

TREŚĆ: Prof. T. Kuczyński: Rozwój technologii chemicznej. — Prof. S. Bryła: Przekroje rurowe w dzisiejszych konstrukcjach stalowych. — Prof. Tullio Levi-Civita: O strugach cieczy. — Wiadomości z literatury technicznej. — Recenzje i krytyki. — Bibliografia.

Prof. Tadeusz Kuczyński.

## Rozwój technologii chemicznej.

(Odczyt inauguracyjny wygłoszony dnia 3. października 1932 r. w Politechnice Lwowskiej).

Gwałtowny a wszystkim znany rozwój przemysłu chemicznego był skutkiem nietylko konjunktury, ale też dobrego i intensywnego rozwoju nauki technologii chemicznej i nauk pokrewnych. Dlatego wydaje mi się nie od rzeczy scharakteryzować i opisać rozwój tej nauki we wszystkich jej okresach. Z tego będzie widać sposób myślenia, jaki towarzyszył wszystkim poczynaniom. — Przedstawienie obrazu zmagających się najrozmaitszych kierunków, z których wyłania się prawdopodobnie coraz lepszy i przedstawienie rzutu retrospektywnego może przynieść korzyści wszystkim naukom technicznym.

Technologia chemiczna jest nauką gospodarczego i przemysłowego przerabiania naturalnych surowców mineralnych, roślinnych i zwierzęcych przy zmianie substancji lub zmianie stosunków substancji do siebie.

Na podstawie definicji widzimy, że do technologii chemicznej należą nietylko wszystkie reakcje chemiczne, ale także reakcje fizyko-chemiczne jak np. wyodrębnianie szlachetnych składników dokonywane w jakikolwiek sposób, czy to przez destylację, czy krystalizację, ekstrakcję, czy też wymywanie; wreszcie ogólnie należy tutaj także nauka wzbogacania surowca.

Przez pożyteczne produkta w definicji rozumie się produkta pośrednio lub bezpośrednio nadające się do konsumpcji lub też produkt o wyższej cenie aniżeli surowce wyjściowe.

Zadaniem tej nauki jak zresztą każdej innej jest stworzenie metodyki opracowywania jakichkolwiek zagadnień z tego oznaczonego działu. Początek rozwoju technologii chemicznej charakteryzował się opisywaniem pewnych procesów produkcji tak, że na podstawie tych opisów nie można było stworzyć albo reprodukcować przemysłowego przeprowadzenia reakcji chemicznej, ale trzeba było próbami przeprowadzanymi na wielką skalę dochozić do opanowania fabrykacji końcowego produktu. — Okres ten oczywiście nie zasługuje na miano okresu naukowego. W tym czasie rozwój przemysłu chemicznego był bardzo nikły, niemniej jednak wskazywał na pewne możliwości. Dopiero zjawienie się w chemii nowego działu nauki chemii fizycznej, która usiłuje każde zjawisko ująć w sposób ilościowy wytworzyło pierwszy okres rozwoju technologii chemicznej. Okres ten pozostający pod pełnym wpływem chemii fizycznej jest okresem najpłodniejszym. W technologii zaczęto ujmować ilościowo każde zjawisko reakcji chemicznej, a także zjawiska fizyko-chemiczne, ściśle mówiąc fizyczne, które muszą towarzyszyć każdej reakcji chemicznej.

Za przykładem chemii fizycznej zwrócono przede wszystkim uwagę na stany równowagi reakcji, które wyrażamy technologicznie jako pewną wydajność procesu liczoną w procentach. Usiłowaniem było uzyskanie jak najwyższej wydajności produktu końcowego. Zbliżenie się do teoretycznej wydajności dawało się czasem uzyskać przy pomocy prostych środków. Nieraz jednak trzeba się było zgodzić na pewne marnotrawstwo surowca, ponieważ nie opłacało się koszt zbliżenia się do maksymalnej wydajności. Stworzono podówczas metody stosowania t. zw. systematyczności, przeciwprądu i wreszcie ciągłości wykonywania każdej czynności technicznej. Reakcja

chemiczna lub też czynności wykonywane w sposób perzodyczny znikły niemal zupełnie z przemysłu.

Pojęcie wydajności rozszerzono w technologii i w przemyśle bardzo znacznie, stosując to pojęcie nietylko do reakcji chemicznej, ale i do aparatury, do ciepła, do energii mechanicznej, ludzi i t. p.

Drugi czynnik, na który zwróciła nam uwagę chemia fizyczna jest szybkość reakcji. Przy pomocy jej metod opracowano sposoby zwiększania chyżości reakcji i dostosowano je do wielkiej skali. Potrafiono w krótkim czasie zredukować czasy długotrwałych reakcyj chemicznych do bardzo krótkich okresów. To dało szczególnie duże rezultaty przemysłowe. Powiększenie chyżości reakcji dało możliwość zmniejszenia aparatury względnie wytwarzania w tej samej aparaturze znacznie większej ilości produktów końcowych. Nadto uwięziony kapitał w materiale leżącym na fabryce skutkiem skrócenia czasu przeróbki od surowca do towaru gotowego zredukował się do minimum. Ujmując sprawę handlowo, od czasu kupna surowca względnie wypłacenia gotówki za surowiec, aż do czasu sprzedaży towaru gotowego, względnie uzyskania gotówki za towar gotowy, mijał czas bardzo krótki. Jeżeli weźmie się pod uwagę dawniejsze zwyczaje handlowe, w których kredytowało się na wiele miesięcy surowce, a niektóre towary sprzedawało natychmiast za gotówkę to nic dziwnego, że dobrzy organizatorzy przemysłowej, obracając nie swoją gotówką, mogli szybko się wzbogacić i rozszerzać swoją fabrykację do rozmiarów przedtem nieznanych.

Uzgodnienie ze sobą maksymalnej wydajności i maksymalnej chyżości reakcji stanowiło nieraz wielkie trudności. Niektóre czynniki jak np. temperatura podnoszą chyżość reakcji, ale często obniżają wydajność reakcji. Wobec tego musi istnieć pewna tylko jedna temperatura, w której pod względem przemysłowym najlepiej przeprowadzać reakcję chemiczną. Metodykę uzgadniania i wyznaczania optimum czynników mających wpływ na wydajność i szybkość reakcji przeprowadził z końcem XIX wieku znakomity technolog Knietseh, który w pełni posiada zasługę wprowadzenia do przemysłu nadzwyczaj ciekawej reakcji katalizatorowej otrzymywania kwasu siarkowego. Przy sposobności wprowadzania w przemysł na wielką skalę metody kontaktowej otrzymywania kwasu siarkowego miano z początku wielkie niepowodzenia, które spowodowały stworzenie nowej metodyki opracowania reakcji chemicznej dla przemysłu. Gdy bowiem opracowaną w nadzwyczaj metodyczny sposób reakcję w laboratorium usiłowano przeprowadzić na wielką skalę, wszystkie obliczenia zawiodły. Okazało się podówczas, że laboratoryjne opracowanie w szkle reakcji chemicznej nie wystarcza do przeprowadzenia jej w praktyce, ponieważ w opracowaniu laboratoryjnym nie uwzględnia się w sposób dostateczny pewnych zanieczyszczeń występujących w przemysłowych produktach i pewnych czynników, które we wielkiej skali odgrywają całkiem inną rolę, aniżeli w skali laboratoryjnej. Okazało się, że w metodyce opracowania reakcji chemicznej dla celów przemysłowych potrzebne jest także opracowanie w politechnicznej aparaturze w sposób już identyczny jak później



w aparaturze wielkiej. Dopiero w takiej skali można zbadać wpływ na reakcję chemiczną zmienności składu chemicznego surowca, dalej wpływ minimalnych zanieczyszczeń, które mogą się nagromadzać; wreszcie w tej skali można dopiero w należyty sposób badać problem powiększenia aparatury zbudowanej w sposób najbardziej celowy; także uwzględnić wpływy materiału, z którego się aparaturę buduje.

Dopiero ta metodyka postępowania dała należyte i dobre rezultaty. Okazało się bowiem już wtenczas a jeszcze bardziej w późniejszych badaniach, że niema dwóch identycznych surowców ze sobą i przeróbka musi być dostosowaną do każdego surowca. Już wtenczas widzieliśmy, że surowcem o bardzo zmiennym składzie jest powietrze, które w okręgach przemysłowych i zamieszkałych zawiera pył i ślady najrozmaitszych zanieczyszczeń, które mogą momentalnie zatruć katalizatory i powodować nieoczekiwane skutki przy wykonywaniu najrozmaitszych czynności chemicznych. Konieczność przewyciężenia tych trudności z powodu niestałości składu powietrza powoduje wielkie koszty i wymaga wielkiej pracy. — A powietrze jest przecież tym surowcem, który uważaliśmy za najstalszy pod względem składu chemicznego. Cóż dopiero mówić o surowcach mineralnych wydobywanych górniczo lub o surowcach zwierzęcych i roślinnych, które mogą w swoim składzie wahać się w o wiele większym stopniu. Zdarzyło się jeszcze w wieku XX, że kilka fabryk zbudowanych według pierwowzoru w sposób doskonały, mających przerabiać surowiec pochodzący z innego okręgu nie potrafiły przeprowadzić swej produkcji i musiały ulec przebudowie. Te wypadki zdecydowały o całej metodyce przeprowadzania badań nad reakcją chemiczną, która ma być stosowaną w przemyśle.

Z okresu preponderancji chemii fizycznej punktem kulminacyjnym był moment, kiedy w technologii doszło się do przekonania, że każdy postulat chemii fizycznej musi być uwzględniany w całej pełni. Na skutek tego około roku 1906 przystąpiono do opracowania techniki wysokich ciśnień z zupełnie pomyślnym rezultatem tak, że w kilka lat później technologia chemiczna mogła się poszczycić możliwością przeprowadzania reakcji chemicznej pod bardzo wysokimi ciśnieniami od 100 do 1.000 atmosfer. Technika ta jest dziś w zupełności opanowaną i ma za sobą 20 lat praktyki.

W tym czasie, kiedy właśnie chemia fizyczna zdobyła swój kulminacyjny wpływ na technologię chemiczną wyłonił się drugi okres kształtowania się nauki „okres racjonalizacji“. Racjonalizacja w nauce technologii chemicznej uwidoczniła się w bardzo wielu ciekawych momentach, które wszystkie dążyły do stwarzania lepszej metodyki opanowania zagadnień z dziedziny przemysłowej, do jak najbliższego współżycia z przemysłem i wreszcie do uproszczenia metody nauczania. Już bowiem w wieku XIX rozwój technologii chemicznej był tak wielki, że trzeba było tę naukę podzielić na bardzo wiele działów. Podzielono ją na technologię materiałów opałowych i wody, technologię wielkiego przemysłu nieorganicznego, hutnictwo, przemysł nawozów sztucznych, technologię rolną, technologię barwników, nafty, garbarstwo, mydlarstwo, klejarstwo, technologię chemicznej przeróbki drzewa i t. d. Z każdym rokiem przybywało bardzo wiele nowych działów. Każda z tych nauk rozwijała się samodzielnie i niezależnie tak samo jak i każdy odnośny przemysł rozwijał się niezależnie od innego. Te wszystkie technologie traciły ze sobą coraz bardziej kontakt. Coraz większa specjalizacja doprowadzała zdawało się do tego, że nauka ta rozpadnie się definitywnie. Nawet metody opracowane przez poszczególne działy były różne. Miało to pewne i dobre strony a jednak nie było racjonalne. Życie najlepiej tę rzecz oceniło. Okazało się bowiem, że ukończony chemik znał niektóre działy bardzo dobrze a o niektórych wogóle nawet nie słyszał. Życie kazało mu

nie raz zająć posadę w takiej fabryce, w której zupełnie się nie orjentował. Takie fabryki musiały kształcić swoich inżynierów nieraz bardzo długo, aby móc z nich czerpać praktyczne korzyści. Najwidoczniej rozmaite działy technologii chemicznej nie umiały stworzyć zupełnie ogólnej metodyki, któraby pozwoliła każdemu czuć się jak w domu, gdy wchodzi we fabrykę chemiczną o produkcji jemu nieznannej. Jedynym bowiem łącznikiem — bardzo zresztą silnym — wszystkich technologii były prawa chemii fizycznej. Zaczęto szukać nowych dróg, któreby złączyły ze sobą jeszcze silniej wszystkie specjalne technologie chemiczne, celem wyszukania jednolitej metody naukowej i pedagogicznej.

Okazało się to możliwym. Pomimo tego, że przeprowadzamy w przemyśle reakcje chemiczne najrozmaitszego rodzaju ilość wykonywanych czynności dla przeprowadzenia reakcji chemicznej jest bardzo mała; cyfra ich wynosi ledwo kilkadziesiąt. Każda z technologii chemicznych wykonywała te czynności u siebie w sposób odrębny, budując aparaturę, która się wydawała najlepszą dla przerabianego przez nich surowca.

Czynności te odnoszą się nietylko do przeprowadzania czystej reakcji chemicznej ale czynności, które musi się wykonać dla przygotowania surowca i wykończenia towaru. Należy tu n. p. czynność rozdrabniania, ogrzewania, ziębienia, nawilgacania, mieszania, filtrowania, odparowywania, destylacji, suszenia i t. p. Na skutek tego historycznego rozwoju ilość aparatów używanych w przemyśle do jednego i tego samego celu była niezmiernie wielką. Rozmaitość ich konstrukcji nie była nieraz dostatecznie umotywowaną rozmaitością przerabianych materiałów.

Wielka aparatura jest najważniejszą rzeczą w nauce technologii chemicznej, ponieważ w myśl definicji ma ona uczyć o przerabianiu na wielką skalę surowców. Dlatego też okres poprzedni zajmowania się tylko stroną chemiczną posiadał wielkie wady. Technolog chemik nie był dostatecznie wykształcony w wielkiej aparaturze. — Dopiero okres racjonalizacji pozwolił złączyć wszystkie przemysły razem ze sobą, wyłuskać najlepsze aparaty, który każdy z działów uprzednio stworzył i zastosować je wszędzie. Zaczyna się gwałtownie zmniejszać ilość i rozmaitość aparatów a precyzja ich i celowość wzrasta bardzo szybko. Aparat wybrano najlepszy z istniejących. — Jest on zbudowany ze znormalizowanych części łatwo wymiennych. Wielkość aparatu przestaje hołdować rekordomanji wielkości amerykańskiej, a tylko pewna wielkość aparatu okazuje się najlepsza. Aparat ten jest standarty. Normalizacja i standaryzacja oto nowe hasła w przemyśle i nauce. Zestandaryzowano wszystkie sposoby przeprowadzania reakcji chemicznej, których typów okazało się ledwo kilka. Zestandaryzowano wszystkie produkty końcowe i określono jakim warunkom mają one odpowiadać. Surowce nauczono się w sposób należyty wzbogacać i czynić je jednolitemi, o ile możliwości niezmiennymi się w czasie. W wielkich koncernach chemicznych na skutek tego wszystkie aparaty służące do jakiegoś celu są takie same tak, że w magazynach znikła rozmaitość i ilość rezerwowych części. Przekontrolowano niemal wszystkie dawne doświadczenia i prawa i oczyszczono naukę z wielu błędów.

Wreszcie zrationalizowano sposób nauczania technologii. Założono nowe szkoły najwyższe, szkoły inżynierji chemicznej, w których nauczane się budowy najlepszych aparatów i sposoby ich obliczania, dalej sposoby najracjonalniejszego wykorzystania aparatury pod względem gospodarczym i wykonania wszelkich czynności technicznych.

Wytoczono walkę martwej i nieużytecznej przestroni aparatów, martwym ciężarom, martwym czasom i wogóle martwym kapitałom.



