

Co jest miarą wytrzymałości materiału.

Napisał H. Czopowski, inżynier.

Wyobraźmy sobie, iż w kierunku osi pewnego pręta działa siła ciągnąca lub cisnąca, pręt ten wydłuża się lub skręca; powiększając następnie tę siłę dojdziemy do pewnej wielkości tej siły $= k_z$, pod której działaniem ciało zostaje rozerwane lub zgniecione.

O tej sile (odniesionej np. do 1^2 przekroju) powiadamy, iż jest ona *miarą wytrzymałości* materiału. Lecz pojęcie miary wytrzymałości materiału, oparte na powyższym doświadczeniu, traci swoje znaczenie, gdy na dany pręt oprócz sił działających w kierunku osi pręta, działają siły stopadłe do tej osi, t. j. siły działające na obwód pręta.

W tym ostatnim bowiem przypadku doświadczenie wykazuje, iż siła rozrywająca dany pręt musi być większą, niż tego potrzeba było w przypadku pierwiastka wytrzymałości materiału nie może być siła czy też naprężenie działające w kierunku osi pręta, jakiesmy to poprzednio przyjęli. Zatem gdy na dany pręt działają siły stopadłe do osi pręta i skierowane prostopadłe do kierunku tego obciążenia materiał pręta może być rozerwany, *gdy wydłużenie* w kierunku osi pręta nastąpi pod działaniem sił bocznych i sił stopadłych, będzie równe wydłużeniu, powstającemu pod działaniem siły w kierunku osi pręta.

Nasuwa się stąd wniosek, dotyczący miary wytrzymałości materiału, iż miarą wytrzymałości materiału danego ciała. Wniosek ten jest zgodny z tym, o tyle, iż nie przeczy on przypuszczeniu, iż miarą wytrzymałości jest naprężenie, jak to przyjmował tylko w kierunku samej osi.

Gdy na pewne ciało działają siły (ciężkość, nacisk, gnące) przyłączone do powierzchni tego ciała w punktach (miejscach) wewnątrz tego ciała, powstają naprężenia i różne odkształcenia, które mogą być wyrażone mocą ogólnych wzorów sprężystości.

Na zasadzie więc ostatnio ogłoszonego twierdzenia bezpiecznym miejscem w danym ciele będzie to miejsce, w którym odkształcenie jest największe. Rachunek oparty na tym wniosku, jako na założeniu, wykazuje, iż winien być matematyczny stosunek pomiędzy niebezpiecznym miejscem na cięciu k_s i takimże naprężeniem na ciągnięcie k_z następującego wzoru: $k_s = 0,77 \cdot k_z$; gdy tymczasem FÖPPL¹⁾ powiada, iż stosunek ten wyrażony przez wzór: $k_s = 0,5 \cdot k_z$ lepiej odpowiada rezultatom doświadczeń; wobec tego określenie miary wytrzymałości zapomocą największych odkształceń nie może się ostać, gdyż zaprzecza doświadczeniu.

Uzależnienie miary wytrzymałości materiału od odkształceń, zostaje rozszerzone przez hipotezę MOHR'A²⁾, wprowadzającą do rachunku nie tylko największe lecz jednocześnie i najmniejsze odkształcenie ciała. Hipoteza ta jest ogólniejszą od dwóch poprzednich, gdyż oprócz czynników, które wprowadzają poprzednie hipotezy, wprowadza jeszcze nowy czynnik najmniejszego odkształcenia; zgodną więc ona może być z poprzednimi hipotezami a przytem przez wprowadzenie nowego czynnika (najmniejszego odkształcenia) odpowiadać będzie podług FÖPPL'A warunkowi, iż $k_s = 0,5 \cdot k_z$, o który rozbiła się teoria poprzednia. O hipotezie MOHR'A powiada FÖPPL, iż zgodną ona jest z wieloma doświadczeniami, lecz jednakże nie tyle, ażeby uważać ją za ostatecznie rozstrzygającą daną kwestyę.

W dalszym więc poszukiwaniu określenia miary wytrzymałości postawił E. BELTRAMI w r. 1885 hipotezę, zakładając, iż te części danego ciała są zagrożone rozerwaniem, na których odkształcenie uczyniono największy nakład pracy³⁾

Hipotezę tę można wyrazić na następujący sposób: jeżeli na dany pręt działają siły stopadłe do osi pręta i skierowane prostopadłe do kierunku tego obciążenia materiał pręta może być rozerwany, *gdy wydłużenie* w kierunku osi pręta nastąpi pod działaniem sił bocznych i sił stopadłych, będzie równe wydłużeniu, powstającemu pod działaniem siły w kierunku osi pręta.

Nasuwa się stąd wniosek, dotyczący miary wytrzymałości materiału, iż miarą wytrzymałości materiału danego ciała. Wniosek ten jest zgodny z tym, o tyle, iż nie przeczy on przypuszczeniu, iż miarą wytrzymałości jest naprężenie, jak to przyjmował tylko w kierunku samej osi.

W tym ostatnim bowiem przypadku doświadczenie wykazuje, iż siła rozrywająca dany pręt musi być większą, niż tego potrzeba było w przypadku pierwiastka wytrzymałości materiału nie może być siła czy też naprężenie działające w kierunku osi pręta, jakiesmy to poprzednio przyjęli. Zatem gdy na dany pręt działają siły stopadłe do osi pręta i skierowane prostopadłe do kierunku tego obciążenia materiał pręta może być rozerwany, *gdy wydłużenie* w kierunku osi pręta nastąpi pod działaniem sił bocznych i sił stopadłych, będzie równe wydłużeniu, powstającemu pod działaniem siły w kierunku osi pręta.

Nasuwa się stąd wniosek, dotyczący miary wytrzymałości materiału, iż miarą wytrzymałości materiału danego ciała. Wniosek ten jest zgodny z tym, o tyle, iż nie przeczy on przypuszczeniu, iż miarą wytrzymałości jest naprężenie, jak to przyjmował tylko w kierunku samej osi.

Gdy na pewne ciało działają siły (ciężkość, nacisk, gnące) przyłączone do powierzchni tego ciała w punktach (miejscach) wewnątrz tego ciała, powstają naprężenia i różne odkształcenia, które mogą być wyrażone mocą ogólnych wzorów sprężystości.

Na zasadzie więc ostatnio ogłoszonego twierdzenia bezpiecznym miejscem w danym ciele będzie to miejsce, w którym odkształcenie jest największe. Rachunek oparty na tym wniosku, jako na założeniu, wykazuje, iż winien być matematyczny stosunek pomiędzy niebezpiecznym miejscem na cięciu k_s i takimże naprężeniem na ciągnięcie k_z następującego wzoru: $k_s = 0,77 \cdot k_z$; gdy tymczasem FÖPPL¹⁾ powiada, iż stosunek ten wyrażony przez wzór: $k_s = 0,5 \cdot k_z$ lepiej odpowiada rezultatom doświadczeń; wobec tego określenie miary wytrzymałości zapomocą największych odkształceń nie może się ostać, gdyż zaprzecza doświadczeniu.

Uzależnienie miary wytrzymałości materiału od odkształceń, zostaje rozszerzone przez hipotezę MOHR'A²⁾, wprowadzającą do rachunku nie tylko największe lecz jednocześnie i najmniejsze odkształcenie ciała. Hipoteza ta jest ogólniejszą od dwóch poprzednich, gdyż oprócz czynników, które wprowadzają poprzednie hipotezy, wprowadza jeszcze nowy czynnik najmniejszego odkształcenia; zgodną więc ona może być z poprzednimi hipotezami a przytem przez wprowadzenie nowego czynnika (najmniejszego odkształcenia) odpowiadać będzie podług FÖPPL'A warunkowi, iż $k_s = 0,5 \cdot k_z$, o który rozbiła się teoria poprzednia. O hipotezie MOHR'A powiada FÖPPL, iż zgodną ona jest z wieloma doświadczeniami, lecz jednakże nie tyle, ażeby uważać ją za ostatecznie rozstrzygającą daną kwestyę.

W dalszym więc poszukiwaniu określenia miary wytrzymałości postawił E. BELTRAMI w r. 1885 hipotezę, zakładając, iż te części danego ciała są zagrożone rozerwaniem, na których odkształcenie uczyniono największy nakład pracy³⁾

Hipotezę tę można wyrazić na następujący sposób: jeżeli na dany pręt działają siły stopadłe do osi pręta i skierowane prostopadłe do kierunku tego obciążenia materiał pręta może być rozerwany, *gdy wydłużenie* w kierunku osi pręta nastąpi pod działaniem sił bocznych i sił stopadłych, będzie równe wydłużeniu, powstającemu pod działaniem siły w kierunku osi pręta.

