między obiema prostymi oddzieli na krzywej sumy czasów trwania stany wysokie od średnich. Jako rozgraniczenie stanów średnich i niskich przyjmuje autor dolny punkt przecięcia krzywej sumy czasów trwania stanów wody⁴⁾.

Jakkolwiek wywody autora cechuje znakomita znajomość charakteru rzek i przebiegu przepływu ich wód, oraz jakkolwiek przedstawione w jego pracy podstawy rozgraniczenia stanów wody wydają mi się ze wszelkich miar słuszne i racjonalne, to jednak w interesie samej sprawy muszę podnieść pewne wątpliwości co do uzyskanego przez niego praktycznego rezultatu, przedewszystkiem o ile chodzi o nasze rzeki górskie i o przeważającym charakterze górkim (kategorie 1. i 2. na str. 11). Autor zdołał już wprowadzić zmniejszyć ilość dni trwania stanów „średnich“ w porównaniu ze swymi poprzednikami, ale zawsze jeszcze u niego stany średnie trwają przez 7 miesięcy w roku! Dawałoby to naszym rzekom górskim może zbyt pochlebne świadectwo i spokrewniałoby je z alpejskimi rzekami, płynącymi z lodowców i pól wiecznych śniegów, a gdy zima i jesień zwykle są u nas posuszne, miałibyśmy według tego u nas widoki na jakiś stan średni wiosenno-letni? W chwilach wątpliwości uciekamy się o radę do naszych profesorów i mnie tu przypomina się zdanie śp. profesora Rychtera: „Nasze rzeki mają długotrwałe stany niskie, a stany średnie są tylko przejściowymi“. Wprawdzie to było powiedziane bardzo dawno, ale własne doświadczenia nie osłabiły we mnie wiary w słuszność tego twierdzenia. Sądzę przedewszystkiem, że rozgraniczenie stanów średnich i wysokich leży stosunkowo niedaleko ponad stanem średnim rocznym. Przypomina mi się żywo pomiar hydrometryczny, przeprowadzony przezemnie 8/X 1902 na Skawie pod Suchą⁵⁾, przy stanie 243.5. Jakkolwiek stan ten był tylko o 27.5 cm wyższy od średniego rocznego (216), a objętość przepływu wynosiła tylko $17.2 m^3/sek$, rzeka przedstawiała obraz rzeczywistego wezbrania, z wodą wzburzoną, żółtą i luczającą. Sądzę, że autora może zbyttno zniechęciły obie wybitne proste krzywej sumy czasów trwania, stanowiące tak dobre oparcie przy geometrycznym rozwiązaniu problemu. Czy jednak czasy trwania mają koniecznie decydować o przynależności stanów i czy nie łatwiej i lepiej da się dokonać ten rozdział wpatrując się raczej w krzywą przebiegu stanów wody w ciągu roku i okresów lat jak w krzywą sumy czasów trwania? Rozumię to dobrze, że pojęcie „wysokości“ stanów wody jest rzeczą względną i że musi tu nastąpić umowa interesowanych, oraz że ta umowa musi uwzględnić praktyczne cele rozdziału stanów wody, jednak przy tem wszystkim granice podziału muszą odpowiadać przyrodzonym właściwościom rzeki. Wobec tego nasuwają mi się następujące pytania?

1. Czy dokładne rozgraniczenie stanów niskich średnich i wysokich jest praktycznie potrzebne? 2. Czy podanie ścisłego schematu rozwiązania dla wszystkich rzek, lub choćby dla ich poszczególnych kategorii, jest praktycznie wskazane i możliwe, czy natomiast nie należałoby rzek traktować

³⁾ Str. 13; na str. 6 mówi również o uwzględnieniu wysokości brzegów.

⁴⁾ Dla rozgraniczenia stanów wysokich i średnich przyjmuje autor jeszcze pewną metodę uproszczoną.

⁵⁾ Uwidoczniony w podręczniku inżynierskim Bryły (krzywa sumy czasów trwania, str. 502).

¹⁾ Zeszyt 4—5.

²⁾ Prace geofizyczne, zeszyt 1 (7) 1929.

indywidualnie? 3. Jakie byłyby ogólne zasady rozdziału stanów wody?