Zaczęto stosować areodynamikę i hydrodynamikę przy budowie aparatury. Przy wydziałach chemicznych Politechnik dodano laboratorja pół techniczne, gdzie można w skali pół technicznej nauczyć się przeprowadzać reakcje chemiczne i rozwiązywać zagadnienia przez wypróbowanie nowych reakcyj dla budowy nowych fabryk.

Laboratorja technologiczne zmieniły swój wygląd, zamiast opracowywać reakcje chemiczne zaczęto opracowywać czynności główne i pomocnicze, które są potrzebne do wykonania i przeprowadzania reakcji na wielką skalę. Każde zjawisko i każdą własność ujęto w sposób ilościowy. Wszystko się mierzy i wszystko się waży i wszystko się ilościowo ocenia. Technika pomiarów stwarzana głównie przez fizyków i fizykochemików dochodzi do nadzwyczajnej precyzji. Automatyzacja analiz serjowych wykonywana w sposób ciągły wreszcie pomiary automatyczne postawiły na innym gruncie kontrolę fabrykacji. Intensyfikacja święci jeszcze większe triumfy niż w okresie proponderancji chemji fizycznej.

Stworzona nowa nauka „chemja gospodarcza“ łączy naukę z praktyką. Nauka ta zajmuje się wyznaczeniem ważności zagadnień na podstawie kalkulacji, aby każdy pracownik wiedział, które zagadnienie warto rozwiązywać. Osobne instytuty chemji gospodarczej ogłaszają tematy o ogólnie światowym znaczeniu opracowując statystykę i koszty. Ostatecznie chemja gospodarcza określa i bada wszystkie parametry mające wpływ na koszt ostateczny powstającego towaru i przewiduje zyski z podjęcia nowych fabrykacji i z rozwiązywania zagadnień.

Zasługi chemji gospodarczej są bardzo wielkie. Jako przykład podam, że jako temat najważniejszy gospodarczo podała ona przed niespełna 20 laty temat korozji czyli niszczenia rozmaitych materiałów od powierzchni na skutek wpływów chemicznych. Dzięki temu ten temat został tak nadzwyczajnie opracowany niemal we wszystkich dziedzinach i tak spopularyzowany, że oszczędności na skutek zwrócenia uwagi na ten temat dochodzą dziś do kwot miliardowych rocznie na całym świecie.

Wreszcie chemja gospodarcza stworzyła pewne nowe działy technologii chemicznej, na które przedtem nie zwrócono należytej uwagi sądząc, że są mało interesujące i mało ważne.

Stworzono wreszcie nową jeszcze naukę t. zw. „filozofję techniki“, która syntezując cały okres racjonalizacji usiłuje przewidzieć w jakich kierunkach nam dążyć należy. i do czego możemy doprowadzić, nadto przedstawia nam pewne abstrakcyjne ideały techniczne.

Triumfy, jakie odniósł okres racjonalizacji oparty przede wszystkim na gospodarczości sumarycznie może szkodliwie oddziaływał na przemysł, który dostał pewnego rodzaju zawrotu w głowie i w krótkim czasie przeinwestował się i przedobrzył wszystkie myśli tego okresu i rozumiał, że racjonalizacja w przemyśle ma na celu nie osiągnięcie najniższych kosztów wytwarzania ale osiągnięcia maksymalnych zysków. Za szybki był bowiem ten rozwój; trwał on bowiem może 20 lat. Okres ten jest nie dokończony a przerodził się w okres organizacji, normalizacji i standaryzacji. Szczególnie narody o niższej kulturze przyjmowały bez zastrzeżenia i bezkrytycznie cały ten okres racjonalizacji a to dlatego, że wszystkie zasady głoszone w tym okresie są niezmiernie proste i przystępne dla umysłów nie fachowych i skutkiem tego do racjonalizacji wzięli się ludzie zupełnie nie znający przemysłu i nieogarniający całokształtu nauki.

W nauce zaczęto dążyć do wychowania standartowego człowieka. Bardzo łatwo było wykazać, które wiadomości powinien posiadać standartowy chemik - technik i dostosować ilość tych wiadomości do ściśle obliczonej pojemności mózgu człowieka.

Nowy standartowy inżynier chemik posiada rzeczywiście w skondensowanej formie wiadomości bardzo zna-

czne, posiada całą metodykę, z którą może przebić się przez bardzo trudne zagadnienia przemysłowe. Zdawałoby się wtenczas, że jesteśmy już u celu nauki. Jednak złudzenie to prysło znacznie szybciej, aniżeli powstało. Ledwo powstał człowiek umiejący budować i zarządzać fabryką chemiczną w sposób wielokrotnie lepszy niż poprzedni, wszystkie wielkie przedsiębiorstwa zauważyły, że brak im ludzi niemaszyn, ludzi nieautomatyzowanych.

Nie chciano już tego standartowego, znakomitego zresztą inżyniera, chciano człowieka, któryby myślał całym inaczey niż standartowy.

Na gwałt zaczęto angażować do przemysłu ludzi wychowanych starą szkołą wolnej nauki nie standartowej; szczególnie fizyko-chemików, nawet angażowano z innych działów nie chemików, ażeby wreszcie mieć człowieka o innym sposobie myślenia, wolnego od kleszcz organizacji nauki.

Zaangażowano Langmuira do fabryki dając mu sztab inżynierów i powiedziano mu: rób pan co chcesz byle nie to i nie tak jak my robimy, potem angażowano najrozmaitszych profesorów i badaczy fantastów, byle zacząć znowu twórczą pracę. Rzeczywiście ci ludzie nie zawiedli i znowu przemysł — trochę zapóźno — otrzymał pewien zastrzyk świeżej krwi twórczej.

Trzeba przyznać, że nauka niechętnie poddała się temu poprzedniemu okresowi racjonalizacji wypaczonego w kierunku standaryzacji i normalizacji, chociaż on dał tej nauce nadzwyczaj dużo. Nauka bała się standaryzacji a zobaczywszy fatalne wyniki, jakie daje ten standartowy inżynier-majster, w tej chwili powróciła względnie stworzyła nowy okres u siebie, okres indywidualizacji.

Być może, że ta indywidualizacja pozostaje jeszcze dziś pod silnym wpływem poprzedniego okresu; jednak zasadą znowu jest popieranie badań naukowych nie tylko w kierunku gospodarczym. Niewiadomo bowiem zgóry co jakie badania mogą przynieść. Niewiadomo, czy człowiek pewien puszczony swobodniej i wychowujący się bardziej w myśl swoich indywidualnych upodobań nie da lepszych rezultatów. Nauka ścisła a także i nauka techniczna potrzebuje sztabu majstrów, którzy mogą być zestandaryzowani umysłowo ale potrzebuje przede wszystkim sztabu twórczych ludzi, których duch pędzi w pewnych kierunkach niczem niehamowany. Ten człowiek z takim duchem jest jedynie nadającym się do tworzenia czegoś nowego, do kucia nowych rozwiązań w zagadnieniach nauki technicznej.

Okres indywidualizacji niema jeszcze dziesięciu lat raczej dopiero się rozpoczął a wyniki są już bardzo dobre. Uzbrojony badacz w historję poprzednich okresów, rozumiający myśli przewodnie okresu fizyko-chemicznego i okresu racjonalizacji rzuca się sam w dziedziny zupełnie fantastyczne, o których zupełnie przedtem nie myśleliśmy. Już dziś można powiedzieć, że widzimy nowe przebliski, z których może uda się chemji i technologii chemicznej stworzyć nowe jakieś drogi w przemyśle i nowe stworzyć przemysły. Nauka musi zostać wolną od jakichkolwiek tematów narzuconych przez chemję gospodarczą, wtenczas może ona dopiero pracować.

W powyższym odczycie starałem się naszkicować okresy, które przeżyliśmy w technologii chemicznej. — Zdaję sobie sprawę z bardzo wielu luk i opuszczeń niemniej jednak całokształt rozwoju nauki i sposobu nauczania zagranicą i w całym świecie był dość wiernie oddany. W Polsce, z przyczyn dość zrozumiałych, mały braлиśmy udział w tym rozwoju technologii chemicznej.

Widzimy jakie było współzycie pomiędzy przemysłem a samą nauką, która ma ten przemysł obsługiwać. Często jak widzimy przemysł nas przegania i on stworzył najpierw okres indywidualizacji, kiedy myśmy jeszcze tkwili w okresie racjonalizacji względnie standaryzacji.



Jedynie Wschód opóźniony jak zwykle, cieszy się, że okres racjonalizacji może ich pouczyć w jaki sposób mają rządzić i panować nad nauką, sami na tem nierozumniejąc się. I rzeczywiście na Wschodzie nauka i laboratorja są dziś rządzone i prowadzone przez niefachowców w kleszczach organizacji.

Prof. Stefan Bryła.

## Przekroje rurowe w dzisiejszych konstrukcjach stalowych.

Do najkorzystniejszych pod względem teoretycznym przekrojów w budownictwie stalowym należą bezsprzecznie przekroje rurowe. Dają one bowiem maximum wytrzymałości na wyobczenie (największy moment bezwładności) przy minimum użytego materiału. Jednakowoż w praktyce przekroje te używane były wyłącznie w najzupełniej odosobnionych wypadkach. Powody były głównie natury konstrukcyjnej, t. j. wykonawczej, oraz konserwacyjnej. Względ na wykonanie odgrywał rolę o tyle, że rury o niewielkich średnicach trudno jest łączyć przy pomocy nitów, a także trudno do nich dołączać elementy inne, jak np. dźwigary, podciąg, i t. d. Co do konserwacji zaś, to rury o niewielkich średnicach narażone są na łatwość rdzewienia, gdyż nie ma możliwości kontrolowania ich od wewnątrz. Dopiero rury o średnicach tak znacznych, że może względnie swobodnie poruszać się w nich człowiek, usuwać się mogą z pod tego niebezpieczeństwa. Jeżeli wreszcie chodzi o ekonomję, to cena rur jest niemal dwukrotnie wyższa niż profilów walcowanych; opłacać się one więc mogłyby dopiero, gdyby dały odpowiednią oszczędność na wadze. Wszystkie te przyczyny powodowały, że przekroje rurowe stosowano zupełnie wyjątkowo, więc przy bardzo znacznych siłach i przekrojach (średnicach), przy których ani wykonanie ani kontrola trudna nie jest, a które wykonywało się z blach odpowiednio wyginanych i łączonych na nity. Do takich konstrukcji należał np. most na zatoce Forth.

Względ na konserwację mógł zostać wyeliminowany stosunkowo najszybciej: zastosowanie bowiem cementu w przekrojach o niewielkiej stosunkowo średnicy, pozwala na zupełne wypełnienie ich zaprawą cementową, co zwiększało wprawdzie ciężar własny konstrukcji — w stopniu jednak nieznacznym, lecz chroni od rdzy.

Ale dopiero zastosowanie spawania, przy pomocy różnych metod oraz cięcie, głównie przy pomocy palnika tleno-acetylenowego, zainicjowało w konstrukcjach stalowych zwrot w użyciu przekrojów rurowych, który może nie wprowadził jeszcze rur na szeroką skalę w konstrukcjach stalowych, ale który niemniej przejawia się i zaznacza zupełnie wyraźnie. Spawanie wyeliminowało bowiem w zupełności moment trudności należytego połączenia. Wykonanie węzłów konstrukcyj kratowych dotychczas najtrudniejsze, zostało ułatwione i uproszczone do maximum. Wykonać je można na styk czołowy, ewentualnie ze wzmocnieniem rurową nakładką; można jednak zastosować też blachy węzłowe<sup>1)</sup>. Przykłady innych połączeń poniżej w przykładach.

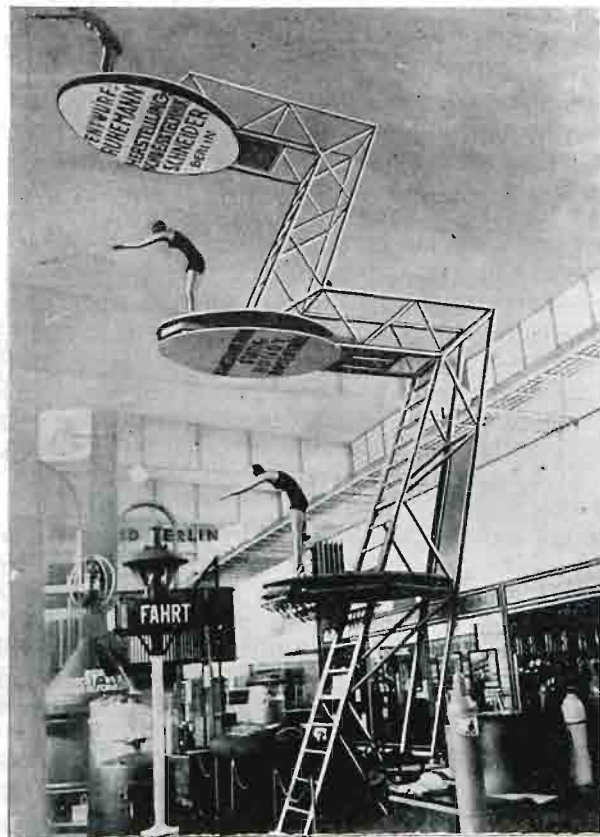
Już pierwsze rozważania teoretyczne prowadziły do tego rezultatu<sup>2)</sup>. Wytrzymałość zaś połączeń rurowych wykazały doświadczenia wykonane przez Hilperta i Bondy'ego w Politechnice w Charlottenburgu z masztami kratowymi wykonanymi z rur. Maszty te przy zginaniu wykazały wytrzymałość bardzo wysoką, wyższą prawie dwukrotnie niż analogiczne konstrukcje nitowane z profilów walcowanych były zaś od nich lżejsze.

<sup>1)</sup> Por. art. Żelazne konstrukcje spawane, *Czasopismo Techniczne* 1930.

<sup>2)</sup> Por. autora. Spawanie elektryczne żelaza w budownictwie i mostownictwie. *Przegląd Techniczny* 1927. Żelazne konstrukcje spawane, *Czasopismo Techniczne* 1930.

Co do przyszłości rozwoju tej nauki technologii chemicznej nie można żadnych stawiać horoskopów, ponieważ obecny okres indywidualizacji z pewnością nam narzuci całkiem coś niespodziewanego i stworzy nowe przemysły i da nam nową metodykę, może zaczerpniętą z innych nauk ścisłych.

Na targach berlińskich w roku 1931 pomieszczona została dwupiętrowa skocznia do pływalni, wykonana przez Bondy'ego wyłącznie z przekrojów rurowych. Połączenia jej robione były bezpośrednio na styk. Podobną skocznnię z rur wykonano też w pływalni w Szarleju.



Ryc. 1.

Pierwszą większą budowlą, na której zastosowano przekroje rurowe, była rozbudowa Pocztowej Kasy Oszczędności w Warszawie. Trzeba tu było salę obrotową o wymiarach  $16,0 \times 25,4$  m przykryć dachem z podwójną świetlnią. Wogóle dano 6 dźwigarów w odstępach  $3,40$  m; przyczem skrajne pola zostały ścięte płaszczynami pochyłymi. Dolny zarys więźarów dany był profilem architektonicznym sali. Wysokość w środku powinna być możliwie mała, jednakowoż umożliwiającą swobodny dostęp do instalacji umieszczonych wewnątrz dachu. Dlatego też pas górny wykonano o kształcie łamanym parabolicznym.