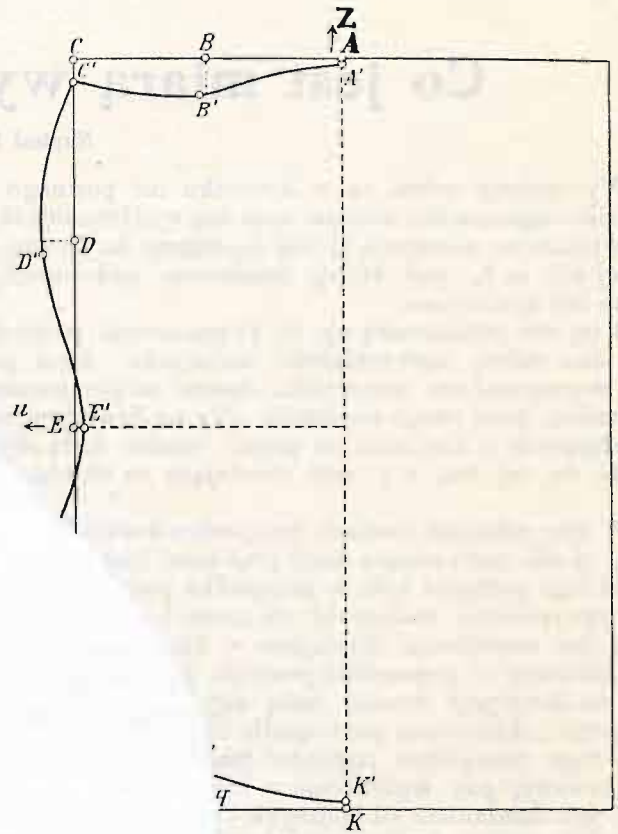
Nasuwa się stąd wniosek, dotyczący miary wytrzymałości materiału, iż miarą wytrzymałości materiału danego ciała. Wniosek ten jest zgodny z tym, o tyle, iż nie przeczy on przypuszczeniu, iż miarą wytrzymałości jest naprężenie, jak to przyjmował tylko w kierunku samej osi.

¹⁾ Föppl. Vorlesungen über technische Mechanik, III, str. 65 oraz V, 21.
²⁾ O. A. Mohr. Zivilingenieur 1882, także u Föppl'a; oraz krytyka tej teorii z ogólniejszego punktu widzenia w „Annalen d. Physik, 1901, IV“ przez Voigt'a.
³⁾ Do tejże teorii doszedł również prof. M. T. ...
wyniki swej pracy w XV tomie warszawskich „Prac matematycznych“, pod tytułem „O podstawach teorii wytrzymałości“.
⁴⁾ Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse. CXVI Band. III Heft. 1907, März.

Autor powyższej pracy obiera ciało w postaci prostego walca o podstawie kolistej, na ten walec działa siłami cisnącymi równoległe do osi walca, a więc prostopadle do płaszczyzn podstaw; siły te, podług założenia autora, rozkładają się *równomiernie* na podstawach walca; następnie do rachunku przyjmuje autor założenie, iż podstawy walca po obciążeniu nie odkształcają się, i zachowują swą pierwotną geometryczną postać, jaką miały przed obciążeniem, t. j. pozostają kołami o niezminionej średnicy. Założenie to wyraża w matematycznym języku okoliczność, która zachodzi przy uskutecznieniu doświadczeń ze ściskaniem walca, a mianowicie, iż podczas ściskania walca w prasie w kierunku jego osi, wytwarza się pomiędzy podstawami walca z jednej strony a płaszczyznami cisnącymi z drugiej strony, tak silne tarcie, iż podstawy nie mają możliwości odkształcić się w kierunku pro-

stałości w różnych
w po-

da autor, jest w zgodzie z faktem, iż prostopadłościanny, poddane silnemu ciśnieniu prostopadle do podstaw, t. j. w kierunku osi, po przejściu ciśnienia granic wytrzymałości, rozpadają się na podobne stożki i walce, jakie wykazują powierzchnie równych potencjałów²⁾.



Rys. 2.

, zdaniem autora, przemawia za hypo-

owyższym rachunkiem oblicza autor walca, na którego podstawy w kierunku *równomiernie* rozłożone.

a zasadzie tego rachunku, postać walca a rys. 2 w powiększonej skali.

ikiem tego ostatniego rachunku jest ta dstawy walca przy obciążeniu *równomier-* ją po odkształceniu płaskimi, lecz stają się Zgodność tego rezultatu rachunkowego z do- stwierdza również autor, gdy, kładąc pomiędzy lca i płaszczyzny ściskające, — warstwę ołowiu, po odkształceniu walca, odbitki na ołowiu, wyka- podstawy nie zachowały kształtu figur płaskich, lecz y wklęsnięcia odpowiadające postaci odkształceń, anym na danym wykresie. Zauważyć należy, iż ta ia okoliczność komplikuje doświadczenia, gdyż, ażeby żyć, że podstawy po obciążeniu pozostają płaskimi, na- y przyjąć, iż obciążenie jest nierównomierne³⁾, i odwrotnie, jeżeli przyjmujemy, że obciążenie jest równomiernie roz- żone na podstawy, to musimy dać możność podstawom pod- czas obciążenia przybrać postać, jaka zostaje uwarunkowaną przez takie obciążenie.

Jeżeli więc mamy sprawdzać rezultaty rachunku z do- świadczeniem, powinniśmy doświadczenia wykonywać w wa- runkach, któreby odpowiadały założeniom, przyjętym w ra- chunku.

Autor obliczył wyżej omówione powierzchnie poten- cyalne, zakładając, iż ciśnienie jest równomiernie rozłożone na podstawy, gdy tymczasem, jak to nawet sam autor zazna- cza, sposób w jaki wykonał swoje doświadczenia nakazuje przypuszczać, iż podstawy walca pozostają płaskimi podczas obciążenia, a więc obciążenie w danym wypadku rozkłada się na podstawy nierównomiernie.

Założenia więc matematyczne w danym razie są różne od warunków, w których wykonano doświadczenia, nie ma- my więc prawa porównywania rezultatów doświadczeń

nie powiedziec o nich możemy, walca przedstawiają one w *przybliże-* stożków o wspólnej z walcem osi, zbliżając kowi walca powierzchnie te zbliżają się do po- walcowej. Rezultat ten czysto teoretyczny, powia-

¹⁾ W tym względzie porównaj również: C. Bach, El. u. Fest. str. 144.

²⁾ Również: C. Bach, Elastizitäts- und Festigkeitslehre, str. 156.

³⁾ Porównaj C. Bach, j. w. str. 144.

z rachunkiem. Ta więc niedokładność w zupełności zaciemnia, mojem zdaniem, wnioski, jakie możnaby wyprowadzić z doświadczeń, porównywając je z rezultatami, otrzymanymi za pomocą rachunku.

Do swych doświadczeń użył autor walców szklanych, przypisując temu materiałowi własności, które najbliżej odpowiadają warunkom sprężystości.

Następnie podaje autor opis i rezultaty cyfrowe swych doświadczeń, jak również podaje bardzo dokładne odbitki zgniecionych lub odkształconych walców. Doświadczenia te stanowią w każdym razie cenny materiał do dalszych badań i porównań.

Ocenę wreszcie rezultatów swej pracy wyraża autor w ten sposób, iż ściśle dowiedzenie twierdzenia, że potencjał naprężeń jest miarą wytrzymałości materiału, może nastąpić przez inne doświadczenia, wykonane w innych warunkach; praca zaś, przez autora wykonana, ma być zachętą do dalszych badań w tym kierunku; przytem zapowiada autor dalsze prace, opierające się na hipotezie BALTRAM'EGO i mające wykazać zgodność tej teorii z doświadczeniami.

Zestawiwszy wyżej przytoczone hipotezy o miarze wytrzymałości materiału, zauważę, iż w nich wszystkich przypisuje się materii pewne idealne własności, których ona nie posiada, a mianowicie: w hipotezach powyższych zakłada się, iż materia jest sprężystą aż do granic wytrzymałości.

Mojem zdaniem, jeżeli przypiszemy materii takie idealne własności, to nie widzę powodu, któryby mi nasuwał myśl, iż taka materia może podlegać wogóle rozerwaniu swej ciągłości.

Pojęcie o granicach wytrzymałości materiału powstaje na gruncie doświadczalnym i nie jest bezpośrednim wynikiem ani pojęć energetycznych, ani idealnych własności materii, które jej przypisujemy.

Dla fizyko-matematyka bardzo ponętne jest operowanie takimi idealnymi prawami, streszczającymi przebieg pewnego zjawiska, gdyż prawa te można ująć we wzór matematyczny; przekształcając następnie wzór taki na podstawie praw matematyki, możemy postawić przebieg danego zjawiska w innych warunkach, i przebieg ten możemy już odczytać z przekształconych wzorów matematycznych, nie uciekając się do doświadczeń.

Wzór, czy też funkcyja matematyczna pewnych zmiennych przedstawia nam w tym razie *model* przebiegu danego zjawiska.

Zamiast wykonywać doświadczenia fizykalne, możemy w danym razie przekształcać nasze funkcyjne i dla każdego przekształcenia matematycznego szukać interpretacji fizykalnej czy też mechanicznej; w ten sposób możemy daleko prześcignąć prace fizyka w laboratorium.

Takimi idealnymi prawami rozporządza np. teoria elektromagnetyczna. Wszystkie zjawiska zachodzące i mogące zajść w tej dziedzinie, dadzą się odczytać z dwóch równań t. zw. Maxwell'owskich¹⁾.

Czysto matematyczne przekształcenia tych równań i następnie fizykalna ich interpretacja, wskaże nam podług jakich praw przebiegać będą w danej dziedzinie zjawiska. Takie wszechwładne panowanie pewnych praw, wyrażonych przez funkcyjne przystępnych dla pomiarów parametrów, wywołało w wielu umysłach potrzebę uzmysłowienia sobie tych praw i zachodzących przemian, przez wprowadzenie fikcyjnego środowiska, któremu przypisać można własności jakiejś idealnej materii; środowisko takie nazwano eterem. Gdy NEWTON odkrył i wprowadził do rachunku prawo ciężenia, nie wchodzące bynajmniej w tak zwane wytłumaczenie tego prawa, współcześni jemu jak również późniejsi uczeni wprowadzili pojęcie eteru, który napełnia przestworza; przypisano temu eterowi pewne ruchy mechaniczne i w ten sposób sądzono, że prawo NEWTON'A zostało wytłumaczone.