Co do tych kwestyj wyrażam następujące zapatrywanie: Należałoby najpierw ustalić definicje stanów niskich, średnich i wysokich, przy czym te ostatnie, z uwagi na potrzeby praktyki, wskazane by było podzielić jeszcze na dwie części — stany wysokie mieszczące się w obrębie wysokich brzegów i stany wysokie występujące ponad nie. Przy rozgraniczeniu stanów średnich od wysokich i średnich od niskich należałoby w definicji ogólnej uwzględnić cechy hydrologiczne podniesione przez prof. Rybczyńskiego, a prócz tego uwzględnić kształt profilu, charakter zjawiska wezbrania, a w dużej mierze obraz, jaki daje linja przebiegu stanów wody w ciągu roku. Stany wysokie (wezbrania) odznaczają się np. na rzekach górskich stromością linii (ostrością kształtów), łatwiejsze są zatem do wyznaczenia i odgraniczenia od stanów średnich oraz oznaczenia pod względem czasu trwania. Znowu stany niskie charakteryzują się dłuższymi liniami zbliżonymi do poziomu, można je zatem również dość łatwo odłączyć od stanów średnich; stany średnie pozostaną jako przejście od jednych do drugich. Trochę trudniejsza będzie sprawa z rzekami nizinnymi i bagiennymi, ale i tu definicje ogólne dadzą się ustalić, a trudności wystąpią dopiero przy praktycznym rozgraniczeniu.

Powtórze, jestem raczej za indywidualnym traktowaniem rzek, względnie ich przestrzeni, na podstawie omówionych powyżej ogólnych definicji. My inżynierowie jesteśmy tu w znacznym stopniu połączonymi jak geofizycy, czy geografowie, bo badając pewną rzekę rozporządzamy obszernym materiałem zdjęć hydrotechnicznych, pozwalających na indywidualne badanie. W rezultacie sądzę, że nie należy się spieszyć z wynalezieniem ogólnego, geometrycznego rozwiązania, przecinającego sprawę raz na zawsze!

Nawiasowo proponuję zarzucenie niezgodnego z duchem naszego języka wyrazu złożonego „wodostan“, „wodostany“, a natomiast powrócenie do lepszej, lżejszej formy „stan wody“, „stany wody“, zgodnie z terminologią wprowadzoną przez nestora hydrotechników naszych, śp. prof. Rychtera, jeszcze przed 50-u laty, przy czym zauważam, że forma złożona nie jest ani pod względem ilości zgłosek, ani liter, oszczędniejsza.

2. Wydawnictwa Stowarzyszenia Członków Kongresów i Gospodarki wodnej. Referaty na I. Narodowy Kongres żeglugi. Było rzeczą wielkiego poświęcenia i oddania się sprawie, organizowanie w roku bieżącym narodowego kongresu żeglugi — w chwili zupełnego wstrzymania robót publicznych i skreślenia ich budżetu. Ta praca ideowa, mająca w latach najbliższych mało widoków powodzenia, wydała szereg cennych referatów, na które pragnę tu zwrócić uwagę, ograniczając się tylko do sumarycznego omówienia ich wyników. Są to trzy referaty prof. Rybczyńskiego: „Żegluga śródlądowa w Polsce 1919—1930“, „Koszty transportu wodnego“, „Warunki techniczne rozwoju żeglugi śródlądowej w Polsce“, inż. Lambora: „Statystyka eksportu i importu rz. Wisłą 1928—30“, inż. Niemirowicz-Szczytka: „Znaczenie i potrzeby żeglugi śródlądowej w Polsce“ i inż. Kazimierza Rodowicza: „Droga wodna Warszawa — Bałtyk“. Referaty te zawierają cenne daty orjentacyjne i statystyczne co do istniejących w Polsce dróg wodnych i ruchu na nich. Uderza niezmiernie małe znaczenie przewozu wodnego w Polsce w stosunku do innych dróg przewozowych. 1 milion ton towarów⁶⁾, 1 milion osób przewiezionych i 1.5 milionów ton spławionego drzewa w latach najlepszej konjunktury, tabor niewystarczający, stary, mało pojemny, gdyż łodzie ponad 250 ton ładowności mogą się tylko po-