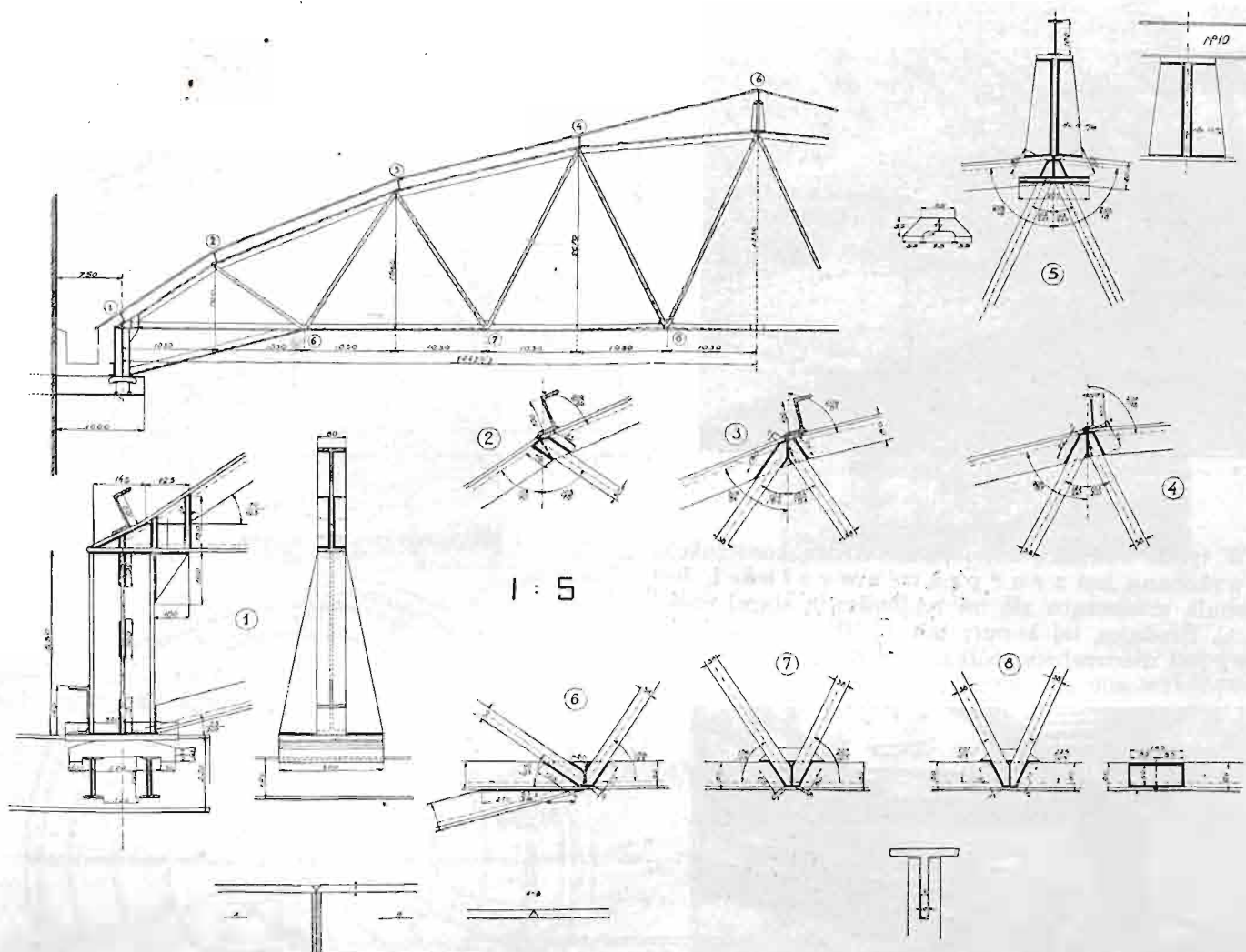
Ze względu na możliwe ujednostajnienie połączeń zastosowano możliwie małe ilości profilów. Mianowicie oba pasy, górny i dolny zostały wykonane z teówek  $80 \times 80 \times 9$ . Natomiast przekątnie wykonano z rur o średnicy  $1\frac{1}{2}'' = 38$  mm. Rury zastosowano dlatego, że rzucają one możliwie najmniej ciężar na witraż świetlni dolnej.

Ponieważ w niektórych węzłach na teówce nie dałoby się umieścić szwów o odpowiednich długościach, przeto musiano w poszczególnych węzłach zastosować do-



datkowe blachy węzłowe wedle mojego patentu. Połączenie rur z pasami wykonano w ten sposób, że w końcach rur wycięto szczeliny o grubości ścianki teówki i miejsce

kowych przykładek. Węzeł podporowy został usztywniony poprzecznymi blachami trójkątowymi, założonymi na słupku.

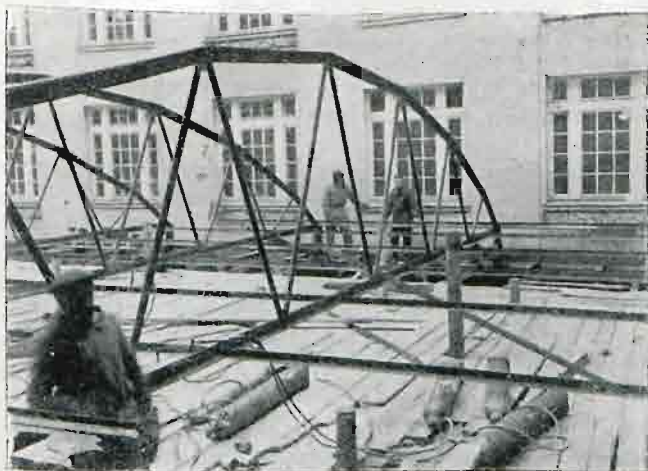


### SZCZEGÓŁY DACHU SPAWANEGO NAD SALĄ P.K.O.

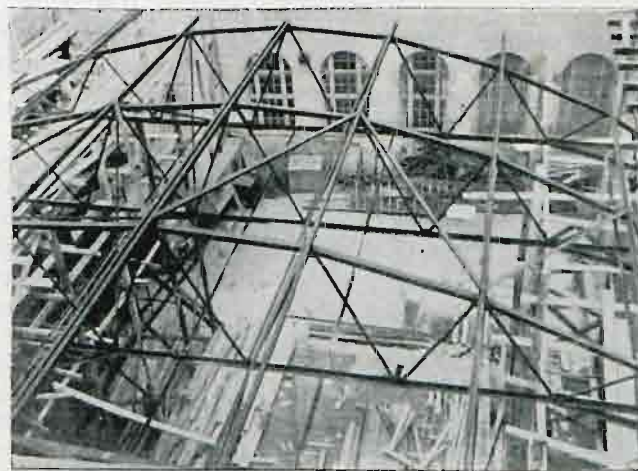
Rys. 2.

styku połączono przy pomocy szwów. Końce rur zamknięto również przy pomocy spoin na stopkach teówek. W węzle górnym zastosowano, celem usztywnienia, ze

Pas górny został wygięty wedle paraboli w ten sposób, że palnikiem acetylenowym wycięto w węzłach trójkątowe części ścianki pionowej w miejscach załamania



Ryc. 3.



Ryc. 4.

względu na styk, wykonywany na budowie, poziome blachy usztywniające o grubości 10 mm. Styk pasa dolnego wykonano tak bezpośrednio, jakoteż przy pomocy dodat-

pasu, następnie dogięto bęlkę do kształtu parabolicznego, a wreszcie zespojono. W ten sposób stopka teówki na całej długości jest nierozciąta i niezetknięta.

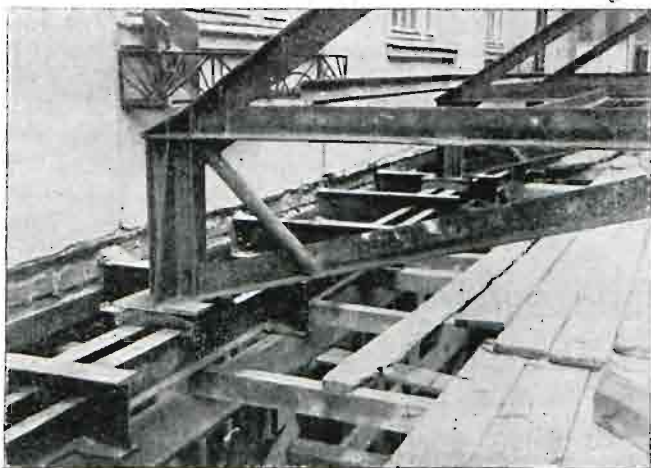


Dach pokryty jest świetlnią górną, opartą na szczeblach syst. Eterna, dołem zawieszony jest na nim witraż wykonany również w całości przy pomocy spawania elektrycznego.



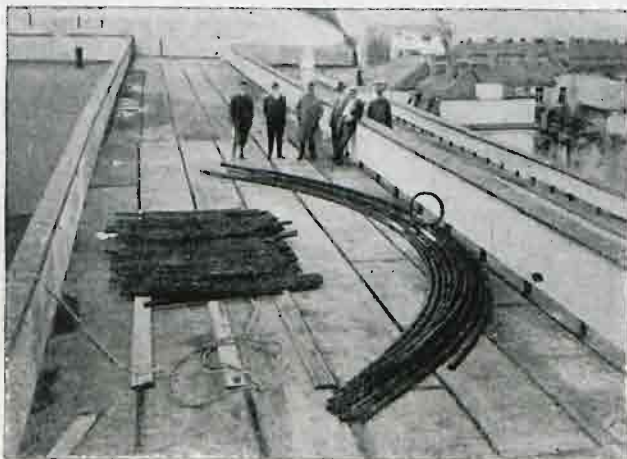
Ryc. 5.

W tymże budynku zastosowano drugą konstrukcję, która wykonana jest z rur prawie w całości. Jest nią kopuła mieszcząca się na nadbudowie starej części P. K. O. Średnica tej kopuły ma 12,40 m, przekrój jej pionowy jest niepełnym półkolem, wspierającym się na



Ryc. 6.

stycznych stromo przeprowadzonych prostych. Z pomiędzy kilku alternatyw, jakie robiono, wybrano alternatywę płaszczową jako najekonomiczniejszą; dawała ona bo-

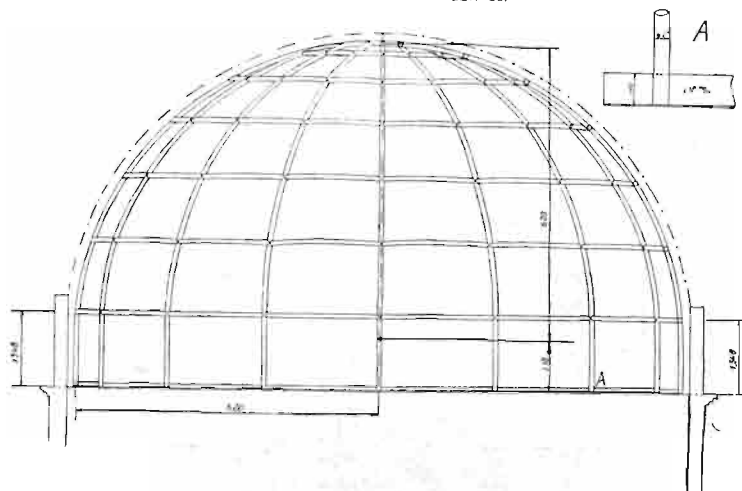


Ryc. 8.

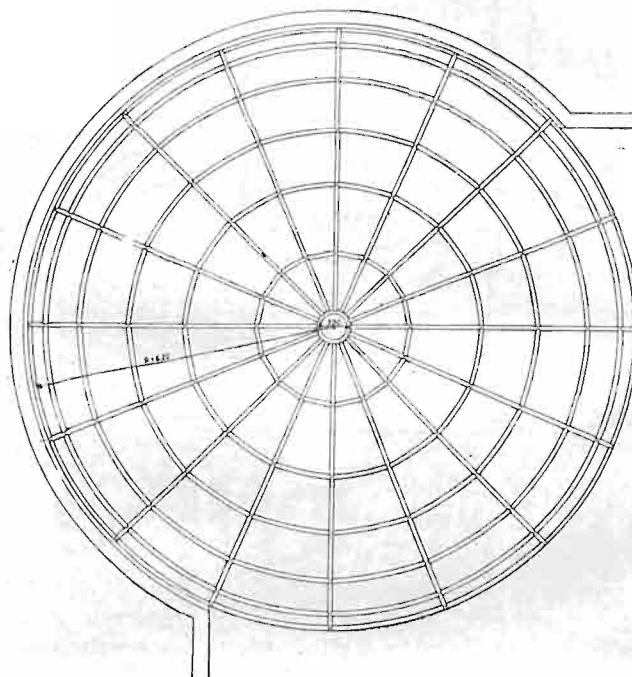
wiem oszczędność na wadze dochodząca do 50%. Ustrój rurowy przedstawiał w niej korzyści niezmiernie prostego przygotowania konstrukcji. Wszystkie krokwie zo-

## KOPUŁA NA GMACHU P.K.O. W WARSZAWIE

WIDOK PRZEKROJ.

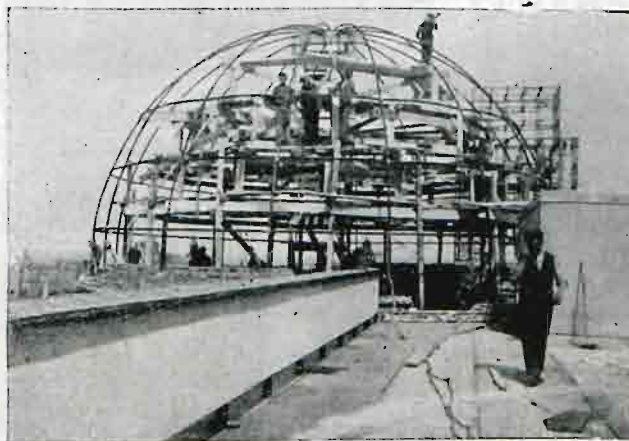


RZUT POZIOMY



Rys. 7.

stały bowiem wykonane z jednego przekroju i wygięte wedle szablonów w odpowiedni kształt. Pierścienie wyko-



Ryc. 9.



nano z elementów przechodzących od krokwi do krokwi, przyczem wszystkie te elementy wygięte zostały wedle

ce Trisanna o rozpiętości 14 m, skonstruowaną w całości z rur. Kładka ma 1 m szerokości, obliczona jest na ciężar



Ryc. 10.

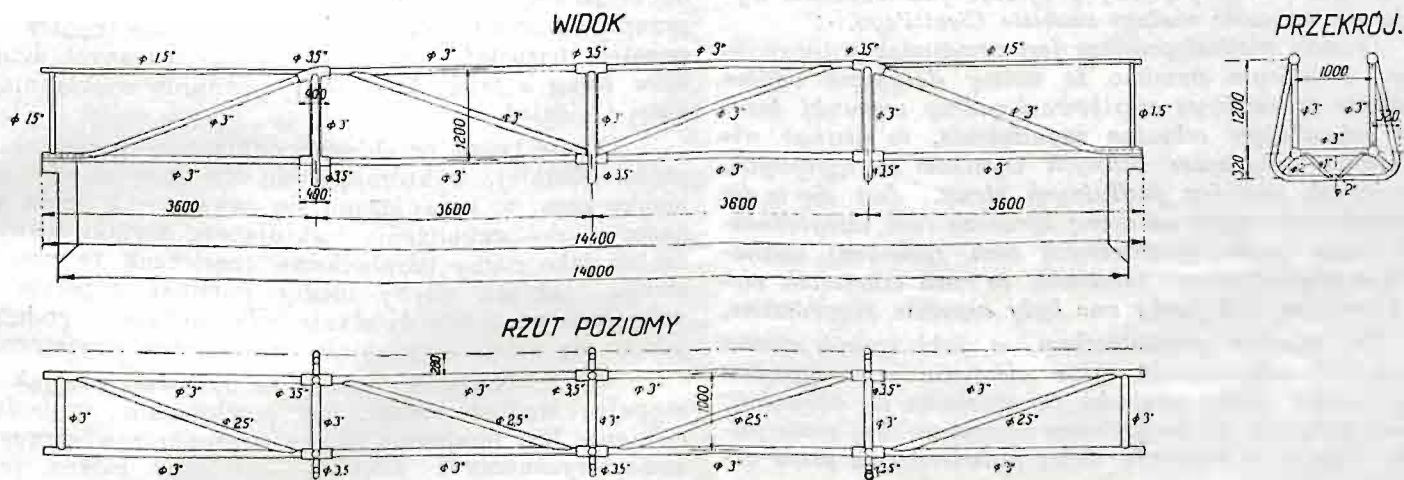


Ryc. 11.

promienia tego samego koła. Dało się to uskutecznić w ten sposób, że pierścienie nie leżą w płaszczyznach poziomych,

ale są odcinkami kół wielkich kuli, a więc leżą na płaszczyznach przechodzących przez jej środek, tem samym zaś różnych dla każdego odcinka pomiędzy dwiema krokwiami. Wszystkie przekroje zostały wykonane z tego samego profilu rury o średnicy 2" = 50 mm i grubości 5 mm. Cięcie wszystkich rur wedle tego samego promienia ułatwiło w ogromnym stopniu przygotowanie konstrukcji, gdyż wszystkie rury zostały przysłane na plac budowy pogięte i przycięte odpowiednio. Jedynie pierścień dolny wykonany został z teówki 112 (por. ryc.).