W teorii elektromagnetycznej stosujemy dziś jeszcze pojęcie eteru, uzbroiwszy go w pewne własności, potrzebne nam do wyjaśnienia zjawisk.

Czy podobne wprowadzenie pojęcia eteru jest nieodzowne dla nauki, lub też służyć ma tylko do uzmysłowienia sobie przebiegów, nie będę tej kwestyi poruszał, zaznaczę tylko, że pomysł ten posiada powodzenie pod wielu względami.

Wracając do naszego tematu i do hipotez mających określić miarę wytrzymałości materiału, zauważymy, iż te hipotezy przypisują materii pewne idealne własności.

Hipotezy te czynią z materii idealny eter, w którym zachodzą zjawiska z zachowaniem praw mechaniki d'ALEMBERT'A i LAGRANGE'A.

Dla matematyka odkrywa się w danym razie wdzięczne pole pracy, wszystkie mogące zachodzić w takim eterze zjawiska dają się z większą lub mniejszą trudnością ująć w funkcyjne matematyczne, zapomocą których można przewidzieć ich przebieg. Lecz czy ta metoda tworzenia idealnych środowisk daje się stosować do materii?

H. POINCARÉ²⁾ powiada: „W eterze prawa (mechaniki) zachowują całą swą majestat materija przedstawia się

o niej mówi jest tylko

ry nasze wymagai

ście, zasady d'A

badania ruchu

wprowadzić

zauważymy

cząstkami

badanie t

matemat

jącego d

nieodwr

zostaje t

wreszcie

rachun

rachunk

razem na

To s

CARÉ.

Pow

dzenia wyż

materii nie

nik właściw

sprężystem

winien tu być

rakteryzujący p

wadzony inny sp

sprężystości, stoso

i rzeczywistość, jeżel

przebieg zjawiska pę

niem, to winny również

czenia, gdy tymczasem

wyniku.

Powyższe myśli dadzą

wić, iż równania sprężystości wy

w granicach sprężystości, gdy tymcz

materiału jest zjawiskiem nieciągłym, w

sprężystości, nie może więc być wyrażone prze

Uważać zaś miarę wytrzymałości jako gran

tość naprężeń czy też jakiejś ich funkcyj, — jest dory

załatwieniem kwestyi, jest bezprzykładnie empiryczną oc

wiedzią, w której niema żadnego uogólnienia, i od przypadku

do przypadku warunki pęknięcia muszą być inaczej formu

łowane. Zjawisko wyboczenia, o którym wyżej wspomiałem, przedstawia się jako zjawisko nieciągłe; do wyrażenia tego zjawiska zapomocą wzoru matematycznego przystąpił EULER zupełnie inaczej, niż to czynią wzory sprężystości.

Zatrzymam się chwilkę nad pewną stroną metody, stosowanej przez EULER'A do zadania na wyboczenie.

EULER zakłada odrazu w swym rachunku, iż pręt jest wyboczony, znajduje funkcjonalną zależność pomiędzy wielkością wyboczenia i siłą obciążającą; założywszy następnie

²⁾ H. Poincaré. Wissenschaft u. Hypothese, str. 181; lub w polskim wydaniu tego dzieła oddział „Teorie nowoczesnej fizyki“.

³⁾ Zestawienie tych kierunków jest wspaniale wyłożone u P. Duhem'a: „Ewolucya mechaniki“, szczególnie w rozdziałach VI i VII.

¹⁾ Dr. L. Silberstein. Elektryczność i magnetyzm. I, str. 122; oraz tegoż autora: Elektromagnetische Grundgleichungen in bivectorieller Behandlung w „Annalen der Physik“. Vierte Folge. Band. 22.

w tej funkcji wielkość wybożenia = 0, otrzymuje wartość dla obciążenia, przy której rozpoczyna się wybożenie¹⁾.

Metoda powyższa, zdaje się, nie zwróciła na siebie uwagi fizyków, a moim zdaniem, winna być stosowana do wielu innych zjawisk fizycznych, charakteryzujących się nieciągłym przebiegiem²⁾.

Przez wyżej wypowiedziane o metodzie stosowanej przez EULER'A chcę zaznaczyć, iż można w rozmaity sposób przystąpić do wyrażenia przebiegu zjawisk, i że nie każdy sposób chociaż ścisły i zgodny w pewnych granicach z doświadczeniem obejmuje całość przebiegu danego zjawiska; tak też jest przypuszczalnie ze zjawiskiem pęknięcia.

Rozpatrując w dalszym ciągu założenia, które posługują się dzisiejsza teoria wytrzymałości, zauważę, iż niczem zdaje się być uzasadnione założenie, że granice wytrzymałości są jednakowe dla ciśnienia i ciągnięcia. Doświadczenie skłaniałoby nas prędzej do przeciwnego założenia.

Odmienne zachowanie się prętów przy ciśnieniu i ciągnięciu, wypuszczenia, że niema identyczności w zachowaniu przy ciśnieniu i ciągnięciu.

Wobec powyższego czyni obecna teoria, chociaż ścisła, niewygodnym, lecz wyniki jej są zawsze prawdziwie ścisłe. Jej słabością jest, że nie posiada ona

na wybożenie ścisłe wzory wyżej stre-

sem nazywamy chemię przebiegu autor do tarcia, jedyną zjawiskami?

mować wszystkie poszczególne przypadki, jak równania Maxwell'owskie obejmują wszystkie poszczególne przypadki zjawisk elektromagnetycznych. Łatwiej więc było opanować zjawiskami zachodzącymi w fikcyjnym środowisku, aniżeli w materii, co też streszcza wyżej przytoczone zdanie POINCARÉ'GO.

Trudności powyższe nie wyłączają jednakże możliwości znalezienia teorii, któraby choć jakościowo odtwarzała zjawiska pęknięcia, ilościowo zaś będzie ona zawsze przybliżoną teorią, gdyż wyniki jej będą zawsze związane z wartościami współczynników, charakterystycznymi dla danej materii, a współczynniki te zawsze będą tylko empiryczne i będą posiadały pewien stopień dokładności.

Chcąc więc dotrzeć do jakiejś teorii wytrzymałości materii, należy najpierw zwrócić się do doświadczeń. Tymczasem doświadczenia, któreby dla szukanej teorii były korzystne, są jeszcze tak niedość wykonywane, że nie możemy z nich żadnych wniosków wyprowadzić. Nie umiemy np. podać tylko ciśnieniu walca, gdyż występujące siły tarcia pomiędzy podstawami walca i płaszczyznami ciśnionymi komplikują całe zjawisko. Należy więc najpierw sposób doświadczeń udoskonalić, zebrać odpowiednią ilość doświadczeń, mogących nasunąć badaczowi kierunek, w którym winien szukać uogólnień; przytem analogie z innymi zjawiskami przyrody charakteryzującymi się nieciągłością, wskażą metody ścisłe, które należy posługiwać się w celu ujęcia danego przebiegu w matematyczne wzory; gdyż, moim zdaniem, sądząc z rozważań DUHEM'A³⁾, mechanika w dzisiejszym swoim stanie nie jest jeszcze przygotowaną do ścisłego traktowania tego rodzaju zadań.

³⁾ „Ewolucja“ mechaniki. Rozdział VII. Gałęzie rozchodzące się z termodynamiki.

edniem średnich szkół technicznych.

Przez Jana Rakowicza.

z dalszy do str. 322 w № 26 r. b.).

...a, zwłaszcza o kwalifikacji... asy osobne, gdyż... kowo uczniów będącej niż ich kolegów... czem doprowadzić... płonnemi, ponieważ ci... uk przyrodniczych wię... ięciem przygotowaniu gi... ręt do praktycznego zajęcia... nniejszym zrozumieniem wła... i nieraz poza kolegami swymi... w tyle pozostawali. Prócz tego... madzani w jedną klasę tej samej szkoły, ... ponad swych towarzyszy, nie przewyższa... epach; dlatego zaniechano tymczasem myśli... a szkół budowlanych wyższych obok niższych. ... eważ poglądy na tę sprawę i w rządzie zbyt były podzie... one, przeto żeby i uczniów o niższym wykształceniu zado... wolić, urządzono przy kilku szkołach, np. w Katowicach na Śląsku Górnym, na próbę klasy, dla t. zw. polierów czyli pod... majstrzych, z góry nie obiecując sobie po nich wiele. Tego rodzaju bowiem niższe i z praktyką głównie w styczność wchodzące żywiły znajdując w Niemczech już w t. zw. szko... łach uzupełniających, odbywających często naukę tylko wie... czorami i w niedziele, wiele sposobności do wystarczającego dla lepszego czeladnika i nawet podmajstrzego poduczenia się rozumienia rysunku technicznego. Jak tej potrzebie starano się jeszcze w inny sposób zadosyć uczynić, o tem pomówimy później przy traktowaniu dokładniejszym nowego rozkładu nauk.

Inaczej ma się rzecz z rządowymi szkołami budowy maszyn. Ze względu na to, że tu przy konstruowaniu matematyka ważniejszą odgrywa rolę, utworzono dwa rodzaje szkół: jedne wyższe, w których od wstępujących wymaga się wykształcenia przynajmniej uprawniającego do jednorocznej służby woj-

skowej, a drugie niższe, zadawalające się wiadomościami ze szkoły ludowej, ale wymagające poprzedniej dłuższej praktyki warsztatowej; byłyby to szkoły, przeznaczone głównie dla nadzorców warsztatowych (werkmajstrów), monterów i t. p.