ruszać na Wiśle poniżej Warszawy, Warcie poniżej Poznania i Kanale Bydgoskim z Brdą i dolną Notecią, t. j. na długości 866 km, wobec 6870 km długości naszych żeglownych dróg wodnych. Co się tyczy Wisły, to eksport i import towarów osiągnął 250.000 ton, nie licząc spławu drzewa. Przewóz Wisłą dolną w r. 1929 wyniósł 180.000 ton, przy czym stosowane taryfy były przeciętnie o 30% niższe od kolejowych, a oszczędność frachtu od całej ilości przewiezionego towaru wyniosła 2.2 miliona zł. W ostatnich latach koszt przewozu wodą między Warszawą a Gdańskiem wynosił za 1 km 4—9.5 groszy przy jeździe w górę, a 3.2—7.7 groszy za 1 km przy jeździe w dół, zależnie od klasy towaru, podczas gdy na kolejach koszt ten wynosił 4.97—17 groszy. Fracht pospieszny kosztował na wodzie 13.4—22.7 groszy, na kolei 29.8—40.2 gr. za 1 km. Prof. Rybczyński podnosi znaczenie Wisły dla zaopatrzenia wnętrza kraju w węgiel i inne towary, których ilość mogłaby tu dojść do 4 milionów ton rocznie.

Mimo wszystko wiele jest oznak wartości i aktualności dróg wodnych dla rozwoju gospodarczego Polski — pomijając okres depresji gospodarczej, przewozy, choć powoli, wzrastają, wznaga się przewóz płodów rolniczych i przemysłu rolnego, a także i węgla na drogach wodnych. Pociuszającym jest, że w naszych sferach fachowych istnieje już jednolita opinia co do kolejności rozbudowy naszych dróg wodnych. Wszyscy wskazują na Wisłę, jako na ten kregosłup przyszłej sieci dróg wodnych w Polsce, który najpierw należy uporządkować. Z tej wielkiej drogi wodnej, której koszt regulacji wraz z kanałem Zagłębie — Kraków i kanalizacją przestrzeni Krauw — Ujście Dunajca, oznaczyć można na 700 milionów złotych; najpilniejszą jest przestrzeń Warszawa — Gdańsk, a z tej najpilniejszą Warszawa — ujście Narwi. Taki program zawierał też projekt ustawy o regulacji Wisły, wniesiony w r. 1930 do Sejmu. Narazie budowa kanałów żeglugi musi ustąpić na drugi plan.

Jednak tak wielkie zadanie, jak regulacja Wisły, nie może zależeć od konjunktur, musi być prowadzone bez przerwy i bez wahań, konsekwentnie, z zastosowaniem odpowiednich środków finansowych aż do ukończenia. Wydatek roczny 28 milionów przez 25 lat na regulację Wisły nie jest dla naszego Państwa nadmierny, a budżety ostatnich lat zawierały dla Wisły kwoty już niezbyt odbiegające od powyższej kwoty.

Drugie stwierdzenie, wynikające z referatów jest to, że należyty i stały stan drogi wodnej Wisły może być uzyskany tylko zapomocą systematycznej regulacji, a sztuczne pogłębianie stanowi tylko doraźny środek pomocniczy, niezdolny zastąpić regulacji.

Należy pragnąć, aby zrozumienie ważności regulacji Wisły, jako jednej z najważniejszych konieczności państwowych tak z uwagi na potrzeby rolnictwa, jak i jego znaczenie komunikacyjne, dotarło jak najprędzej do szerokiej kół ludności i stało się postulatem gorąco przez nie popieranym.

Dr. M. M.

Ing. Prof. Luigi Santarella. Il comportamento elastico di ponti ferroviari in cemento armato. Medjolan 1931.

Znakomity inżynier włoski opisuje wyniki badań zachowania się żelbetonowych mostów pod wpływem obciążeń pociągami. Opisane są ciekawe badania mostu Cobianchi i mostów w dolinie Brembana.

Ing. Prof. Luigi Santarella. Resistenza ed elasticità di calcestruzzi di cemento. Medjolan 1932.

W pracy tej znajdujemy bardzo cenne badanie nad wytrzymałością i sprężystością cementów.

Obie książki wspomniane są ogromnie wartościowe dla inżynierów-żelbetników i dlatego choć w krótkich słowach zwracam na nie uwagę.

St. B.

⁶⁾ Średnia odległość przewozu na Wiśle 253 km.