### KŁADKA NA RZECIE TRISANNA.



Rys. 12.

mych, ale są odcinkami kół wielkich kuli, a więc leżą na płaszczyznach przechodzących przez jej środek, tem samym zaś różnych dla każdego odcinka pomiędzy dwiema krokwiami. Wszystkie przekroje zostały wykonane z tego samego profilu rury o średnicy 2" = 50 mm i grubości 5 mm. Cięcie wszystkich rur wedle tego samego promienia ułatwiło w ogromnym stopniu przygotowanie konstrukcji, gdyż wszystkie rury zostały przysłane na plac budowy pogięte i przycięte odpowiednio. Jedynie pierścień dolny wykonany został z teówki 112 (por. ryc.).

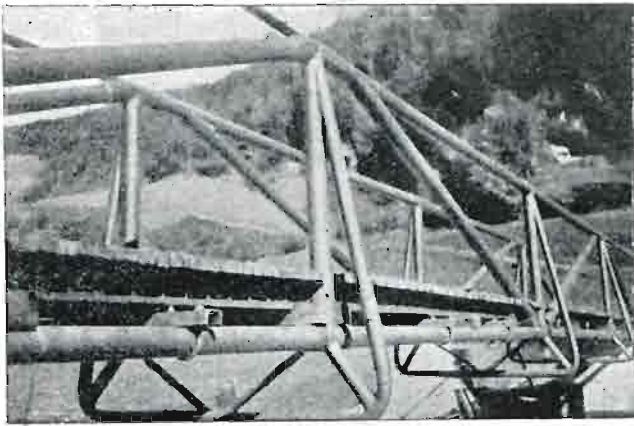
Połączenia wykonano przy pomocy acetyleny. — Szczegóły konstrukcji w trakcie wykonywania przedstawia ryc. 11. Konstrukcja rurowa została następnie pokryta 4 cm warstwą betonu na siatce i pokryta blachą miedzianą. Obie te konstrukcje projektowali inż. Dobrowolski i Szczekowski przy moim doradztwie.

Z działy konstrukcyjnej mostowych wymienić należy wykonaną w r. 1931 kładkę we Wiesbergu (Tyrol) na rze-

krata równoległa prostokątna o odstępach słupów około 3,50 m. Pasy dolne są stężone również przy pomocy tężnika poziomego w kształcie kraty prostokątnej. Na wszystkich środkowych słupach umieszczono stężenia poprzeczne, wykonane również z rur. Ze względu na dosyć trudny dostęp na miejsce budowy, wykonano kładkę w warsztacie w 3 częściach, zaopatrzonych w stężenia poprzeczne, wykonane na szablonach. Części te sprowadza się na miejsce montażu oddzielnie, poczem wprowadzono w stykach na rurę pasów rurę inną, o bezpośrednio większym profilu i połączono ją obustronnie z profilem zasadniczym. Ponieważ część środkowa na końcach usztywniona nie była, przeto podczas transportu usztywniono ją przy pomocy słupów drewnianych. Po zmontowaniu wykonano potrzebne spoiny, przyczem spoiny okrągłe zrobiono na końcu. Do wykonania użyto rur o średnicy 1 1/2 cala = 38 mm do 3 1/2 = 90 mm. Pomost umieszczono na poziomo ułożonych korytkach, utwierdzonych przy po-



mocy odpowiednich trzpieni okręconych dookoła pasa dolnego, a połączonych na końcach śruby.



Ryc. 13.

W konstrukcji tej uzyskano redukcję ciężaru poprzednio projektowanej konstrukcji nitowanej mniej wię-

cej do 50%, koszt zaś spawania był tańszy niż koszt nitowania tak, że konstrukcja ta była najtańsza. Spawanie wykonano przy pomocy acetylenu. Projektodawcą i wykonawcą był inż. Platzer.

Powyższe przykłady świadczą, że zastosowanie spawania rozszerzyło znacznie zakres możliwych profilów konstrukcyjnych. Specjalnie zaś rury stalowe, które były dotychczas elementem nieużywanym znalazły możliwość spożytkowania. Nie oznacza to jeszcze tego, że rury staną się elementem dominującym w konstrukcjach spawanych, tembardziej, że przy wykonaniu tego rodzaju połączeń nadaje się doskonale spawanie acetylenem. O celowości zastosowania decyduje nie tylko teoretycznie najkorzystniejszy kształt, ani też kształt nowy, dawniej nieużywany, ale także i to przede wszystkim oszczędność. Narazie oszczędności tej przy profilach rurowych uzyskać nie można ze względu na ich wysoką cenę i dlatego te niewielkie zresztą konstrukcje uważać należy raczej jako szukanie nowych dróg. Niemniej możliwe jest, że zwiększone zastosowanie zredukuje i cenę i pozwoli na stosowanie ich na większą skalę.

Tullio Levi-Civita

Prof. Mechaniki Teoretycznej na Uniwersytecie w Rzymie.

## O strugach cieczy.

(Tłumaczył z włoskiego i przypiski dodał: K. F. Vetulani).

*Wstęp: W przypadku idealnym dwuwymiarowym dozwala odwzorowanie wiernokątne na matematyczne traktowanie strug płynów, przyczem jak wiadomo wybijają się na czoło zasługi osobiste Cisotti'ego.*

*O wiele niedostępniejszy jest przypadek trójwymiarowy, w którym pomimo że mamy dotyczące ogólne równanie różniczkowe cząstkowe i znamy warunki brzegowe określające odnośne zagadnienie, to jednak nie znaleziono dotychczas żadnych wyników szczegółowych, opisujących przebieg podłużnych strug. Jest się w tej dziedzinie skazanym na ocenę zgrubsza (nie uwzględniającą zgoła hydrodynamicznych cech zjawiska) wychodzącą z prymitywnego założenia, że ruch cząsteczek cieczy przebiega tak jakby one były zupełnie rozprószone.*

*Tu właśnie przedstawimy, w jaki sposób można uwzględnić odpowiednio także ciśnienie w przypadku strug bardzo małej grubości (w stosunku do długości), to jest dających się przyrównać wprost do linii materialnych. Wyniki te znajdują dobre potwierdzenie przez doświadczenie.*

### 1. Wzmianki historyczne. Ustawienie zagadnienia.

Badanie doświadczałne strug płynnych podjęli już dość dawno wybitni hydraulicy i fizycy. Wystarczy wymienić nazwiska: *Borda, Bidone, Michelotti, Poncelet, Lesbros, Bazin* z jednej strony; *Savart, Plateau, Magnus, Tyndall, Rayleigh*<sup>1)</sup> z drugiej. Autorzy ci zajmowali się głównie strugami wypływającymi pod umiarkowanym ciśnieniem, podnosząc występowanie dwu części: jednej — w sąsiedztwie wpływu — zupełnie ciągłej, gładkiej, przrzystej, drugiej burzliwej, matowej, ze zwężeniami i zmarszczkami, która kończy się rozdzieleniem na odrębne nitki i w końcu na kropelki.

Odnosnie do takich objawów badano jakościowo zmiany kształtu i wielkości przekrojów, zjawiska na-

pięcia powierzchniowego (*Plateau*) oraz osobliwe zjawiska dźwiękowe (*Savart* i *Rayleigh*). Ilościowe zaś badania szczególnie kierowały się ku określeniu objętości przepływu oraz współczynnika przewężenia (kontrakcji), pozatem pozostało jeszcze parę geometrycznych diagramów strug a także kilka seryj pomiarów rozkładu chyłości i ciśnień.

Co się tyczy przebiegu podłużnego strugi w jej części gładkiej, w której da się ona przedstawić jako cienka rura, to ograniczano się zawsze — o ile mi wiadomo — do przybliżenia traktującego wyniki doświadczenia jako ruchy paraboliczne cząsteczek tworzących strugę, tak jak gdyby można pominąć zupełnie ich wzajemne na siebie działanie siły ciężkości, podobnie jak to się dzieje zwyczajnie przy oporze powietrza.

W rzeczywistości rzeczy te odbywają się jak następuje: wzdłuż strugi, na powierzchni swobodnej, ciśnienie jest dokładnie równe ciśnieniu zewnętrznemu atmosferycznemu<sup>2)</sup>. Dlatego — o ileby można przypuścić, że od niego nie będzie się wiele różnić ciśnienie we wnętrzu strugi — byłby dopuszczalny schemat prymitywny: że ciśnienie jest wprost stałe we wszystkich punktach strugi, a więc jego gradient (spadek) jest zerem, czyli, co na jedno wychodzi, że wzajemne oddziaływanie cząsteczek płynnych (składające się na gradient ciśnienia) znoszą się nawzajem i zjawiska ruchu odbywają się tak jakgdyby chodziło o swobodne punkty materialne. Gdy w szczególności siły czynne ograniczają się do samego ciężenia ku ziemi, jak to bywa zwykle, to będziemy mieć strugi paraboliczne lub też wprost pionowe.

Dopiero co opisany schemat, któryby można oznaczyć słownie jako *przebieg swobodny*, staje się niewystarczającym o ile nie sprawdza się przypuszczalny jednostajny rozkład ciśnienia wewnątrz strugi. W rzeczy samej stwierdzono doświadczalnie w przypadku strug opadających, wypływających pod naciskiem umiar-

<sup>1)</sup> Porówn. np. D. Spataro „Idromeccanica“ Vol. I. Libro I. Milano Hoepli, 1915, pp. 307—444.

Także: H. Bazin „Experiences sur la contraction des veines liquides et sur la distribution des vitesses à leur intérieur“ Mém. des Sav. Étrangers, t. XXXII n. 4. 1902.

<sup>2)</sup> Skoro się pominie wpływ napięcia powierzchniowego (kapilarnego); przyp. tłum.



kowanym (rzędu jednego lub nawet paru metrów, jak chociażby dla ciśnień przekraczających atmosferyczne o kilka dziesiątych), że nadmiar ciśnienia — przed otworem wypływowym — spada nagle, chociażby nie całkiem aż do zera, to jednak przynajmniej (średnio) do jednej dziesiątej zaraz na zewnątrz otworu wypływowego.

Przypadku jednak wysokich ciśnień przy otworze wypływowym nie poddawano aż dotąd sprawdzeniu pod względem ilościowym, a pozatem można przytoczyć (już nawet przy ciśnieniach umiarkowanych także) obserwacje, które zbliżają się raczej do drugiego przebiegu granicznego, który oznaczam jako *przebieg linjowy*, mając tu na myśli przypadek strug cienkich, przy których ciśnienie we wnętrzu pozostaje (w ich części gładkiej dostatecznie bliskiej otworu wypływowego) wyraźnie wyższym od ciśnienia atmosferycznego.

W takich okolicznościach nie można do badania przebiegu podłużnego strugi przystąpić, jeśli się (nawet choćby makroskopowo) zgóry pominie wpływ ciśnienia. Właśnie przedsięwziąłem zdać sobie sprawę z tego wpływu, biorąc w rozważanie przypadek takich strug, które posiadają część gładką, dostatecznie długą, w porównaniu z wymiarami przekrojów poprzecznych, a to dlatego, ponieważ taką część można w pierwszym przybliżeniu przedstawiać sobie wprost jako *linję materialną*.

W ten sposób przekonamy się, że:

1. Przy *ruchu trwałym* przekrój strugi pozostaje stały; od jednego przekroju ku innemu ciśnienie (średnio) zmienia się w sposób statyczny.

2. W przypadku zwyczajnym cieczy ważkiej (zawsze ma się tu na myśli ruch trwały) linją wytyczną (kierownicą) strugi jest krzywa łańcuskowa (a nie parabola).

3. To samo zachodzi także na początku wypływu o ile okoliczności przy samym otworze wypływowym nie zmieniają się. Dokładniej mówiąc, tworząca się struga przedstawia się wtedy zawsze jako wzrastający łuk jednej i tej samej krzywej i to tej, podług której dalej przebiega jak długo trwają warunki zezwalające na przebieg tego rodzaju.

Wskażę w ust. 12. na fakty, które usprawiedliwiają rozważanie tego nowego przypadku granicznego obok owego pierwotnego (cząsteczki swobodne), który się zwyczajnie przypuszcza. Rzeczywistość jest zapewne o wiele więcej zawiła i prawdopodobnie przedstawia się jako coś pośredniego pomiędzy wymienionymi oboma przypadkami skrajnymi, przynajmniej dopóty, jak długo wolno jeszcze pomijać zjawisko więcej zawiłane pochodzące od lepkości (oporu wewnętrznego) i włoskowatości (napięcia powierzchniowego).

## 2. Podstawy ujęcia geometrycznego.

Geometryczne rozmieszczenie strugi w oznaczonej chwili  $t$  może być określone (podobnie jak dla prętów, belek, rur) biorąc pod uwagę łuk  $D$  jakiejś krzywej gładkiej, zresztą — a priori — jakiegokolwiek, wziętej za linję wytyczną.

Jeśli się przypisze każdemu punktowi  $S$  łuku  $D$  pole  $\sigma$ :

- położone w płaszczyźnie prostopadłej do  $D$ ;
- posiadające rozmiary małe w stosunku do długości łuku  $D$  oraz do jego promienia krzywizny  $R$ ;
- posiadające swój środek w punkcie  $S^3$ , to przestrzeń zakreślona takimi polami  $\{\sigma\}$  będzie mieć postać rurową odpowiadającą naszemu wyobrażeniu strugi.

<sup>3)</sup> Porówn. T. Levi-Civita, „*Sezioni piane di un corpo e direttrici ortobariche*“. Rend. Acc. Lincei, vol. XII, 1930, pp. 535—541.

## 3. Równanie ciągłości.

Przyjmując hipotezę małości przekrojów [ $H.I$ ] (pkt. 2b) można uważać strugę za linję materialną posiadającą jako podkład geometryczny właśnie krzywą  $D$  (która w ogólnych warunkach będzie się zmieniała z czasem).

Oznaczmy przez  $s$  łuk krzywej  $D$  (mierzony w kierunku ruchu płynu począwszy od otworu wypływowego), a przez  $\sigma = \sigma(s, t)$  pole przekroju strugi prostopadłego do  $D$  w punkcie o odciętej krzywoliniowej równej  $s$  w chwili  $t$ . Wówczas wielkość:

$$\sigma ds$$

przedstawia nam z pominięciem wielkości małych wyższego rzędu w porównaniu do  $ds$  objętość kawałka elementarnego strugi zawartego między przekrojami o odciętych krzywoliniowych  $s$ , względnie  $s + ds$  w chwili  $t$ .

Jeżeli przez  $\mu$  oznaczymy gęstość płynu, to:

$$(3.1) \quad \mu_s = \mu_s(s, t) = \mu \sigma$$

jest gęstością linjową strugi w chwili  $t$  w punkcie  $s$  krzywej  $D$ .