Po tem małym zboczeniu wróćmy znowu do ogólnego ustroju szkół budowlanych, Otóż co do warunków przyjęcia żąda się z góry, ażeby wstępujący do szkoły miał przynajmniej lat szesnaście i przez 2 półrocza pracował praktycznie jako mularz, cieśla, stolarz, ślusarz, mechanik lub kamieniarz. Nauki w szkole samej nie potrzebuje uczeń zaraz całej w jednym ciągu odbyć, przeciwnie — nawet dla mniej pojętych uczni pożądane jest, żeby po przesiedzeniu w szkole zimowego półrocza, o ile możliwości na lato szli do zajęć praktycznych. Okazało się jednak korzystnym, żeby dla zdania egzaminu ostatecznego dwie ostatnie klasy odbyli zaraz po sobie.

Tygodniowo jest po 44 do 48 godzin wykładów wraz z godzinami różnych ćwiczeń w projektowaniu, zastosowanych do wykładanych przedmiotów.

Większa część pruskich szkół budowlanych składa się już obecnie z 2-ch wydziałów i to z wydziału budowniczego w ściślejszym znaczeniu (t. zw. Hochbauabteilung) i z inżynierskiego (t. zw. Tiefbauabteilung); przy dwóch szkołach i to we Wałczu (Deutschkrone) i w Królewcu są jeszcze wydziały dla techników melioracyjnych, a przy szkole w Zgorzelicach wydział dla kamieniarzy, ten ostatni niekoniecznie kwitnący.

Nauka w obydwóch wydziałach, pomijając klasę przygotowawczą, rozkładała się dotąd, jak już wspominałem, na 4 klasy z kursami półrocznymi, a ponieważ to okazało się przy obfitości materiału z czasem niewystarczającym, więc od przyszłego św. Michała zaprowadzi się 5 odrębnych kursów. Obydwa wydziały rozwijają się jak konary na wspólnym początkowo pniu 2-ch klas niższych, które uczniowie obydwóch wydziałów zarówno przejść muszą.

Normalnie obsadzona taka szkoła budowlana składa się w mniej uczęszczanych miejscowościach z 12 klas, a w więcej odwiedzanych miastach najmniej z 15 klas. W letnim pół-

roczu, liczy się, że szkoła taka w niektórych miastach będzie miała zaledwie 100 uczni, gdy tymczasem porą zimową liczbą ich do 300 i więcej dochodzi.

Tam, gdzie ilość i wielkość pomieszczeń szkolnych nie odpowiadała wymaganiom, wywierał rząd na miasta nacisk o budowę nowych budynków szkolnych, a nowo zgłaszającym się miastom, z których tylko większe mają odtąd widoki uwzględnienia, stawiał ściśle określone programy, których się przy budowie szkół trzymać miały. Wielkość klas unormowano przy 30 uczniach na salę na 12 m długości i 7 m szerokości, ażeby uczniowie nie tylko przy zwykłych wykładach ale i przy wykładach połączonych z rysunkami mieli dość miejsca do pomieszczenia i rozłożenia przyborów rysunkowych. Dalej żąda się osobnej sali z oświetleniem do rysunków wolnорęcznych, nadto klasy nieco mniejszej z amfiteatralnie urządzonej ławkami do wykładów z fizyki i chemii i to w połączeniu z osobnym gabinetem; prócz tego większej sali na uroczystości, ale i do odbywania egzaminów służąc mającej. Za pożądane uznaje się 2 do 3 klas zapasowych, które zwykle na osobne jakieś kursy lub na powiększenie zakładu okazują się potrzebne. Dodawszy do tego pomieszczenia na bibliotekę, zbiory modeli, pracownie modelarskie, oraz pomieszczenia na cele administracyjne, dla dyrektora, nauczycieli, pedela i t. p., otrzymuje się dość okazały budynek. Koszta jego wykonania zależne najprzód od urządzenia klas, które czy to obok dwustronnie, czy też tylko jednostronnie obudowanego korytarza ze światłem północnym mogą być pomieszczone; dalej zależą one od ilości klas i całego wyposażenia i zewnętrznego urządzenia budynku. Niektóre gminy zamożne, ubiegające się o przewodnictwo w wyposażeniu budynków swych, zwłaszcza na polu szkolnictwa, wystawiły wspaniałe szkoły budowlane, mogące uczniom służyć za wzory do naśladowania, a zastosowane w nich konstrukcje przedstawiać mają okazy do objaśniania wykładów, inne zaś gminy, którym szkołę taką rząd niejako narzucił, starały się przyjętym zobowiązaniem o tyle tylko zadość uczynić, o ile musiały. Stąd pochodzi, że koszta budunku dla takiej szkoły normalnej o 12 do 16 klasach na 350 do 750 tysięcy marek się obliczają. Do tego dodać jeszcze należy koszta pierwotnego umeblowania budynku. Nadto biorą gminy na siebie koszta utrzymania budynku z przynależnościami w stanie należytym, jako też pewien dodatek pieniężny, który normuje się dla każdej gminy osobno, z uwzględnieniem jej położenia finansowego. Najwięcej dopłacało miasto nadreńskie Barmen, po 24 000 marek, a najmniej Poznań, bo nie. Szkolnego pobiera się za półrocze od uczniów krajowych po 80 m., a od uczniów pozakrajowych po 400 m., lecz to nie wystarcza bynajmniej na pokrycie kosztów szkoły, gdyż oprócz wymienionego dodatku od miast dopłaca państwo do utrzymania każdej szkoły od 42 000 m. do 84 000 m., więc przeciętnie 63 000 m. Za to daje ono szkołom swój zarząd i opłacanych przez rząd nauczycieli. Szkoły takie pozostają w poszczególnych prowincjach pruskich bezpośrednio pod zarządem prezesa regencyi, a należą do wydziału Ministerium Handlu i Przemysłu, przy którym od 3-ich lat utworzono do załatwiania technicznej strony szkół tego rodzaju osobny urząd przemysłowy (Landesgewerbeamt), mający za jedno z głównych zadań śledzenie wszelkich postępów na polu szkolnictwa przemysłowo-rękodzielniczego i przedstawianie ich Ministrowi handlu do wprowadzania w życie. Ten urząd doradczy ogłasza ze swych czynności i badań sprawozdania, zawierające bardzo cenny materiał, dający pogląd na rozwój szkolnictwa przemysłowego w Prusach. Pierwsze takie sprawozdanie wyszło w r. 1905 p. t. „I. Verwaltungsbericht d. Königl. Preuss. Landesgewerbeamts 1905“, Berlin, C. Heymanns Verl. 1906; w danym więc razie polecam je bardzo do badań szczegółowych urzędów przeróżnego rodzaju średnich szkół zawodowych.

Co do *rozkładu nauk* pozwolono w Prusach szkołom tym się z początku samodzielnie rozwijać, dopiero gdy przy przechodzeniu uczniów z jednej szkoły do drugiej okazywały się pewne niedogodności i gdy oprócz kursów budowlanych chciano przy tych szkołach utworzyć kursa w kierunku inżynierskim, melioracyjnym i kamieniarskim, ujawniała się coraz silniej potrzeba jednolitego planu, który też w r. 1898 został we wszystkich takich szkołach pruskich zaprowadzony.

Podług tego planu naucza się dotychczas w szkołach

budowlanych; ponieważ jednak z biegiem czasu okazały się w nim przeróżne braki i wady, przeto starano się je czy to przez konferencye radców ministeryalnych z gronami nauczycielskimi tych szkół, czy też przez narady na dorocznych zebraniach kół nauczycielskich, jak również przez różne zawodowe publikacje usunąć. Ostatecznie doprowadzono do tego, że w Ministerium ustanowiono roku zeszłego *nowy plan nauk dla szkół budowlanych*, który miał już od pierwszego półrocza r. b. powoli wejść w życie, lecz dla różnych względów odłożono to do przyszłego Św. Michała r. b. z zastrzeżeniem ukończenia do tego czasu przygotowań do skutecznego wprowadzenia nowego programu. Nie będę więc mówić o tem, jak się chwilowo w szkołach takich w Prusach naucza, lecz jak się w najbliższym czasie nauczać będzie; nie omieszkam wszakże stawić porównań z dotychczasowym stanem, ażeby potrzebę zmian zarządzonych wykazać. Dla naszego b. b. przyszłego szkolnictwa zawodowego to ostatnie sprawozdanie rozwija jako wynik długoletnich doświadczeń dwustronnie przeprowadzonych, najwięcej pożyteczne. Spodziewam się też, że i ci z czytelnikami, którzy nie znają ustrój szkół takich, znajdą w tym sprawozdaniu nowego, ponieważ tego planu nauk w Prusach dotychczas skich *jeszcze* niema. Nie będę przedstawianiem po kolei wszystkich przedmiotów naukowych w szkole, gdyż to byłoby zbyt długie, a nie miało też skutku odpowiedniego, przedmiotem więc więcej interesuje, m. b. w przypisku ¹⁾ podanego szczegółowo ogółu czytelników natomiast wyrażony na cele takich szkół wogóle, w przeciwstawieniu do politechnicznych podział najgłówniejszych przedmiotów.

Szkoła a praktyka. Cele, stoją w ścisłym związku z praktyką, istniejącą dotąd w Niemczech, a w tym celu żądania od absolwentów. I tak najpierw, z uczniami, pragną jedni później iść na urzędy, których jest przy różnych zawodach ustalonych; inni chcą się po pomocnicy biurowi u architekta, zaś część dąży do tego, żeby larscy lub ciesielscy, albo też usamodzielnic i osiąść stosownie w mieście większem, czy też liczyć się w Niemczech i z tymi zawodami wli monumentalnych, większych i n. b. nych budynków, lecz wogóle domyślnie do wykonania i projektowania nie kształceniu, lecz dawniejsi wychowawcy, albowiem do ich praktyczności i t. p. ność (nie chcę w to wchodzić, czy zaufanie. Do tego celu przystępująskie szkoły budowlane, starając się na praktycznym i konstrukcyjnym ale i w dać uczniom swym dostateczny zapas wiedzy. Oczywiście musi to być przystosowane do wego wychowawców i do krótkości czasu, kształcenie zawodowe poświęcanego i w tym trudność zadośćuczynienia zadaniu, nad czem przy omawianiu najważniejszych wykładów poszczególnie bliżej się zastanowimy.

Uczniowie z wydziałów inżynierskich, które w Prusach dopiero od 8-ich lat przy niektórych szkołach budowlanych zaprowadzono, są więcej niż ich koledzy z wydziału budowniczego ograniczeni do zawodu pomocników biurowych i wykonawczych pod akademicznie wykształconymi inżynierami lub do urzędów średnich przy zarządach dróg żelaznych lub robót wodnych, urzędów komunalnych lub prowincjonalnych, do budowy i utrzymania ulic, szos, dróg i mostów, do przeprowadzenia kanalizacji i wodociągów i t. p., lecz i tu choć ten rodzaj wykształcenia należy do nowości, nie braknie już dążności na jego podstawie do usamodzielnienia się w różnych przedsiębiorstwach inżynierskich. Popyt na absolwentów

¹⁾ Ministerialblatt der Handels- und Gewerbeverwaltung 1906. S. 317. Beilage zu № 18 vom 1/X 1906.

tów tego właśnie wydziału jest przynajmniej chwilowo w Niemczech tak wielki, że nawet absolwenci wydziału budowniczego decydują się dość często do przejścia jeszcze wydziału inżynierskiego, ażeby tem łatwiej znaleźć zajęcie.

Srednie szkoły techniczne a politechniki. Odgraniczenie szkół budowlanych od politechnik nie jest łatwe. Wprawdzie w kierunku architektonicznym na wydziale budowlanym szkoły takiej ma się na względzie przeważnie konstrukcyjne i zastosowanie ich do zwyczajnych rozkładów, gdy tymczasem w politechnice powinny sztuka przeważać, lecz szkoły budowlane chcąc wspomniany wyżej cel swój osiągnąć, bez sztuki również obywać się nie mogą. Stworzyć jednak w ten sposób coś zasługującego na miano prawdziwego piękna jest, jak wiadomo, zadaniem jednym z najtrudniejszych w zawodzie naszym. Dalej muszą z planu szkół budowlanych zniknąć większe publiczne i wszelkie monumentalne budowle dla szkół takich, gdy ograniczą się do domów do budownictwa wiejskiego.

inżynierskim łatwiejsze już odgraniczenie budowle, do których projektowania znajomości jest potrzebna, pozostawić należy w szkołach budowlanych opracowanie projektów z różnych dziedzin inżynierskiego punktu widzenia, ażeby uczniowie, przy opracowywaniu podobnych prac akademicznie wykształconych inżynierów. Uczniowie wydziału inżynierskiego ze sposobem wykonywania tych szczegółami bliżej obeznani; natomiast pozostawić należy do rąk inżynierom.

Wzrost wydziałów. Nowsza metoda nauczania ma być radykalnie przekształcania nauk po zamierzonych planach pięciu kursów (zamiast trzech). Te zmiany już dotąd przedsięwzięto i próbowano w 2-ech szkołach. Bynajmniej na powiększeniu liczby wykładanych przedmiotów, lecz na zastosowaniu innych metod i uporządkowaniu oddzielnych przedmiotów w szkołach budowlanych. Wzrost wydziałów w politechnikach przyjęty, nie wyklucza się jako skończoną część posuniętemu dalej w wykształceniu budowlanej pozostawia się i w tym kierunku połączenie pomiędzy nimi. Studia w poszczególnych przedmiotach dla

inżynierskich specjalnie zajmować. Podług tego są też nasze dotychczasowe podręczniki zwykle opracowywane. Taki system nauczania okazał się dla niższych szkół zawodowych nieodpowiednim i oddziaływał niezbyt ożywiająco i pobudzająco na ucznia, który w poszczególnych naukach dopatruje się jedynie środków do osiągnięcia ściśle ograniczonego celu. Tu należy różne przedmioty nauki najwcześniej w sposób z sobą związek wprowadzić, a stopniować nauczanie od klasy do klasy, przechodząc od łatwiejszych do trudniejszych rzeczy i rozszerzając cały zakres nauki niejako w rodzaj kół współśrodkowych, zakreślając je około wykonania rzutów poziomych, przekrojów i widoków, potrzebnych do przeprowadzenia jakiejś budowli. Tego rodzaju metoda dostosowuje się najwięcej do poziomu wykształcenia uczniów i budzi w nich w wysokim stopniu zainteresowanie się danym przedmiotem. Budowę domu wprowadza się więc od najniższej klasy w samo środowisko nauki i grupuje koło niej naukę o konstrukcjach i formach, jako też o urządzeniu budynków, poruszając wszystko, o ile się to da tylko, w ręce jednego nauczyciela. Dawszy z góry pogląd na całość budowli, wyjaśnia się zarazem główne zasady ogólnego jej ukształtowania, przechodzi się potem do szczegółów, ażeby wykazać ich łączność z całością, z tego pozna uczeń, że te szczegóły powinny się do konstrukcji i materiałów stosować i swemu celowi ściśle odpowiadać. Ponieważ uczeń w niższych klasach tylko jak najzwyczajniejsze zadania w ten sposób opracowywać może i pozwoli w klasach wyższych do trudniejszych zadań się zabiera, przeto przyzwyczajai się też używać zwyczajnych a naturalnych kształtów i ozdób i nie będzie porywał się do stosowania form do jego pospolitych zadań zupełnie zbytecznych. Tak wychowuje się uczeń łatwiej niż dotychczas w tem przekonaniu, że przy jego zadaniach mniej na sztuce i ozdobach aniżeli na osiągnięciu celu zależy, i że odpowiednie architektoniczne ukształtowanie z celu, konstrukcji i materiału, samo przez się wynikać powinno.

Taka metoda nauczania następcza też wiele sposobności do powtórzeń, a że niektóre zasadnicze konstrukcje przy każdym zadaniu się powtarzają, przeto powstaje stąd sposobność do wpajania ich w pamięć ucznia. Jeżeli nadto żądać się będzie, ażeby uczeń jak najprędzej do każdego zadania opracowywał krótkie sprawozdanie objaśniające, wraz z obliczeniem kosztów, choćby przybliżonych tylko, to uczeń i w tym kierunku będzie mógł się więcej zagłębić w swe zadanie.

To wszystko traktuje się w godzinach t. zw. rysunku budowlanego, których jest w najniższych 2-ech klasach po 8, a w trzeciej klasie 10 tygodniowo; służą one nie tylko do wprawy celem ogarnięcia całości, ale i do ćwiczeń w konstrukcjach budowlanych, jako też w formach architektonicznych.

(C. d. n.)

RÓTKI ZARYS MECHANIKI w języku wektorów.

Przez Ludwika Silbersteina.

(Dokończenie do str. 324 w № 26 r. b.).

Twierdzenia Helmholtz'a.

Możemy znowu do założenia, że siły przyłożone posiadają potencjał i że gęstość jest funkcją samego ciśnienia.

Wówczas mamy równanie hydrodynamiczne (93^b):

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + 2 \nabla \mathbf{v} \mathbf{v} = \nabla (Q - \frac{1}{2} v^2),$$

a więc, stosując operację *curl* i pamiętając, że $\mathbf{w} = \frac{1}{2} \text{curl } \mathbf{v}$:

$$\frac{\partial \mathbf{w}}{\partial t} + \text{curl } \nabla \mathbf{v} \mathbf{v} = 0.$$

Lecz dla dowolnych dwóch wektorów \mathbf{v} , \mathbf{w} jest

$$\text{curl } \nabla \mathbf{v} \mathbf{v} = \mathbf{w} \text{ div } \mathbf{v} + (\mathbf{v} \nabla) \mathbf{w} - \mathbf{v} \text{ div } \mathbf{w} - (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} \dots \text{(XIX)},$$

co czytelnik sam okaże, pisząc $\text{curl} = \nabla \nabla$ i korzystając umiejętnie z równoważności (IX). W naszym przypadku jest $\mathbf{w} = \frac{1}{2} \text{curl } \mathbf{v}$, a więc $\text{div } \mathbf{w} = 0$, tak iż będzie

$$0 = \frac{\partial \mathbf{w}}{\partial t} + (\mathbf{v} \nabla) \mathbf{w} + \mathbf{w} \text{ div } \mathbf{v} - (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} =$$

$$= \frac{d \mathbf{w}}{dt} + \mathbf{w} \text{ div } \mathbf{v} - (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v},$$

lub też, według równania ciągłości (91):

$$\frac{d \mathbf{w}}{dt} - \frac{\mathbf{w}}{\rho} \frac{d \rho}{dt} = (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v},$$

czyli wreszcie:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) = \frac{1}{\rho} (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} \dots \text{(123)}.$$

Słynne twierdzenia HELMHOLTZ'A dają się odczytać dość łatwo z równania tego, które jest równoważnikiem wektorowym trzech jego równań skalarnych.