Taki kawałek o grubości elementarnej  $ds$  da się przyrównać do punktu materialnego i umiejscowić (z pominięciem wielkości stosunkowo małych wyższych rzędów) w jednym określonym z pośród swoich punktów wewnętrznych: w szczególności w punkcie  $S$  wytycznej  $D$ , posiadającym odcięta (krzywoliniową)  $s$ . Można przyjąć hipotezę ( $H.II$ ), że ten punkt (jako przedstawiciel elementarnego kawałka) będzie się zachowywał jako punkt *substancjalny*. Przy takim założeniu posiada on w każdej chwili zupełnie określoną chyżość (względna) skalarną  $\bar{w}$ , która jest jakąś funkcją czasu  $t$ , oraz — co należy mieć na uwadze — tegoż punktu  $S$ , lub też, co na jedno wychodzi, jego chwilowego położenia określonego przez  $s$ .

Zapomocą dwóch funkcji:  $\mu_s(s, t)$  oraz  $\bar{w}(s, t)$  można z łatwością ustawić równanie ciągłości, czy też wyrazić zasadę zachowania masy w postaci przydatnej w rozważanym przypadku. W rzeczy samej, rozważmy masę  $m$  płynu zawartą w chwili  $t$  między jakimikolwiek przekrojami poprzecznymi  $\sigma_1, \sigma_2$  określonymi przez wartości  $s_1, s_2$  na krzywej  $D$ , to z określenia gęstości linijnej  $\mu_s$  mamy:

$$m = \int_{s_1}^{s_2} \mu_s ds.$$

Skoro przejdziemy do chwili następnej  $t + dt$ , to końce  $s_1$  i  $s_2$  łuku substancjalnego wziętego pod uwagę będą mieć, w nowym położeniu krzywej  $D$  odcięte  $s_1 + ds_1$  oraz  $s_2 + ds_2$  podczas gdy  $\mu_s(s, t)$  zmieni się o  $\frac{\partial \mu_s}{\partial t} dt$ . Skoro masa  $m$  pozostaje niezmienną, więc, oznaczając odpowiednio  $\mu_{s_1}, \mu_{s_2}$ , będziemy mieć:

$$dt \int_{s_1}^{s_2} \frac{\partial \mu_s}{\partial t} ds + \mu_{s_2} ds_2 - \mu_{s_1} ds_1 = 0.$$

Pochodne  $\frac{ds_1}{dt}, \frac{ds_2}{dt}$  to właśnie  $\bar{w}(s_2, t), \bar{w}(s_1, t)$ ;

dzieląc więc równanie ostatnie przez  $(s_2 - s_1) dt$  możemy je tym sposobem napisać w postaci:

$$\frac{1}{s_2 - s_1} \int_{s_1}^{s_2} \frac{\partial \mu_s}{\partial t} ds + \frac{\mu_{s_2} \bar{w}(s_2, t) - \mu_{s_1} \bar{w}(s_1, t)}{s_2 - s_1} = 0.$$

Gdy łuk  $s_2 - s_1$  staje się nieograniczenie małym, zawierając przytem określony przez  $s$  punkt, to przez proste przejście do granicy otrzymuje się — z poprzedniego — równanie:

$$(3.2) \quad \frac{\partial \mu_s}{\partial t} + \frac{\partial (\mu_s \bar{w})}{\partial s} = 0.$$



To jest właśnie ta postać równania ciągłości, której nam było potrzeba, postać dobrze znana z hydroliki przy przepływie rurowym.

Jeżeli chodzi o ciecze (a więc płyny nieściśliwe) to ponadto jeszcze podczas ruchu nie zmienia się gęstość, a więc:

$$(3.3) \quad \frac{d\mu}{dt} = \frac{\partial\mu}{\partial t} + \bar{w} \frac{\partial\mu}{\partial s} = 0 \quad \text{oraz} \quad \frac{\partial\mu}{\partial t} = 0 \quad \text{i} \quad \frac{\partial\mu}{\partial s} = 0.$$

Na tej podstawie możemy z powodu że  $\mu = \mu \sigma$  (3.1), pozbyć się wielkości  $\mu_s$  z równania ciągłości i napisać je w postaci:

$$(3.4) \quad \frac{\partial\sigma}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{w}\sigma)}{\partial s} = 0.$$

*Uwaga.* Można dojść do takiego samego równania ciągłości, uwzględniając (wbrew hipotezom I, II) rozmiary poprzeczne przekrojów  $\sigma$ ; wówczas jednak należy uważać  $\bar{w}$  za wartość średnią składowych  $w_s'$  prostopadłych do  $\sigma$  szybkości  $w$  należących do poszczególnych punktów przekroju  $\sigma$ , t. j. wyrażnie:

$$(3.5) \quad \bar{w} = \frac{1}{\sigma} \int_{\sigma} w_s' d\sigma.$$

#### 4. Wypadkowa ciśnień.

Weźmy pod uwagę kawałek  $\Gamma$  strugi zawarty między dwoma przekrojami dowolnymi  $\sigma_1, \sigma_2$ , którym odpowiadają wartości  $s$  równe  $s_1$  względnie  $s_2$  i niech  $\Pi$  oznacza powierzchnię rurową (pobocznice), która łącznie z  $\sigma_1$  i  $\sigma_2$  stanowi zamkniętą powierzchnię  $\Sigma$  ograniczającą obszar  $\Gamma$ . W każdym punkcie ograniczenia  $\Sigma$  wyobraźmy sobie jednostkowy wektor normalny  $\mathbf{n}$  skierowany ku wnętrzu obszaru  $\Gamma$ .

Niechaj  $p^*$  oznacza ciśnienie w głębi cieczy w oznaczonym miejscu i w danej chwili,  $p_0$  zaś stałe i jednostajne ciśnienie atmosferyczne, to:

$$(4.1) \quad p = p^* - p_0$$

oznacza nadwyżkę ciśnienia we wnętrzu lub też krótko mówiąc ciśnienie liczone od atmosferycznego.

Wypadkową  $P$  ciśnień  $p^*$  na ograniczeniu  $\Sigma$  kawałka strugi  $\Gamma$  przedstawia całka (w sensie sumy wektorjalnej):

$$(4.2) \quad P = \int_{\Sigma} p^* \mathbf{n} d\Sigma.$$

Jak wiadomo dla powierzchni jednospójnej zamkniętej jest:

$$\int_{\Sigma} \mathbf{n} d\Sigma = 0,$$

a na tej podstawie wstawiając wartość na  $p^*$  z (4.1) w (4.2) otrzymuje się ze względu na stałość  $p_0$ :

$$P = \int_{\Sigma} p \mathbf{n} d\Sigma,$$

ponieważ zaś  $\int_{\Sigma} = \int_{\Pi} + \int_{\sigma_1 + \sigma_2}$  oraz  $p=0$  na całej pobocznicy  $\Pi$ ,

więc ostatecznie:

$$(4.3) \quad P = \int_{\sigma_1 + \sigma_2} p \mathbf{n} d\Sigma.$$

Wprowadzamy teraz wektor jednostkowy:

$$(4.4) \quad \hat{\mathbf{s}} = \frac{\partial S}{\partial s}$$

styczny do krzywej  $D$  (wziętej w oznaczonej zresztą dowolnej chwili  $t$ ) w jej punkcie  $S$  w kierunku ruchu. Jeżeli łuki  $s_1, s_2$  liczymy zawsze w tym kierunku, w którym ruch się odbywa to możemy przyjąć  $s_2 > s_1$ ; odpowiednie wektory jednostkowe (4.4) na końcach kawałka  $\Gamma$  niech będą  $\hat{\mathbf{s}}_1, \hat{\mathbf{s}}_2$ .

W każdym punkcie przekroju  $\sigma_1$  wektor  $\mathbf{n}$  jest równy  $\hat{\mathbf{s}}_1$ , a w każdym punkcie pola  $\sigma_2$  równy  $-\hat{\mathbf{s}}_2$ ; tym sposobem można napisać (4.3) w postaci:

$$P = \hat{\mathbf{s}}_1 \cdot \int_{\sigma_1} p d\sigma - \hat{\mathbf{s}}_2 \cdot \int_{\sigma_2} p d\sigma,$$

albo jeszcze prościej:

$$(4.5) \quad P = p_1 \sigma_1 \hat{\mathbf{s}}_1 - p_2 \sigma_2 \hat{\mathbf{s}}_2,$$

gdzie:

$$(4.6) \quad \bar{p} = \frac{1}{\sigma} \int_{\sigma} p d\sigma$$

oznacza ciśnienie średnie na dowolnym przekroju  $\sigma$ .

Jeżeli w szczególności  $s_1$  i  $s_2$  zbliżone są nieograniczenie, to kładąc  $s_1 = s$  oraz  $s_2 = s + ds$  i pisząc  $\partial_s P$  w miejsce  $P$  otrzymuje się:

$$(4.7) \quad \partial_s P = - \frac{\partial(\bar{p} \sigma \hat{\mathbf{s}})}{\partial s} \cdot d\mathbf{s},$$

gdzie użyłem symbolu różniczkowego, aby podkreślić, że mamy tu do czynienia z dwoma zmiennymi niezależnymi:  $s$  oraz  $t$ .

*Uwaga.* Wyrażenie (4.5) na wypadkową z ciśnień, jakoteż wniosek z niego: (4.7) otrzymuje ze samych geometrycznych właściwości strugi, a — co należy wyraźnie zauważyć — bez żadnej hipotezy ograniczającej co do ciśnienia, ani też w szczególności co do rozkładu ciśnienia na przekroju poprzecznym strugi.

#### 5. Zasada ruchu środka masy w zastosowaniu do elementarnej kawałka strugi.

Niech  $f$  oznacza natężenie siły zewnętrznej to jest taką siłę przypadającą na jednostkę masy, to elementarny kawałek strugi o wymiarze podłużnym równym  $ds$  pozostaje pod działaniem wypadkowej:

$$(5.1) \quad \bar{f} \mu_s ds, \quad \text{gdzie} \quad \bar{f} = \frac{1}{\sigma} \int_{\sigma} f d\sigma$$

jest średnim natężeniem tej siły w przekroju.

Z drugiej strony oznaczając przez  $S$  jakikolwiek punkt krzywej  $D$  (o odciętej krzywoliniowej  $s$ , w chwili  $t$ , który to punkt można uważać za środek masy rozważanego kawałka) to jego chyżość wektorjalna  $\dot{S}$  jest:

$$\dot{S} = \frac{dS}{dt},$$

a jego przyspieszenie:

$$\ddot{S} = \frac{d^2 S}{dt^2}.$$

Symbol pochodnej zupełnej  $\frac{d}{dt}$ , z uwagi, że położenie punktu  $S$  jest funkcją dwóch zmiennych niezależnych  $s$  i  $t$  należy tu rozumieć jak następuje:

$$(5.2) \quad \frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \bar{w} \frac{\partial}{\partial s},$$

gdzie, jak poprzednio,  $\bar{w} = \frac{ds}{dt}$ , (pkt. 3).

Przyjmując w naszych rozważaniach jako wypadkową sił wewnętrznych (ciśnień) otrzymane poprzednio dla dowolnej chwili wyrażenie (4.7) dostaniemy wypadkową sił zewnętrznych dla wyodrębnionego elementarnej kawałka strugi w postaci:

$$\bar{f} \mu_s ds + \partial_s P;$$

przyrównując zaś, według zasady ruchu środka masy i postulatu d'Alemberta siłę bezwładności rozważanego



kawałka do sumy sił zewnętrznych nań działających będziemy mieć — po podstawieniu prawej strony wyrażenia (4.7) w miejsce  $\partial_s P$  i podzieleniu przez  $ds$  — jako równanie ruchu tegoż środka  $S$  wyrażenie:

$$(5.3) \quad \mu_s \ddot{S} = \mu_s \bar{f} - \frac{\partial}{\partial s} (\bar{p} \partial \bar{\delta}).$$

[Jeżeli siła zewnętrzna masowa  $f$  jest tego rodzaju, że jej wypadkowa  $\mu_s \bar{f}$  przechodzi przez środek  $S$  masy kawałka rozważanego, to, pomijając równanie momentów, otrzymujemy z (5.3), jako wniosek, że przy danych założeniach także wypadkowa  $\partial_s P$  (4.7) przez punkt  $S$  przechodzić winna] <sup>4)</sup>.

## 6. Analogia do ruchu nici wiotkiej i nierozciągliwej.

Wyobraźmy sobie w ruchu nić wiotką i nierozciągliwą. Niech krzywa  $D$  przedstawia jej postać w danej chwili  $t$ , a  $S$  jak poprzednio łuk tej krzywej. Jeżeli  $S$ ,  $\frac{\partial S}{\partial s} = \bar{\delta}$ ,  $\bar{f}$  mają dla tej nici takie same znaczenie, jakie przypisaliliśmy tym wielkościom dla strugi, a pozatem  $T$  przedstawia nam natężenie (wielkość bezwzględna z uwzględnieniem znaku) napięcia nici w punkcie  $S$ , to, jak wiadomo, równanie ruchu jest następujące:

$$(6.1) \quad \mu_s \ddot{S} = f \mu_s + \frac{\partial}{\partial s} (T \bar{\delta}).$$

Równanie (5.3) dla strug różni się od powyższego jedynie tem, że w miejsce wielkości  $T$  tutaj, stoi tam —  $p \sigma$ , a więc napięcie względnie odpowiednio nacisk czyli siła wewnętrzna działająca na dowolny przekrój  $\sigma$ . Natomiast, jakkolwiek  $\ddot{S}$  przedstawia zarówno dla strugi jak i dla nici przyspieszenie punktu  $S(s, t)$ , to jednak przyspieszenie to nie wyraża się jednak w obu przypadkach, chociaż  $s$  jakoteż  $t$  mają zawsze to samo znaczenie; a mianowicie: w przypadku strugi pochodna zupełna  $\frac{d}{dt}$  wyraża się wzorem (5.2):

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \bar{w} \frac{\partial}{\partial s},$$

gdy — przeciwnie — dla nici nierozciągliwej wartość określona zmiennej  $s$  odpowiada zawsze (dla każdej chwili  $t$ ) tej samej części substancji, przeto:

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t},$$

ponieważ chyżość  $\bar{w}$  — a priori nieznana dla strugi — jest identycznie równą zeru w przypadku nici nierozciągliwej.

Nie wystarcza więc poprostu podstawić  $T$  za —  $p \sigma$ , aby mieć zupełną równowagę formalną; osiągnąć to można jedynie, jak to zobaczymy w ust. 10., gdy się ma do czynienia z ruchem ustalonym.

*Uwaga.* Ogólne równanie dynamiczne można stosować także do strug grubszych, jeżeli się traktuje punkt  $S$  jako środek dowolnego przekroju  $\sigma$ .

Można jeszcze ponadto przypuścić (vide: odsyłacz ust. 2), że krzywą  $D$  obieramy dla każdej chwili osobno w ten sposób, aby jej punkty  $S$  były środkami przekrojów normalnych strugi przechodzących przez nie. Lecz wtedy nie można już wymagać — o ile grubość strugi nie jest znikoma — aby krzywa  $D$  była linią substancjalną, to jest złożoną bez przestanku z tychże samych punktów materialnych.

Przeto zarówno szybkość (bezwzględną wektorjalną)  $\dot{S}$  jak i przyspieszenie  $\ddot{S}$  występujące w równaniu (5.3)

<sup>4)</sup> [ ] przyp. tłum.

musi się — w dowolnej chwili  $t$  — zachować tak, jak gdyby punkt  $S$  był środkiem cząsteczek materialnych które w tejże chwili  $t$  tworzą odpowiedni przekrój normalny  $\sigma$ . Już w chwili sąsiedniej  $t+dt$  ten środek nie będzie należał do krzywej  $D$  (w położeniu, które on zajmie w chwili  $t+dt$ ).

Dlatego też o ilebyśmy za główną poszukiwaną wielkość uważali właśnie przedstawienie parametryczne  $S(s, t)$  krzywej wytycznej  $D$  w różnych chwilach  $t$  to niewolnoby nam było się posługiwać związkiem postaci:

$$\dot{S} = \frac{\partial S}{\partial t} + \bar{w} \frac{\partial S}{\partial s},$$

nawet choćby tu  $w$  miało mieć inną wartość, niż ta, która występuje w równaniu ciągłości (3.4). Naogół biorąc zagadnienie wtenczas stałoby się zawilsze, ponieważ nie da się osiągnąć, aby wielkości występujące zarówno w równaniu ciągłości, jak i w równaniu dynamicznem miały w obu tych równaniach równocześnie to samo znaczenie.

Powyższe okoliczności skłaniają do ograniczenia rozważań na przypadek strug o znikomej grubości, to jest takich, które dają się uważać za pojedynczą linię materialną.

## 7. Dodatkowy związek charakterystyczny dla przebiegu linowego.

Niechaj  $F$  będzie funkcją dowolną punktów pola przekroju  $\sigma$ , to jej wartość średnia  $\bar{F}$  jest określona relacją:

$$\sigma \bar{F} = \int_{\sigma} F d\sigma,$$

gdzie obie strony zależą od  $s$  to jest od położenia przekroju  $\sigma$  wzdłuż krzywej  $D$ .

Jeżeli przejdziemy od wartości  $s$  do wartości  $s+ds$  to całkowita zmiana funkcji  $\sigma F$  może być rozłożona na dwie części:

pierwszą skutkiem zmiany samej funkcji  $F$  o  $\partial_s F = \frac{\partial F}{\partial s} ds$  przy niezmiennym  $\sigma$ ;

drugą skutkiem zmiany samego pola  $\sigma$  o  $\partial_s \sigma$ .

Niech  $C$  oznacza krzywą ograniczającą pole przekroju  $\sigma$  odpowiadające wartości  $s$ , a  $C'$  to samo dla wartości  $s+ds$ ; za  $C'$  możemy też wziąć — z pominięciem małych wyższego rzędu z powodu założenia ust. 2. b) (H. I) — rzut prostokątny  $C'$  na płaszczyznę przekroju sąsiedniego  $\sigma$ ; niech dalej  $dn$  oznacza przesunięcie prostopadłe do  $C$ , jakiego należy udzielić dowolnemu punktowi, leżącemu na ograniczeniu  $G$ , aby osiągnąć sąsiedniego punktu na rzucie  $C'$ . Jeżeli przesunięcie to liczymy dodatnio na zewnątrz od  $G$  to wartość zmiany szukanej odpowiadającej zmianie  $\sigma$  o  $\partial_s \sigma$  można wyrazić w postaci:

$$\int_G F dn dG;$$

wartość powyższa jest więc równą zeru dla każdej takiej funkcji, która na obwodzie  $G$  przekroju  $\sigma$  jest równą zeru.

Tego rodzaju funkcją jest w szczególności poprzednio określona (4.1) nadwyżka ciśnienia czyli  $p$ , a tem samym także  $\frac{\partial p}{\partial s}$ . Mamy więc tożsamość:

$$(7.1) \quad \frac{\partial}{\partial s} (\bar{p} \sigma) = \int_G \frac{\partial p}{\partial s} d\sigma^5.$$

Ażeby ten związek sprowadzić do postaci prostej użytecznej dla naszego celu jest się zmuszonym wprowadzić hipotezę jakościową (H. III.), że mianowicie



wartość średnia  $\bar{p}$  nadwyżki ciśnienia w przekroju jest praktycznie równa wartości, jaką ta nadwyżka przybiera w punkcie  $S$  to jest równą  $p_s$ .

Przyjmujemy więc wyraźnie:

$$(7.2) \quad \bar{p}\sigma \equiv \int_{\sigma} p d\sigma = p_s \sigma \quad \text{czyli } \bar{p} = p_s \quad (7.3)$$

z uwagi na (4.6).

Jeżeli ponadto przyjmiemy hipotezę (H. IV.<sup>5</sup>), że także pochodna  $\frac{\partial p}{\partial s}$ , rozważana na dowolnym przekroju  $\sigma$ , podobnie się zachowuje, czyli że analogicznie do (7.2) mamy wyraźnie:

$$(7.4) \quad \int_{\sigma} \frac{\partial p}{\partial s} d\sigma = \sigma \left( \frac{\partial p}{\partial s} \right)_s = \sigma \cdot \frac{\partial p_s}{\partial s} \quad (\text{H. IV}),$$

to z uwagi na (7.3) otrzymamy:

$$(7.5) \quad \int_{\sigma} \frac{\partial p}{\partial s} d\sigma = \frac{\partial \bar{p}}{\partial s} \cdot \sigma;$$

to zaś zezwala na koniec przedstawić związek (7.1) w bardzo prostej postaci:

$$\bar{p} \frac{\partial \sigma}{\partial s} = 0.$$

Ponieważ zaś w naszych rozważaniach przyjmujemy zasadniczo, że średnie ciśnienie wewnątrz strugi przewyższa ciśnienie atmosferyczne  $p_0$ , a więc że według (4.1):  $\bar{p} > 0$ , skutkiem tego ostatnia równość daje:

$$(7.6) \quad \frac{\partial \sigma}{\partial s} = 0;$$

mamy tedy przy wymienionych założeniach twierdzenie, że: *wzdłuż strugi przekrój poprzeczny jest stały w danej chwili*. Tą właściwość można uważać za charakterystyczną dla przebiegu linjowego<sup>7</sup>.

## 8. Układ równań różniczkowych określający przebieg linjowy strug (zarówno zmienny jak i ustalony).

Przedewszystkiem równanie (7.6) właśnie ustalone to jest:

$$[I] \quad \frac{\partial \sigma}{\partial s} = 0$$

służy do wyrażenia tej okoliczności, że  $\sigma$  może zależeć jedynie od  $t$  czyli, że struga posiada w każdej chwili pewną jednostajną grubość.

Z uwzględnieniem [I] otrzymuje równanie ciągłości ważne dla cieczy (3.4) postać:

$$[II] \quad \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \sigma \frac{\partial w}{\partial s} = 0,$$

a równanie ruchu — po podzieleniu przez  $\mu_s = \mu \sigma$  i uwzględnieniu [I] — postać:

$$[III] \quad \ddot{S} = \bar{f} - \frac{1}{\mu} \frac{\partial (\bar{p} \bar{\sigma})}{\partial s}.$$

Wielkościami niewiadomymi występującymi w tych równaniach są funkcje dwóch zmiennych łuku  $s$  i czasu  $t$  następujące: punkt  $S$  lub też inaczej jego trzy współrzędne  $x, y, z$ , a dalej  $\sigma, \bar{p}$  i  $w$ , co czyni razem sześć wielkości skalarnych. Są one związane ze sobą dwoma równaniami skalarnymi [I], [II] i równaniem wektorjalnym [III] równowartem trzem równaniami skalar-

nym<sup>8</sup>); razem więc mamy dotąd pięć równań; ale należy przypomnieć jeszcze warunek normatywny:

$$[IV] \quad \bar{\sigma}^2 = \left( \frac{\partial S}{\partial s} \right)^2 = 1$$

wyrażający, że długość wektora  $\bar{\sigma}$  jest stale równa jedności.

W ten sposób ilość równań różniczkowych nieoznaczonych, to znaczy spełniających się dla wszelkich wartości zmiennych  $s$  i  $t$ , które wypadnie rozważać, jest także sześć. Układ ten oznaczmy przez  $\{U\}$ .

Zagadnienie jest więc należyście zestawione i pozostaje jeszcze zdać sobie sprawę z tego, jakie mają być warunki brzegowe konieczne i wystarczające do zapewnienia jedności (jednolitości) rozwiązania.

## 9. Rozpatrzenie ustanowionego układu równań na podstawie twierdzenia o istnieniu rozwiązania.

Jeżeli zamiast równania [IV] weźmiemy jego pochodną względem  $s$  to jest:

$$[IV_1] \quad \bar{\sigma} \times \frac{\partial \bar{\sigma}}{\partial s} = 0,$$

gdzie znak  $\times$  wyraża iloczyn skalarowy to układ równań:

$$\{U_1\}: \quad [I], [II], [III], [IV_1]$$

nie jest ściśle równoważny układowi poprzednio ustanowionemu:

$$\{U\}: \quad [I], [II], [III], [IV],$$

gdyż z [IV<sub>1</sub>] wynika tylko:

$$\bar{\sigma}^2 = \chi(t),$$

gdzie  $\chi$  oznacza funkcję samej zmiennej  $t$ , podczas gdy równanie [IV] wymaga szczegółowo, aby  $\chi$  była równa jedności.

O ile się więc uda wykazać, że całka ogólna układu  $\{U_1\}$  zależy od pewnej określonej liczby  $N$  funkcji dowolnych zmiennej  $t$  (to jest odgrywających rolę stałych odnośnie do zmiennej  $s$ , którą tu przede wszystkim bierze się pod uwagę), to można natychmiast z tego wyciągnąć wniosek, że całka ogólna układu  $\{U\}$  zależy tylko od  $N-1$  funkcji dowolnych zmiennej  $t$ . Roztrząsanie układu  $\{U'\}$  jest natomiast dogodniejsze, gdyż — jak to się zaraz okaże — układ ten daje się przedstawić w takiej postaci, że pochodne najwyższego występującego rzędu funkcji niewiadomych  $\sigma, w, S, \bar{p}$  względem  $s$  zostaną rozdzielone między poszczególne równania.

Okoliczność ta zachodzi już względem pochodnych  $\frac{\partial \sigma}{\partial s}, \frac{\partial w}{\partial s}$  w równaniach [I] i [II].

Z drugiej strony, ponieważ według określenia (5.2) mamy:

$$\ddot{S} \equiv \left( \frac{\partial}{\partial t} + w \frac{\partial}{\partial s} \right)^2 S \equiv \frac{\partial^2 S}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial t} \left( w \frac{\partial S}{\partial s} \right) + w \frac{\partial^2 S}{\partial s \partial t} + w \frac{\partial}{\partial s} \left( w \frac{\partial S}{\partial s} \right),$$

a oprócz tego, uwzględniając (4.4) otrzymujemy z łatwością:

$$\frac{1}{\mu} \frac{\partial (\bar{p} \bar{\sigma})}{\partial s} = \frac{1}{\mu} \bar{p} \frac{\partial^2 S}{\partial s^2} + \frac{1}{\mu} \frac{\partial \bar{p}}{\partial s} \cdot \bar{\sigma},$$

to rugując z ostatniego członu powyższego wyrażenia na  $\ddot{S}$ :

$$\bar{w} \frac{\partial}{\partial s} \left( w \frac{\partial S}{\partial s} \right) \equiv \bar{w}^2 \frac{\partial^2 S}{\partial s^2} + \bar{w} \frac{\partial \bar{w}}{\partial s} \cdot \frac{\partial S}{\partial s}$$

<sup>5</sup>) Pierwotnie wyprowadziłem taką relację opierając się na rozważaniach dynamicznych. Kolega *Signorini*, któremu serdecznie dziękuję, zwrócił mi uwagę, że chodzi tu o proste następstwo analityczne tej okoliczności, że nadwyżka ciśnienia t. j.  $p$  jest zerem na całej powierzchni swobodnej strugi.

<sup>6</sup>) Patrz przyp. tłóm. na końcu.

<sup>7</sup>) Porówn. przyp. tłóm. na końcu.

<sup>8</sup>) Porówn. przypis. [ ] na końcu ust. 5.



pochoďną  $\frac{\partial \bar{w}}{\partial s}$  przy pomocy równania [II] i wprowadzając wektor  $q$  określimy równościami:

$$q = \bar{f} - \frac{\partial^2 S}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial t} \left( \bar{w} \frac{\partial S}{\partial s} \right) - \bar{w} \frac{\partial^2 S}{\partial s \partial t} + \frac{\bar{w}}{\sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial t} \cdot \frac{\partial S}{\partial s} = \\ = \bar{f} - 2 \bar{w} \frac{\partial \bar{\mathfrak{g}}}{\partial t} - \left( \frac{\partial \bar{w}}{\partial t} - \frac{\bar{w}}{\sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial t} \right) \cdot \bar{\mathfrak{g}} - \frac{\partial^2 S}{\partial t^2},$$

a więc nie zawierającą już wspomnianych najwyższych pochodnych względem  $s$ , możemy równanie wektorjalne [III] napisać w postaci:

$$[III_1] \quad \left( \bar{w}^2 + \frac{\bar{p}}{\mu} \right) \frac{\partial^2 S}{\partial s^2} + \frac{1}{\mu} \frac{\partial \bar{p}}{\partial s} \cdot \bar{\mathfrak{g}} = q.$$

Z określenia (4.4) wynika że  $\frac{\partial^2 S}{\partial s^2}$  to nie innego jak  $\frac{\partial \bar{\mathfrak{g}}}{\partial t}$ , a więc mnożąc [III<sub>1</sub>] skalarnie przez  $\bar{\mathfrak{g}}$  i uwzględniając [IV<sub>1</sub>] oddzielamy pochodną:  $\frac{\partial \bar{p}}{\partial s}$  do osobnego równania:

$$[IV_2] \quad \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial \bar{p}}{\partial s} = q \times \bar{\mathfrak{g}},$$

tak, że [III<sub>1</sub>] da się napisać teraz w postaci ostatecznej:

$$[III_2] \quad \left( \bar{w}^2 + \frac{\bar{p}}{\mu} \right) \frac{\partial^2 S}{\partial s^2} = q - (q \times \bar{\mathfrak{g}}) \cdot \bar{\mathfrak{g}}.$$

Ostatnie dwa równania nie różnią się zasadniczo od równań [III<sub>1</sub>], [IV<sub>1</sub>], gdyż są tylko ich kombinacjami linjowymi niezależnymi, tak że układ  $\{U_2\}$ : [I], [II], [III<sub>2</sub>], [IV<sub>2</sub>] jest zupełnie równoważny układowi  $\{U_1\}$ .

W układzie  $\{U_2\}$  mamy już rozdzielone rozważane najwyższe pochodne:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial s}, \frac{\partial \bar{w}}{\partial s}, \frac{\partial \bar{p}}{\partial s}, \frac{\partial^2 S}{\partial s^2};$$

chodzi więc o układ normalny z sześcioma funkcjami niewiadomymi:  $\sigma, \bar{w}, \bar{p}; x, y, z$  (t. j. współrzędne  $S$ ), którego ranga (suma najwyższych wymienionych rzędów, przyczem ostatnia — wektorjalna — pochodna jest równoważna trzem zwykłym — skalarnym) wynosi:

$$1+1+1+2+2+2=9^9).$$

Przy takich warunkach klasyczne twierdzenie o istnieniu (dla określonych założeń jakościowych spełniających się obszernie we większej części zagadnień mechaniki) zapewnia, że można obracać dowolnie, dla pewnej oznaczonej wartości zmiennej  $s$ : n. p. dla  $s=0$  funkcje  $\sigma, \bar{w}, \bar{p}; S, \dot{S}$  (t. j.  $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ ) jako określone funkcje czasu  $t$ , a wtenczas funkcje te jako funkcje zmiennych niezależnych  $s$  oraz  $t$  będą zupełnie określone jako rozwiązanie układu  $\{U_2\}$ , a więc i układu równoważnego  $\{U_1\}$  dla dalszych wartości  $s$ ; w przedziale, w którym wspomniane założenia jakościowe się spełniają. Pytanie co można wnosić stąd odnośnie do układu  $\{U\}$ , który określa nam przebieg strugi? Przypomnijmy sobie, że układ  $\{U\}$  otrzymuje się z układu  $\{U_1\}$  przez nadanie zupełnie określonej szczególnej wartości jednej ze stałych całkowania względem  $s$ , wyraźnie mówiąc na skutek tego, że wielkości;

$$\left( \frac{\partial S}{\partial s} \right)^2 = \bar{\mathfrak{g}}^2,$$

która jest równą  $\chi(t)$  dla układu  $\{U_1\}$  musimy w układzie  $\{U\}$  nadać wartość równą jedności dodatniej, to

<sup>9)</sup> Co do szczegółów rozumowania można porównać notę p. Lampariello w „Rend. D. R. Accad. d. Lincei, vol. XIV. 1931. (Przyp. autora).

widzimy, że ówo wyszczególnienie danych dotyczy jedynie tej okoliczności (wywołanej znaczeniem, jakie nadaliśmy zmiennej  $s$  w problemie strugi), że  $\frac{\partial S}{\partial s}$  jest wektorem jednostkowym: jego kierunek można jeszcze n. p. dla  $s=0$  j. w. obracać dowolnie, ale jego długość musi z konieczności być równa jedności. Przez to dowolność początkowa  $\frac{\partial S}{\partial s}$  jest równoważna tylko dwóm (a nie trzem) dowolnym skalarnym funkcjom czasu  $t$  (dla  $s=0$ ).