Istotnie, niechaj \mathbf{t} będzie, co do kierunku i długości, elementem włókna wirowego o przekroju nieskończono-

wym σ ; rozumiejąc przez ε skalar nieskończoności, możemy napisać

$$\mathbf{l} = \varepsilon \mathbf{w};$$

według ogólnego wzoru (75) będzie wówczas $\frac{d\mathbf{l}}{dt} = \varepsilon (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v}$,

a więc, według (123):

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) = \frac{1}{\rho \varepsilon} \frac{d\mathbf{l}}{dt}.$$

Oznaczmy moment włókna wirowego przez μ , napiszmy więc $\mu = \sigma w$. Masa rozważanego elementu włókna, którą oznaczmy przez c , jest niezmienna w czasie. Ponieważ $c = \rho l \sigma$, zaś $\varepsilon = l/w$, możemy napisać

$$\rho \varepsilon = \frac{\rho l}{w} = \frac{c}{\sigma w} = \frac{c}{\mu},$$

a więc też

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) = \frac{\mu}{c} \frac{d\mathbf{l}}{dt} \quad \dots \quad (a).$$

Lecz $\mathbf{w}/\rho = \mathbf{w}l/l\rho = \mathbf{w}\sigma \cdot l/c = \mu l/c$, identycznie. Mamy więc zamiast (a), mnożąc obustronnie przez stałą masę c :

$$\frac{d}{dt} (\mu \mathbf{l}) = \mu \frac{d\mathbf{l}}{dt},$$

a więc ostatecznie

$$\frac{d\mu}{dt} = 0 \quad \dots \quad (124).$$

Moment włókna wirowego zachowuje więc wartość niezmienną w czasie ¹⁾.

Korzystając ze (124), możemy obecnie napisać zamiast (a):

$$\frac{d}{dt} \left(\mathbf{l} - \frac{c}{\mu \rho} \mathbf{w} \right) = 0$$

czyli

$$\frac{d}{dt} (\mathbf{l} - \varepsilon \mathbf{w}) = 0;$$

lecz dla danej chwili t było $\mathbf{l} = \varepsilon \mathbf{w}$; będzie więc też dla wszelkich t :

$$\mathbf{l} = \varepsilon \mathbf{w},$$

t. j.: jeżeli element \mathbf{l} , składający się zawsze z tych samych cząstek, był elementem linii wirowej w pewnej tylko chwili, będzie nim też w każdej innej chwili. Innymi słowy:

Każda linia a więc też rurka wirowa składa się zawsze z tych samych cząstek płynu.

Cząstki, które w danej chwili nie wirują, nigdy też nie wirowały ani wirować nie będą, oczywiście, dopóki tylko trwają założone powyższej warunku.

Oto są twierdzenia HELMHOLTZ'A, które, jak krótko powiedzieć można, wyrażają *niestwarzalność i niezniszczalność* wirów. Dla uniknięcia nieporozumień, o które przy tak szumnych słowach nie trudno, dodać należy: w płynie doskonałym, na który działają jedynie siły zachowawcze i którego gęstość jest funkcją samego ciśnienia.

Dowód drugiego z powyższych twierdzeń (podkreślonych) mieliśmy już zresztą przy omawianiu przekształcenia CLEBSCH'A.

Niezmiennosc momentu w czasie wynika najbezpośredniej z niezmiennosci krążenia $I = \int \mathbf{v} d\mathbf{s}$; biorąc bowiem obwód s , składający się zawsze z tych samych cząstek, na powierzchni danej rurki wirowej o momencie μ , a mianowicie tak, aby obwód ten oplatał rurkę (jedyny raz, w kierunku dodatnim), mamy

$$I = 2\mu,$$

tak, iż równanie (121): $dI/dt = 0$ przybiera bezpośrednio postać $d\mu/dt = 0$.

Nie zmieniając zresztą w niczem równości $I = 2\mu$, możemy wziąć obwód s czyli zamknięte włókno płynne dowolnie obszerne, byle tylko oprócz danej nie oplatało żadnych innych rurek wirowych.

Jeżeli więc pewne zamknięte włókno płynne ²⁾ jest w danej chwili splecione z jakąś rurką wirową, pozostanie z nią na zawsze splecione.

Jeżeli sposób splecenia jest prosty lub dowolnie zawiły, charakter jego, t. j. liczba splotów również nie ulegnie zmianie w czasie. Skoro bowiem obwód s oplata rurkę wirową m razy, mamy

$$I = 2m\mu;$$

¹⁾ Że moment μ posiada też wzdłuż całego włókna jedną i tę samą wartość, widzieliśmy już poprzednio z rozważań niezależnych od dynamiki.

²⁾ T. j. obwód składający się zawsze z tych samych cząstek płynu.

ponieważ zaś zarówno I jak μ są niezmiennie w czasie, przeto też liczba m nie ulegnie żadnej zmianie.

Tworzenie się wirów wzdłuż przecięć powierzchni stałej gęstości i stałego ciśnienia.

Twierdzenia HELMHOLTZ'A przestają być ważne, jeżeli siły przyłożone nie posiadają potencjału lub też jeżeli gęstość nie od samego tylko zależy ciśnienia.

Zamiast (93^b) mamy wówczas równanie ogólniejsze

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + 2V\mathbf{w}\mathbf{v} = \mathbf{F} - \frac{1}{\rho} \nabla p - \frac{1}{2} \nabla (v^2),$$

a więc zamiast (123):

$$\rho \frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) = (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} + \frac{1}{2} \text{curl } \mathbf{F} - \frac{1}{2} \text{curl} \left(\frac{1}{\rho} \nabla p \right).$$

Lecz, jak widzieliśmy przy omawianiu przekształcenia CLEBSCH'A:

$$\text{curl} \left(\frac{1}{\rho} \nabla p \right) = V \nabla \left(\frac{1}{\rho} \right) \cdot \nabla p$$

$$\text{czyli} = - \frac{1}{\rho^2} V \nabla \rho \cdot \nabla p;$$

mamy przeto, jako uogólnienie równania (123):

$$\rho \frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) - (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} = \frac{1}{2} \text{curl } \mathbf{F} + \frac{1}{2\rho^2} V \nabla \rho \cdot \nabla p \quad (125).$$

Jeżeli znowu założymy, że ρ zależy od samego p , ostatni wyraz odpadnie; jeżeli wówczas pewna cząstka płynu w danej chwili t_0 *nie wiruje*, mamy dla chwili tej:

$$\frac{d\mathbf{w}}{dt} = \frac{1}{2} \text{curl } \mathbf{F};$$

rozważana więc cząstka *zacznie od chwili tej wirować*, a mianowicie naokoło osi, która początkowo zlewać się będzie z wirrem siły \mathbf{F} , t. j. z wektorem *curl* \mathbf{F} . Wogóle też moment μ istniejącego już włókna wirowego płynnego będzie zmienny w czasie.

Z ostatniego równania widzimy też, że jeżeli ruch ma być *niewirowy*, t. j. jeżeli ma być *stale* $\mathbf{w} = 0$, musi być *curl* $\mathbf{F} = 0$.

Zalóżmy teraz, że siły \mathbf{F} posiadają potencjał, że jednak gęstość nie od samego tylko zależy ciśnienia, lecz oprócz tego, powiedzmy, od temperatury, która może być różna dla różnych cząstek płynu i dla różnych chwil czasu. Wówczas pierwszy wyraz po prawej stronie równania (125) odpadnie, a pozostanie natomiast drugi, tak iż będzie

$$\rho \frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) - (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} = \frac{1}{2\rho^2} V \nabla \rho \cdot \nabla p \quad \dots \quad (126).$$

Oznaczając przez \mathbf{n} , \mathbf{n}' (wektory jednostkowe) *normalną* do powierzchni $\rho = \text{const.}$, względnie do powierzchni $p = \text{const.}$, zwróconą w kierunku gęstości *rosnących*, względnie ciśnień *rosnących*, możemy zamiast (126) napisać

$$\rho \frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{w}}{\rho} \right) - (\mathbf{w} \nabla) \mathbf{v} = \frac{1}{2\rho^2} \frac{\partial \rho}{\partial n} \frac{\partial p}{\partial n'} V \mathbf{n} \mathbf{n}' \quad (126^a).$$

Wektor stojący po prawej (a więc też suma wektorowa stojąca po lewej) stronie tego równania jest styczna do linii przecięcia powierzchni $\rho = \text{const.}$ i $p = \text{const.}$

Rozważając znowu, jak przy omawianiu twierdzeń HELMHOLTZ'A, element włókna wirowego $\mathbf{l} = \varepsilon \mathbf{w}$, możemy przekształcić lewą stronę równania (126) na

$$\frac{1}{c} \frac{d(\mu \mathbf{l})}{dt} - \frac{\mu}{c} \frac{d\mathbf{l}}{dt} \quad \text{czyli} \quad \frac{\mathbf{l}}{c} \frac{d\mu}{dt},$$

gdzie c jest masą elementu włókna wirowego o długości l i przekroju σ , zaś $\mu = \sigma w$ momentem tego włókna w chwili t . Otrzymamy wówczas:

$$\mathbf{l} \frac{d\mu}{dt} = \frac{c}{2\rho^2} \frac{\partial \rho}{\partial n} \frac{\partial p}{\partial n'} V \mathbf{n} \mathbf{n}'$$

czyli

$$l \frac{d\mu}{dt} = \frac{c}{2\rho^2} \frac{\partial \rho}{\partial n} \frac{\partial p}{\partial n'} \sin(\mathbf{n}, \mathbf{n}') \quad \dots \quad (127).$$

Moment włókna wirowego będzie tedy zmienny w czasie, chyba, że kąt $\theta = (\mathbf{n}, \mathbf{n}')$ znika czyli powierzchnie $\rho = \text{const.}$, $p = \text{const.}$ zlewają się ze sobą. Jeżeli natomiast powierzchnie te przecinają się ze sobą, w rozważanej okolicy, moment μ *rośnie* lub *maleje* z czasem, zależnie od tego czy $\sin \theta > 0$, czy też $\sin \theta < 0$.

Cząstka wirująca może więc z biegiem czasu stracić swój ruch wirowy.

Odwrotnie też, jeżeli w danej chwili t_0 jest dla pewnej cząstki lub dla całego nawet płynu $\mathbf{w} = 0$, natenczas ze (126) wynika

$$\frac{d\mathbf{w}}{dt} = \frac{1}{2\rho^2} \frac{\partial\rho}{\partial n} \frac{\partial p}{\partial n'} \nabla \mathbf{n} \mathbf{n}', \text{ dla } t = t_0 \dots (128).$$

W płynie pozbawionym w chwili t_0 , lub aż do chwili t_0 , wszelkiego ruchu wirowego, tworzyłyby się tedy linie wirowe zlewające się początkowo z liniami przecięcia powierzchni stałej gęstości i stałego ciśnienia.¹⁾

Gdyby powierzchnie takie, przecinające się wzajemnie w ciągu pewnego czasu T , przestały następnie raz na zawsze przecinać się ze sobą, wiry wytworzone w tym czasie zachowywałyby już później niezmiennie swe momenty. T mogłoby nawet być bardzo małe, a pomimo to momenty wirów, które w ciągu tego krótkiego czasu zdołały się wytworzyć, mogą być dość znaczne, skoro tylko gradyenty ciśnienia i gęstości będą odpowiednio wielkie.

Fala przyspieszenia; twierdzenie Hugoniot'a.

Powierzchnie nieciągłości, dla których poznaliśmy już poprzednio tak zwane warunki zgodności identyczne i kinematyczne, muszą też czynić zadość pewnym warunkom wynikającym z dynamicznych własności ciała odkształcalnego.

Ograniczymy się tu do rozważenia powierzchni nieciągłości drugiego rzędu, czyli tak zwanej fali przyspieszenia (*onde d'accélération*), zbadanej ogólnie przez Hugoniot'a.²⁾

Założmy, że gęstość ρ jest funkcją samego tylko ciśnienia p ; wówczas będzie $\frac{1}{\rho} \nabla p = \frac{dp}{d\rho} \frac{1}{\rho} \nabla \rho = \frac{dp}{d\rho} \nabla \lg \rho$, a więc

$$\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{F} - \frac{dp}{d\rho} \nabla \lg \rho \dots (129).$$

Niechaj znowu $f = f(a, t) = 0$ będzie równaniem powierzchni nieciągłości σ . Siły przyłożone \mathbf{F} , prędkość \mathbf{v} , ciśnienie, gęstość, a więc też $\frac{dp}{d\rho}$ niechaj będą ciągle u tej powierzchni, przyspieszenie natomiast, a więc też gradyent gęstości, t. j. również $\nabla \lg \rho$, niechaj będą nieciągłe.

Wówczas, pisząc (129) dla punktów położonych po jednej, względnie po drugiej stronie powierzchni σ i odejmując od siebie dwa tym sposobem powstałe równania, otrzymamy:

$$\left[\frac{d\mathbf{v}}{dt}\right] = - \frac{dp}{d\rho} [\nabla \lg \rho] \dots (a).$$

Skoro $[\mathbf{v}] = 0$, mamy, zupełnie podobnie jak w równaniu (72) dla \mathbf{D} :

$$[\text{div } \mathbf{v}] = \mathbf{M} \nabla f \dots (b),$$

gdzie niezależny od układu odniesienia wektor \mathbf{M} jest tem dla skoków ∇v_1 i t. d., czem wektor \mathbf{m} był poprzednio dla skoków ∇D_1 etc.

Z drugiej strony, ponieważ według założenia jest $[\lg \rho] = 0$, przeto według (70) będzie

$$[\nabla \lg \rho] = \lambda \nabla f \dots (c),$$

gdzie λ jest skalarem (który natychmiast wyrugujemy); jednocześnie zaś otrzymamy przez rozumowanie zupełnie podobne do tego, które doprowadziło nas do kinematycznego warunku zgodności (82):

$$\left[\frac{d \lg \rho}{dt}\right] = - \lambda v \frac{\partial f}{\partial n} \dots (d),$$

gdzie v jest prędkością propagacji fali; tę właśnie prędkość znaleźć mamy.

Lecz według równania ciągłości (91) jest $\frac{d \lg \rho}{dt} = - \text{div } \mathbf{v}$,

a więc też

$$\left[\frac{d \lg \rho}{dt}\right] = - [\text{div } \mathbf{v}],$$

tak iż według (b) i (d) będzie

$$\lambda v \frac{\partial f}{\partial n} = \mathbf{M} \nabla f,$$

czyli, ze względu na $\nabla f = \mathbf{n} \partial f / \partial n$:

$$\lambda = \frac{1}{v} \mathbf{M} \mathbf{n},$$

gdzie \mathbf{n} , jak poprzednio, oznacza wektor jednostkowy normalny do powierzchni nieciągłości.

Podstawiając wartość tę do (c), otrzymamy

$$[\nabla \lg \rho] = \frac{1}{v} (\mathbf{M} \mathbf{n}) \cdot \nabla f \dots (130).$$

Jest to równoważnik wektorowy trzech wzorów skalarnych dla skoku gradyenta gęstości; które HADAMARD otrzymał na znacznie dłuższej drodze.³⁾

Z drugiej strony mamy, podobnie jak w (82):

$$\left[\frac{d\mathbf{v}}{dt}\right] = - \mathbf{M} v \frac{\partial f}{\partial n},$$

a więc, podstawiając wartość tę i wartość (130) do równania dynamicznego (a):

$$v^2 \frac{\partial f}{\partial n} \mathbf{M} = \frac{dp}{d\rho} (\mathbf{M} \mathbf{n}) \nabla f,$$

czyli, nieco prościej:

$$v^2 \mathbf{M} = \frac{dp}{d\rho} (\mathbf{M} \mathbf{n}) \mathbf{n} \dots (131).$$

Dwie tylko są możliwości zadoścuczynienia temu równaniu:

1) wektor \mathbf{M} , charakteryzujący daną nieciągłość, jest normalny do powierzchni σ , a więc $\mathbf{M} = M \mathbf{n}$, i jednocześnie

$$v = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}};$$

2) wektor \mathbf{M} jest styczny do powierzchni nieciągłości czyli $\mathbf{M} \mathbf{n} = 0$, i jednocześnie

$$v = 0.$$

W pierwszym przypadku nieciągłość nazywa się *podłużną*, w drugim — *poprzeczną*. Mamy tedy twierdzenie Hugoniot'a:

W płynie ściśliwym, pozbawionym lepkości, możliwe są dwojakiemu tylko rodzajowi nieciągłości drugiego rzędu: podłużne o prędkości propagacji

$$v = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} \dots (132),$$

albo też poprzeczne, które wcale się nie propagują, tak iż powierzchnia nieciągłości składa się zawsze z tych samych cząstek.

Pierwsze stanowią fale w ścisłym słowa tego znaczeniu, drugie natomiast są nieciągłościami statecznymi. W (132) mamy słynny wzór Laplace'a, dla prędkości dźwięku w gazach.

Zauważmy jeszcze, że dla fal podłużnych jest, według (b) $[\text{div } \mathbf{v}] \neq 0$, a mianowicie

$$[\text{div } \mathbf{v}] = M \mathbf{n} \nabla f = M \frac{\partial f}{\partial n},$$

dla nieciągłości poprzecznych natomiast

$$[\text{div } \mathbf{v}] = 0.$$

Podobnie jak (73) dla \mathbf{D} możemy napisać dla \mathbf{v}

$$[\text{curl } \mathbf{v}] = V \mathbf{M} \nabla f;$$

w przypadku pierwszym będzie więc $[\text{curl } \mathbf{v}] = 0$, w drugim natomiast $[\text{curl } \mathbf{v}] \neq 0$.

Zbierając wyniki powiemy tedy, że dla fal podłużnych $\text{div } \mathbf{v}$ doznaje skoku, zaś prędkość wirowa jest ciągła, podczas gdy dla nieciągłości poprzecznych związanych zawsze z temi samymi cząstkami płynu jest wprost przeciwnie.

¹⁾ Por. L. Silbersteina „O tworzeniu się wirów w płynie doskonałym“. Rozpr. Akad. Krak. t. 31, str. 325—335. 1896.

²⁾ Comptes rendus, t. 101, str. 1119. Paryż. 1885.

³⁾ Porówn. Hadamard'a, loc. cit, lub też Appell'a, Mécanique, t. III, str. 312.

Wiadomości techniczne i przemysłowe.

Choroba kesonowa¹⁾.