Mamy więc twierdzenie, że: *całka ogólna układu  $\{U\}$  zależy od obioru ośmiu (a nie dziesięciu) funkcji dowolnych czasu, a w szczególności od określenia ich przebiegu dla każdej chwili  $t$  w miejscu obranem  $s=0$  (a więc przy otworze wpływowym przez cały ciąg trwania wpływu); funkcje te wyrażone są przez:  $s, \bar{w}, \bar{p}, S, \frac{\partial S}{\partial s}$ .*

Powyższe dane określają jednoznacznie rozwiązanie zagadnienia — teoretycznie: dla każdej wartości  $s$  dostatecznie bliskiej do obranej wartości początkowej ( $s=0$ ); praktycznie: w całym obszarze przebiegu linjowego, który nas tutaj zajmuje.

*Uwaga.* Punkt  $S(s, t)$  dla wartości  $s=0$  i dowolnego  $t$  to miejsce otworu wpływowego; a więc  $\frac{\partial S(o, t)}{\partial t}$  przedstawia nam wektor  $u_0(t)$  chyżości (unoszenia) otworu wpływowego; jest on zerem w przypadku zwyczajnym, gdy ten otwór jest nieruchomy.

Pochodna zupełna  $(\dot{S})_{s=0}$  przedstawia nam znowuż wektor  $v(o, t)$  szybkości (bezwzględnej, absolutnej), jaką posiada właśnie cząsteczka wytryskująca z otworu w chwili  $t$ . Jeżeli się przyjmiemy — co wypływa z natury rzeczy — że mamy do czynienia z istotnym wpływem strugi z otworu, to musi się wykluczyć równość wektorów  $u$  oraz  $v$  dla każdego wogóle  $t$ . Musi więc zachodzić naogół nie równość:  $v - u \neq 0$ . Weźmy więc teraz pod uwagę taki odstęp czasu (gdyż mamy tu do czynienia z funkcjami ciągłymi czasu), w którym różnica:

$$v(0, t) - u_0(t)$$

nie jest równa zeru.

Przyjąwszy to łatwo jest sprawdzić, że — aby wyznaczyć jednoznacznie strugę (to jest rozwiązanie równań, które ją określają) — wystarczy podać za cały ciąg zjawiska: położenie  $S_{(s=0)}$ , pole przekroju  $\sigma$  oraz ciśnienie  $(\bar{p})_{s=0}$  dla otworu wpływowego — lub też (zawsze dla otworu wpływowego), kierunek  $(\bar{\mathfrak{g}})_{s=0}$  strugi oraz jej względną chyżość skalarną  $(\bar{w})_{s=0}$ ; (t. j. szybkość płynięcia cieczy w strudze) — albo jeszcze inaczej — dostępniej dla doświadczalnego sprawdzenia: szybkość absolutną  $(v)_{s=0}$  przy wypływie. Mamy bowiem identycznie:

$$\dot{S} = \frac{\partial \dot{S}}{\partial t} + \bar{w} \frac{\partial S}{\partial s},$$

skąd — kładąc  $s=0$  i używając wprowadzonych tu oznaczeń — otrzymuje się:

$$v(0, t) = u_0(t) + \bar{w}_{(s=0)} \cdot \bar{\mathfrak{g}}_{(s=0)};$$

ponieważ zaś różnica  $v(0, t) - u_0(t)$  nie jest zerem, więc określa ona przy pomocy ostatniej równości zarówno wartość  $(\bar{w})_{s=0}$  jak i wektor jednostkowy  $(\bar{\mathfrak{g}})_{(s=0)}$ .

(C. d. n.).



## Wiadomości z literatury technicznej.

### Drogi.

— **Medjolańskie drogi samochodowe przechodzą w ręce państwowe.** Założone w r. 1922 Towarzystwo akcyjne do budowy i utrzymania dróg samochodowych Medjolan-Como, Medjolan-Vergiate i Medjolan-Varese popadło z końcem ubiegłego roku w konkurs pozostawiając 40 milj. lirów długów. Okazało się, że o oprocentowaniu kapitału zakładowego w wysokości 50 milj. l. wogóle mowy być nie mogło. Utrzymanie dróg wymagało również wkładów, które nie znalazły pokrycia w pierwotnie przewidywanych dochodach i to tem więcej, iż w międzyczasie Państwo wykonało cały szereg dróg w tych samych kierunkach, które dla przedsiębiorstwa wytworzyło groźną konkurencję, albowiem ruch na drogach państwowych jest bezpłatny.

Likwidacja ma być przeprowadzoną w ten sposób, iż drogi te obejmie obecnie Państwo, które i tak na mocy aktu koncesyjnego dawało wierzycielom wysoką gwarancję. (*Asphalt u. Teer* Nr. 52/32 i 1/33).

— **Użycie azotu do wywołania ciśnienia w cysternach na maź i asfalt.** Przy powierzchniowym utrwalaniu dróg mazią lub asfaltem szerokie zastosowanie znalazła już umieszczona na samochodzie cysterna rozpryskowa, przy której lepiszcze wyrzucane bywa pod ciśnieniem. Jak dotychczas wywoływano wewnętrzne ciśnienie w cysternie w dwojaki sposób. Albo powstaje ono przez wpuszczenie oczyszczonych i oziębionych gazów wydmuchowych z motoru i ten typ stosowany jest w wypadku używania do utrwalenia gorących preparatów, albo też wtłacza się z pomocą kompresora ścięśnione powietrze, co znachodzi zastosowanie przy emulsjach. Oba te typy nie są bez zarzutu. Gazy wydmuchowe nie zawsze są elementem neutralnym, a często zachodzi możliwość powstania pożaru. Wprowadzone zaś do cysterny ścięśnione powietrze może spowodować nieprzewidziany rozpad emulsji, tworzenie się gruzłkowatej miazgi, co w rezultacie doprowadza do zatkania sita.

W francuskich partjach Afryki półn. zaczęto próby z użyciem do tego celu azotu, który jest bezwzględnie neutralny i nie wchodzi w żadne związki z zawartością cysterny. Również nie ma żadnego niebezpieczeństwa eksplozji. Cysterna zaopatrzona jest w 4 zbiorniki stalowe z azotem, każdy o objętości 7 m<sup>3</sup>. Zbiorniki te, skonstruowane zupełnie normalnie, jak dla innych gazów, leżą po dwa z obu boków cysterny na konsolkach. Dwa zbiorniki złączone są w jedną baterję, z których każda może być oddzielnie użyta. Obsługa baterji odbywa się z tylnej platformy, na której stoi robotnik.

Jak przeprowadzone doświadczenia wykazały jeden zbiornik o 7 m<sup>3</sup> wystarcza do wytrysku 5 m<sup>3</sup> emulsji, przy czem ciśnienie waha w granicach 0·8—1·0 kg, dwie baterje zatem umożliwiają obsługę 20.000 l emulsji. Okazało się przy tem, że ciśnienie azotu może być utrzymane w stałej wartości, co wpływa na jednostajność wytrysku, tak trudną do uzyskania przy ścięśnionem powietrzu. (*Le Génie Civil* z 10/12 1932).

E. B.

### Tunele.

— **Budowa tunelu pod Skaldą w Antwerpji.** Komunikacja pomiędzy prawym brzegiem Skaldy, na którym położoną jest Antwerpja a lewym, jest możliwą jak dotychczas z pomocą dwu promów. Jeśli się jednak zważy, jak olbrzymi ruch samochodowy jest tu do pokonania, a nadto uwzględniając, że Skalda ma w tem miejscu 600 m szerokości i promy na jednorazowy przejazd tam i z powrotem tracą 15 minut, zrozumie się wynikające z tego typu komunikacji trudności.

Obecnie, na podstawie rozpisanego konkursu, wybrano do budowy projekt tunelu, łączącego oba brzegi, ciekawy z tego powodu, iż przewiduje się oddzielnie budowę tunelu dla przepuszczenia pojazdów, oddzielnie zaś dla pieszych.

Tunel dla pojazdów wchodzi wgląd terenu na peryferji miasta, w bezpośredniej bliskości portu. Otrzymuje on sumaryczną długość 2.110 m łącznie z obustronnemi rampami po 170 m. Właściwy tunel jest 1.768 m długi, przyczem część położona pod Skaldą (1.240 m) wykonana jest z żelazalanego, z okładziną betonową. Z tą częścią łączą się partje skrajne 280 m względnie 250 m długie, wykonane z betonu. Wewnętrzna średnica tunelu wynosi 8·70 m, zaś szerokość jezdni jest 6·75 m przy wysokości tunelu w świetle 4·50 m. Oddanie go do użytku przewidziano na rok 1934; kszta budowy preliminowane są w wysokości 250 milj. belg. fr., nie obejmują jednak kosztów wykupna potrzebnych gruntów.

Oddzielnie mający się wykonać tunel dla pieszych ma długości tylko 750 m i wchodzi do wnętrza miasta. Ponieważ normalne wypuszczenie go z terenu jest tu niemożliwe, wykonane zostaną szyby wejściowe, zaopatrzone w wyciągi i schody ruchome, które doprowadzać będą pasażerów do wnętrza. Szerokość tunelu 3·80 m, wysokość w świetle 4·30 m. Koszta obliczono na 50 milj. fr. belg. Ukończenie tej partji przewidziane z końcem 1933 r. (*Schweizerische Zeitschrift f. Strassenwesen* Nr. 1/33).

E. B.

### Koleje.

— **Próbne parowozy polskich kolei państwowych z samoczynną obsługą paleniska.** W r. 1929 koleje polskie, pierwsze na kontynencie Europy, wprowadziły w użycie parowozy z samoczynną obsługą rusztów. Parowozy te wytworzyła poznańska fabryka Cegielskiego.

Pierwsze jazdy miały wykazać, że spalanie węgla jest doskonalsze i bezdymne, jednakowoż nie osiągnęło oszczędności na paleniu.

Niemieckie źródła utrzymują, że próby nie zostały jeszcze wyczerpane i powątpiewają, czy u nas przy krótkich jazdach, mniejszem wyczerpywaniu wydajności parowozu i większej ilości postoi pociągów, aniżeli w Ameryce, urządzenia takie się opłacą. Najwyżej przy wielkich parowozach pociągów pospiesznych. W każdym razie pociąga za sobą wstawienie samoczynnego dostawiacza węgla do paleniska, potrzebę pewnych przeróbek na parowozie i jaszczyku.

Palacz może wprawdzie poświęcać więcej czasu obserwacji przestrzeni — ale bez niego nie można się obejść. (*Die Locomotive* 1931; *Organ f. d. Forsch. d. Eisb.* 1932).

— **Bezpieczeństwo podróży na kolejach.** Pod tym tytułem zamieszcza inż. Le Besnaraiz artykuł w „Revue Générale des chemins de fer“ (nr. 5 z r. 1932), zawierający porównanie ilości wypadków nieszczęśliwych przy rozmaitych rodzajach komunikacji, oraz popularny opis urządzeń i prac, dokonanych na kolejach w celu zabezpieczenia podróży.

— **Kolej podziemna w Buenos Aires.** Cała Argentyna liczy 11 milionów mieszkańców, z czego na jej stolicę Buenos Aires przypadają prawie dwa miliony.

Zcięśnione środowisko miasta nie mogło poddać potrzebom ruchowym powierzchniami swoich ulic i placów. Jeszcze przed 16 laty oddano tam do użytku publicznego kolej podziemną o długości 7 km z Cabalitos do Placa Mayo. Wobec niewystarczalności tej linii zezwolono obecnie na budowę linii poprzecznej 4·5 km długiej z Placa Britanica nad portem do dworca Constitución kolei Południowej. Na obie te linje posiada koncesję „Compania Anglo Argentina de Tramwais Limitada“.

Drugie towarzystwo „Compania Federico Lacroze“ buduje na podstawie koncesji, uzyskanej jeszcze przed wojną światową, trzecią linję, 8·6 km długą, prawie równoległą do pierwszej linji, z portu w pobliżu Placa Britanica z nawiązaniem w Chacarita do elektrycznej kolei podmiejskiej. (*Verkehrstechnische Woche* nr. 31 z 5/8 1931).

— **Paryska kolej podziemna** w r. 1931 przewiozła ogółem 920 milionów pasażerów (888 milj. w r. 1930). Na każdy km przypada po 7·65 milj. pasażerów. W Nowym



Jorku na 1 km przypada 5·8 milj., w Berlinie 4·5, w Londynie 3·2 milj.

Ogólne wpływy wynosiły 550 milj. fr.

Obecnie są przebudowywane stare dworce, przyczem przy zagłębieniu 9 m pod poziom ulicy, zakładane są schody ruchome. Wejścia i wyjścia na perony będą zaopatrzone w drzwi automatyczne, uruchomiane przez kursujące pociągi (*Verkehrstechnik* zeszyt 7 z r. 1932).

Długość szlaków Métro wynosiła w 1930 r. 126·34 km z 274 przystankami; ilość pojazdów wynosiła 2270 jednostek.

Projektowane jest połączenie sieci tramwaji i omnibusów w jedną całość z Métro.

Ludność Paryża wynosi obecnie 2·9 milionów, a z okręgami Seine i Sévres okragło 5 milionów. (*Archiv f. Eisenbahnwesen* zeszyt 1 z r. 1932).

— **Pełzanie szyn.** Doświadczenie wykazało, że szyna, ułożona na nawierzchni, niezajmuje w niej stale i bozwzględnie tego samego miejsca, ale podlega ruchom naprzód i wstecz swojej podłużnej osi, co nazywamy pełzaniem.

Początkowo ruchy każdej szyny są samodzielne, ale gdy fugi dylatacyjne zagina, ruchy te do pewnego stopnia się sumują. Wzdłuż linii kolejowej nie wszystkie miejsca nawierzchni podlegają takiemu pełzaniu, ale również są odcinki t. zw. stałe i niezmiennie, inne zaś podlegające wędrówce.

Przyczyną tych ruchów podłużnych są wypadkowe różnych sił, oddziaływujących na szynę. Najważniejsze z nich są walcowe działanie toczących się kół pojazdów, posuwiste oddziaływanie kół przy przelocie przez styki, działania hamownicze zahamowanych kół i pełzanie wskutek zmian temperatury.

Na jednotorowych liniach kolejowych o pojazdach poruszanych parą, kierunek pełzania szyn w spadkach wogólności występuje wstecz. Lewy tok w kierunku doliny pełza prawie bez wyjątku wstecz, prawy na większych spadkach aniżeli 10‰ także wstecz, ale w znacznie mniejszym stopniu niż lewy. Na szlakach o spadkach poniżej 10‰ pełzają oba toki do góry.

Na jednotorowych poziomych szlakach pełza lewy tok w kierunku jazdy naprzód, prawy wstecz.

Na stacjach na obu stronach przejeżdżanych torów, występują pełzania w obu kierunkach wjazdu ku miejscu postoju pociągów.

Na liniach dwutorowych rozwija się pełzanie z reguły w kierunku jazdy, przesuwanie się lewego toku jest jednak zawsze większe od prawego.

Okoliczności, sprzyjające pełzaniu są: mniej stałe partje linii kolejowej, ostre spadki, mała ilość łuków, wielka szybkość jazdy, licha albo otoczyskowa żwirówka (żwir rzeczny, kopany i t. p.) i słaba nawierzchnia.

Wstrzymują pełzanie szyn, obfitość miejsc stałych w torach, większa ilość, do tego ostrych łuków, mała szybkość jazdy wehikułów, żwirówka dobra i tłuczniowa, silna nawierzchnia.

W celu wypośrodkowania pełzania należy przeprowadzić obserwacje; niemożliwe to jest na wszystkich odcinkach poza stałymi, niezmiennymi.

Sposobem wypośrodkowania pełzania szyn z podaniem swoich w tym kierunku rozumowań poświęca inż. G. Eicher artykuł w *Organ f. die Fortschritte des Eisenbahwesens* (zeszyt 1 z 1. I. 1932, str. 1).

Inż. A. W. Krüger.

## Lotnictwo.

— **Ocena wzrostu szybkości samolotów.** Dr. H. Rühl omawia korzyści gospodarcze zwiększenia szybkości samolotów. Najwyższa szybkość samolotów niemieckich, najwięcej znanych, leży w granicach 200 do 230 km/g, tymczasem lotnictwo amerykańskie przechodzi w ostatnich typach samolotów z 290 do 355, a z 330 do 365 km/g.

Skraca to czas przelotu i zwiększa ilość osób, mogących korzystać z komunikacji lotniczej. Zwiększenie szyb-

kości samolotów połączone jest ze zwiększeniem ich rentowności; zawdzięczać to należy wykorzystaniu przy konstruowaniu wszelkich możliwości aerodynamicznych. (*Zeitschrift d. Vereines deutscher Ingenieure*).

— **Przyrządy oświetleniowe dla lotów nocnych.** „Westinghouse Electric Co“ zbudowało dla lotnictwa amerykańskiego 250 przyrządów oświetleniowych. Latarnia składa się z lampy o sile 1000 W., rzucającej zapomocą soczewek o średnicy 90 mm podwójny snop światła, widzialny na 80 km. Przyrząd robi 3 obroty na minutę i wysyła w tym czasie 6 znaków, widzialnych w ciągu  $\frac{1}{3}$  sekundy. Latarnie są ustawione na poziomie w odległości 24 km, na terenie falistym 16 km, a w górach 8 do 45 km, na słupach o wysokości 15 do 40 m. Latarnie mają w mechanizmie obrotowym zapas smaru na 6 miesięcy, pracują bez zarzutu przy temperaturach od -50 do +40°C, jak również są odporne na śnieżyce i zanieczyszczenie piaskiem, a wymagają sprawdzenia co 30 dni. (*Zeitschr. d. Vereines deutscher Ingenieure* 33/1932 i *Inżynier Kolejowy* 1/1933).

Inż. A. W. Krüger.

## Mosty.

— **Most na Dunaju w Białogrodzie** na szlaku Białogrod-Panczowa opisuje Metzler w *D. Bauing.* (1931, str. 873). Most ten jest dla kolei i drogi w jednym poziomie i składa się z 7 przęseł po 160 m i 8 po 32 m. Odstęp węzłów wynosi 13·330 m. Dla zwykłego żelaza St 37 przyjęto bardzo wysokie naprężenia do 1600 kg/cm<sup>2</sup>, a dla najniekorzystniejszego obciążenia nawet 1800 kg/cm<sup>2</sup>.

— **Normy niemieckie dla obciążeń mostów drogowych** DIN. 1072. Rozróżnia się 4 klasy i następujące obciążenia:

	klasa	I	II	III	IV
wałek parowy	cały ciężar <i>t</i>	24	16	7	nie przepisuje się obciążenia
	przednie koło <i>t</i>	10	7	5	
	tylne „ „	7	4·5	1	
auto ciężarowe	ciężar zastępczy <i>t/m</i> <sup>2</sup>	1·6	1·1	0·5	nie przepisuje się obciążenia
	cały ciężar <i>t</i>	12	9	6	
	przednie koło <i>t</i>	2	1·5	0·75	
tłum ludzi	tylne „ „	4	3	2·25	nie przepisuje się obciążenia
	ciężar zastępczy <i>t/m</i> <sup>2</sup>	0·8	0·6	0·4	
	0—25 m <i>t/m</i> <sup>2</sup>	0·5	0·45	0·4	
dla belek głównych dla i.	25—125 „ „	wstawić prostolinijnie			nie przepisuje się obciążenia
	125—200 „ „	0·4	0·35	0·3	
	dla innych części „ „	0·5	0·45	0·4	

Przy statycznie niewyznaczalnych belkach betonowych i żelbetowych należy przyjąć zmniejszenie się ciepłoty dla ram o 15°C, dla łuków i sklepień przy uzbrojeniu do 0·5%, 15°C, przy mniejszym uzbrojeniu 20°C. Dla nieuzbrojonych sklepień 25°C. Siły wskutek hamowania należy uwzględnić tylko dla wysokich filarów i ram, przyjmując  $\frac{1}{20}$  obciążenia zupełnego jezdnii tłumem ludzi.

— **Normy dla szerokości mostów drogowych w Niemczech** DIN 1071. Mosty jednotorowe dla dróg polnych szerokość jezdnii  $b=3·7$  m, odstęp belek głównych  $b_1=4·5$  m. Jeżeli przewidziana jest możliwość transportu większych maszyn rolniczych  $b=4·7$ ,  $b_1=5·5$  m. Dwutorowe mosty dla małej ilości przechodni  $b=5·2$ ,  $b_1=6·2$ , dla wielkiego ruchu przechodni jeden chodnik  $c=1·5$  m, więc  $b=5·2$ ,  $b_1=7·2$ . Jeżeli jest wielki ruch przechodni z obu stron  $b=5·2$ ,  $b_1=8·2$  m lub  $b=5·2$ ,  $b_1=6·2$  i chodniki zewnątrz po  $c=1·5$  m. Warjanty  $b=6·0$  m. Mosty trzytorowe w miastach  $b=8·5$ ,  $b_1=13·0$  m lub  $b=8·5$ ,  $b_1=9·5$  i  $c=2·25$  m. Wysokość w świetle 4·5 m, nad chodnikami 2·5 m.

— **Postęp budowy mostów w czasie 50 lat** omawia Steinman (przeł. prof. Klečka) w *Časopis českosl. inženýrů* (1931, str. 81). Autor ogranicza swą pracę do Stanów Zjednoczonych i mostów żelaznych. Opisuje on mosty o wielkich rozpiętościach. Z nich największy budujący się jest most na Hudsonie w Nowym Jorku o rozpiętości 1064 m. Projektowany jest most nad cieśniną przed portem w No-



wym Jorku o rozpiętości 1368 m wedle projektu Robinsona i Steinmana.

— **Most na Odrze w Piotrowicach na Śląsku** czeskim opisuje Dr. Klir w *Časopis českosl. inžen.* (1931, str. 421). Nowy most zbudowany w r. 1928 jest łukowy żelazny o rozp. 79·20 m i odstępem belk głównych 8·75 m. Dźwigary główne są łukowe kratowe ze ściągłem. Poprzecznice umieszczono co 7·92 m, są one 810 m/m wysokie.

Dr. M. Thullie.

## Statyka budowl.

— **Normy niemieckie dla budowl drewnianych.** DIN. 1052. Naprężenia dopuszczalne:

	drzewo	
	twarde	miękkie
Ciśnienie równol. do włókien . . . . .	100	80
Zginanie . . . . .	110	100
Ciągnięcie w kierunku włókien:		
1 dla drewna wyborowego . . . . .	110	100
2 „ „ budowlanego . . . . .	100	80
Ciśnienie $\perp$ do włókien . . . . .	35	15
„ jeżeli małe zgnieconie		
dozwolone . . . . .	40	25
Ścinanie równol. do włókien . . . . .	10	12

Dr. M. Thullie.

## Żelazo - beton.

— **Amerykańskie doświadczenia z belkami żelbetowymi** dla wyznaczenia działania uzbrojenia przeciw siłom ścinającym omawia Otto Graf. (*Deutsch. Aussch. f. Eisenbeton* H. 61). Autor omawia doświadczenia Slatera Lorda i Zippredta z r. 1926 i Richarta z r. 1927, jakoteż Richarta i Larsona z 1928. Wyniki potwierdzają mniej więcej racjonalność naszych obliczeń uzbrojeń przeciw ścinaniu.

— **Naprężenia dopuszczalne w Austrii** omawiają *Mitt. d. Prüf. Anstalt.* Wien (1932, str. 42). W żelbetnictwie dla żelaza okrągłego *St 37* dopuszcza się  $1200 \text{ kg/cm}^2$ , dla *St 45*  $1500 \text{ kg/cm}^2$ , dla *St 53* i żel. rozciąganego  $1700 \text{ kg/cm}^2$ .

— **Stopień utwierdzenia stropów żelbetowych** omawia Dr. inż. Fischer w *Mitt. d. Prüf. Anst.* Wien (1932, str. 57). Autor przychodzi do wniosku, że w budynku mieszkalnym 4-piętrowym należy przyjmować:

	najmn. moment w środku	najw. moment utwierdzenia
strop IV piętra	$\frac{1}{9} ql^2$	$-\frac{1}{74} ql^2$
„ III „	$\frac{1}{12} "$	$-\frac{1}{24} "$
„ II „	$\frac{1}{18} "$	$-\frac{1}{14} "$
„ I „	$\frac{1}{24} "$	$-\frac{1}{12} "$

— **Doświadczenia laboratoryjne z łukami żelbetowymi z pomostem** opisuje W. Wilson w sprawozdaniu 226 stacji doświadczalnej Uniwersytetu w Illinois. Doświadczenie robiono na ośmiu łukach żelbetowych o rozp. 5·33 m. Dwa łuki były bez pomostu, dwa z pomostem niskim, łączącym się w kluczu z łukiem, cztery wreszcie z pomostem położonym wysoko 60 cm ponad łukiem. Jeden łuk z pomostem niskim i jeden z wysokim miały przeguby w trzecich częściach rozpiętości. Parcie poziome, momenty i naprężenia obliczano tylko dla łuku bez pomostu, bo dla łuków z pomostem obliczenie byłoby bardzo żmudne i dotychczas tego nie dokonano. Wyniki obliczeń porównywano z wynikami pomiarów i otrzymano dla łuków bez pomostów prawie zupełną zgodność. Stwierdzono, że dla łuków z pomostem nieprzerwanym przegubami, udźwig łuku wzrasta, przeguby w pomoście działają jakby pomostu nie było. Moment w węzłowie wywołany zmianą ciepłoty jest dla łuku z pomostem niż bez pomostu i większy, jeżeli pomost nie ma przegubów, niż przy pomoście z przegubami. Dla łuków o wielkich

rozpiętościach należałoby obliczać dla całości mostu łuku z przegubem, a nie dla samego łuku. Dr. M. Thullie.

## RECENZJE I KRYTYKI.

„**Objaśnienia do przepisów żelbetowych 1932 z przykładami**“ nap. Dr. Gehler, V wyd. Berlin 1933.

W r. 1932 wydano w Niemczech nowe przepisy żelbetowe, a Gehler napisał do nich objaśnienia bardzo pomoczące. Przepisy odnoszą się tylko do żelbetu z wkładką żelazną lub stalową, a więc wkładki żeliwne nie są objęte przepisami, co jest tem dziwniejsze, że słupy z wkładkami żeliwnymi i łuki tego rodzaju wykonano w praktyce wiele razy z pomyślnym wynikiem. Przepisy nie żądają przedkładania planów uzbrojenia razem z projektem ogólnym i obliczeniami statycznymi. Władza budowlana może ich zażądać przed wykonaniem odnośnych części budowli. Przepisy żądają przedłożenia nazwisk nie tylko kierownika budowy, ale także jego miejscowych zastępców, którzy w czasie nieobecności kierownika na budowie odpowiedzialni są za należyte wykonanie betonu i ułożenie wkładek żelaznych. Przy badaniu wytrzymałości betonu dopuszczają przepisy też kostki 10-centymetrowe, które łatwiej wykonać podczas budowy i które wykazują 1·15 razy większą wytrzymałość, niż 20 centymetrów. Najmniejszą wytrzymałość kostkową betonu normują przepisy na  $120 \text{ kg/cm}^2$  dla cementu zwykłego i  $160 \text{ kg/cm}^2$  dla cementu wyborowego, a więc większą, niż w dawnych przepisach. Jeżeli z trzech lub więcej kostek poszczególne wartości wytrzymałości różnią się więcej, niż 20% od średniej, to należy badanie powtórzyć. Próby obciążenia należy ograniczyć do niezbędnych. W budownictwie lądowym nie należy wykonywać próby przed 45 dniami, przy użyciu cementu wyborowego można wykonywać próby obciążenia zależne od rozpiętości po 21 do 28 dniach.

Następnie autor, objaśniając przepisy, omawia szczegółowo badanie cementu i kruszywa, i wybór części składowych. Co do stali 52 wyznaczana jest wytrzymałość 5200 do  $6200 \text{ kg/cm}^2$ . Przy żelazie okrągłym i mniejszych kształtkach przy grubości niżej 7 mm wystarczy wytrzymałość  $5000 \text{ kg/cm}^2$ , przy grubościach wyżej 18 mm wytrzymałość ma być  $6400 \text{ kg/cm}^2$ . Stosunek mieszaniny poleca autor wyznaczyć, podając ilość *kg* na  $\text{m}^3$  betonu w gotowej budowlu na 300 *kg* na  $1 \text{ m}^3$ . W budownictwie można tę ilość obniżyć do 270 *kg*, jeżeli ta część budowli nie jest narażona na wilgoć ani wpływy atmosferyczne. Jeżeli wykona się beton z uwzględnieniem linii przesiewu, to można obniżyć ilość cementu przy częściach budowli, narażonych na wpływy atmosferyczne, do 240 *kg*. Przy mostach najmniejsza ilość cementu wynosi 300 *kg*. Przepisy dla betonowania przy niskiej ciepłocie, niżej  $+5^\circ \text{C}$  i przy mrozie są bardzo szczegółowe. Rozróżnia się wypadek, gdy po pewnych porach ciepłota spada do  $-3^\circ \text{C}$  i mroz stały lub krótkotrwały niżej  $-3^\circ \text{C}$ .

Chociaż ta książeczka omawia przepisy niemieckie, to jednak zawiera ona tyle cennych wskazówek dla żelbetników, że przeczytanie jej mogę gorąco polecić.

Dr. M. Thullie.

## BIBLIOGRAFJA.

**Książki nadesłane.** Dr. Inż. Stanisław Bienkowski: „Administracja i organizacja zakładów przemysłowych“. Lwów 1933. Do nabycia u autora. Lwów, ul. Potockiego l. 49. Cena 5 zł.

Inż. B. Nawrocki: „Dalsze marnotrawstwo w Kasach Chorych“. Warszawa 1933. Wydawnictwo „Ligi Pracy“.

„Mechanik“. Podręcznik do obliczania i konstruowania dla inżynierów, techników i słuchaczy szkół technicznych. Tom II. Nakładem Towarzystwa Kursów Technicznych. Warszawa 1933.

I. Kwiatkowski: „Ruch żeglugowy na najbliższych od Sandomierza odcinkach rzek Wisły i Sanu“. Sandomierz 1932.