Wygodny środek pomocniczy, jakim jest powietrze sprężone w robotach na gruncie przesiąkniętym wodą lub pod wodą, znalazł, w ostatnich zwłaszcza latach, szerokie zastosowanie. Środek ten pozwolił na wykonanie robót bardzo trudnych, o jakich dawniej nawet nie myślano; do takich robót należą tunele pod Hudsonem i East River w New-Yorku, tunele londyńskie pod Tamizą w Blac-kwall i Rotherhithe i budujące się w obecnej chwili tunele pod Sekwaną dla paryskiej kolei podziemnej „Métropolitain“. Roboty, przy których zastosowanie powietrza sprężonego jest niezbędne, są na porządku dziennym w New-Yorku, leżącym na wyspie, na gruncie przesiąkniętym wodą, gdzie słynne wieżownice, o 15—48 piętrach, zachodzą też na kilka piątr pod ziemię. Tam też robotnicy podziemi otrzymali specjalną, bardzo złośliwą nazwę: „sandhogs“ (dosł. „świnie piaszczyste“).

Powodzenie pobudzało konstruktorów do coraz śmielszych robót i do opuszczania się coraz głębiej pod wodę. Robią oni to tem chętniej, że roboty zapomocą powietrza sprężonego nie przedstawiają żadnych trudności technicznych i mogą być prowadzone w każdej głębokości bez wywoływania jakichkolwiek zakłóceń. Tak było w teorii. W praktyce jednak trzeba się było wkrótce zatrzymać, gdyż o ile na małych głębokościach (10—15 m) robotnicy mogą pracować z całym bezpieczeństwem i bez specjalnych ostrożności ze względu na zdrowie, o tyle na głębokości większej niż 20 m są oni wystawieni na chorobę zawodową, niebezpieczną, mającą już bogatą literaturę, lecz jeszcze mało poznaną, a mianowicie na t. zw. chorobę kesonową. Choroba ta dotyka również i nurków, lecz w znacznie mniejszym stopniu, aczkolwiek ci ostatni opuszczają się nieraz na głębokości znacznie większe niż robotnicy kesonowi i często docierają do głębiny o 50 m pod powierzchnią.

Ponieważ roboty morskie przy naprawianiu statków coraz częściej wymagają pomocy nurków i ponieważ roboty te stają się coraz śmielsze i niebezpieczniejsze, przeto admiralicya angielska wyznaczyła specjalną komisję do zbadania zaburzeń, wywoływanych w organizmie przez powietrze sprężone. Badania komisji, rozpoczęte blisko dwa lata temu, rozciągnięto nie tylko na nurków, którzy przebywają pod wodą względnie krótko, lecz również na robotników pracujących pod wodą i pod ziemią w tubach i kesonach. W rezultacie jednak niema dotychczas przepisów i środków, które mogłyby być zastosowywane przez prowadzących roboty do ochrony robotników przed chorobą kesonową, pomimo licznych badań i spostrzeżeń nad działaniem powietrza sprężonego, poczynionych od dawna przez wielu uczonych, jak BERT, HERSCUT, HILL i GREENWOOD, MAX LEOD, SNELL i in.

Bardzo ciekawe wnioski, wyprowadzone z badań rzeczonyj komisji angielskiej, przedstawione są w odczycie wypowiedzianym przez prezesa komisji, członka „Royal Society“, d-ra HALDANE'A i w raporcie jego sekretarza, chirurga marynarki angielskiej, zatytułowanym „Caisson Disease“ i pomieszczonym w roczniku „Annual Report of the Health of the Navy“.

Wyrażenie „choroba kesonowa“ odnosi się do trzech rodzajów zaburzeń, zupełnie różnych co do charakteru, czasu trwania i niebezpieczeństwa dla zdrowia. Rodzaje te są następujące: 1) zaburzenia mechaniczne, przeważnie uszne; 2) zaburzenia oddechowe i 3) zaburzenia głęboko dotykające organizm.

Zaburzenia uszne polegają na chwilowem zamknięciu trąbki Eustachiusza pod wpływem ciśnienia i na wygięciu się bębienka ku wnętrzu ucha. Objawom tym towarzyszy dzwonienie w uszach i przykre uczucie ucisku na głowę, o jakim niektóre osoby mogą mieć pewne pojęcie, gdy przy przebywaniu tunelu Simplonkiego zbliżają się do tego końca, przez który wtłacza się, słabo zresztą sprężone powietrze, konieczne dla wentylacji tunelu. Zaburzenia powyższe nie przedstawiają żadnego niebezpieczeństwa i ustają po kilku minutach same przez się, dzięki przenikliwości błonki i nieściśłości zamknięcia trąbki Eustachiusza, co pozwala na wprowadzenie równowagi między uchem zewnętrznym a wewnętrznym. Robotnicy często zapobiegają tym zaburzeniom, zamykając usta i nos i przepędzając powietrze z płuc w kanały nosowe, a co za tem idzie i do części wewnętrznej ucha.

Zaburzenia oddechowe powstają wskutek tego, że zwiększenie ciśnienia na pęcherzyki płucne zmniejsza ilość kwasu węglowego do normy niedostatecznej dla normalnej wymiany gazów, gdyż kwas węglowy z początku rozpuszcza się w krwi w ilości znacznie zwiększonej. Nowy ustroj prędko się jednak przyjmuje, gdyż krew całego ciała przechodzi przez płuca w przeciągu mniej niż minuty, zabierając natychmiast tę ilość kwasu węglowego, zresztą dosyć małą, jaka jest konieczna do podtrzymania nowego ustroju. Zaburzenia oddechowe ustają prędzej niż we dwie minuty po osiągnięciu dna, nawet jeżeli nurek bardzo szybko się opuszcza na głębokość 64 m. Zaburzenia te objawiają się przedewszystkiem pewnem uczuciem niepokoju, a nurek przeciągle oddycha dla wprowadzenia do pęcherzyków płucnych brakującego kwasu węglowego.

Inne zaburzenia oddechowe, zwłaszcza zaś omdlenie przy pograżaniu się, uważać należy za nienormalne. Powstają one wskutek obecności zbyt wielkiej ilości gazów nieodpowiednich do oddychania lub trujących, wydzielanych często z rozkopywanego gruntu (metan czyli gaz błotny, kwas węglowy, siarkowodór i t. d.) lub powstających przez spalanie przy rozrywaniu gruntu zapomocą wybuchów.

Głębokie zaburzenia, właściwie charakteryzujące chorobę kesonową i jedynie niebezpieczne, występują, prawie bez wyjątku, dopiero po wyjściu z powrotem na powietrze. Objawiają się one przez świerzbienie całej skóry (pickling—robotników angielskich), zdrętwienie, sztywność stawów, chwilowy bezwład i, w razach ciężkich, bezwład stały i śmierć.

Zaburzenia powyższe wypływają z niejednakowej rozpuszczalności gazów atmosferycznych w płynach i tkankach organizmu i z różnych właściwości tychże gazów w stosunku do tegoż organizmu.

Przedewszystkiem trzy gazy: tlen, azot i kwas węglowy pochłaniane są przez krew mniej więcej zgodnie z prawem rozpuszczalności gazów, t. j. proporcjonalnie do właściwego każdemu z tych gazów ciśnienia zewnętrznego i do współczynnika ich rozpuszczalności. Wskutek jednak procesów chemicznych wewnątrz organizmu, ilość zawartego w krwi kwasu węglowego i tlenu mało się zmienia nawet przy dwu zupełnie różnych ciśnieniach zewnętrznych, tkanki zaś organiczne pochłaniają zaledwie odrobinę tych gazów. Przeciwnie zaś azot, jako chemicznie bierny, może nagromadzać się w krwi i w tkankach, zwłaszcza zaś w tkankach tłustych, które nasycone mogą zawierać azotu prawie sześć razy więcej niż krew.

Rozpuszczanie się azotu jest niezmiernie wolne, a staje się jeszcze wolniejsze z chwilą zmniejszenia się ciśnienia zewnętrznego. To też niebezpieczeństwo powietrza sprężonego leży nie tyle w samem zwiększeniu ciśnienia, ile w zbyt nagłem jego zmniejszeniu się po wyjściu z kesonu, gdyż wskutek tego azot zaczyna się wydzielać w tkankach pod postacią małych kulek gazowych, które niszczą tkanki i przeszkadzają swobodnemu krążeniu, co wywołuje wyżej wspomniane zaburzenia. Fakty te znane są z praktyki już od dawna i tłumaczą w zupełności pozorną sprzeczność w spostrzeżeniach. Jeżeli bowiem nurkowie mało podlegają chorobie, to wynika to stąd, iż zazwyczaj zbyt krótko przebywają pod wodą, aby ciało ich mogło przejść w stan nasylenia. Z drugiej strony objawy chorobliwe występują u robotników tunelowych i kesonowych dopiero po wyjściu na powietrze, dlatego, że wskutek kilkogodzinnego przebywania w kesonach ciało ich zostało nasycone i zaczął się proces powolnego wydzielania kulek azotu.

Do umożliwienia pracy na bardzo wielkich głębokościach istnieją dwa środki,—a skuteczność ich jest na mocy powyższego oczywista,—które jednak następują trudności praktyczne. Należy mianowicie zmniejszyć czas pracy w kesonach i nadzwyczaj powoli przechodzić do zmniejszonego ciśnienia (przejście do środowiska o ciśnieniu różniącym się o jedną atmosferę powinno trwać 12—20 minut, a więc przy pracy na głębokości 50 m trzeba na wyjście na powietrze około godziny i 20 minut). Komisya wszakże angielska wskazuje, że można, przeciwnie, powiększyć czas przebywania w kesonie i zmniejszyć czas przejścia do normalnego ciśnienia, należy tylko zmniejszania ciśnienia dokonywać, przechodząc przez kilka stopni.

Po krótkim pobycie (2—3 godzin na wielkich głębokościach) organizm nie jest jeszcze nasycony azotem, to też ciśnienie zwykle jeszcze wystarcza na to, aby nie tylko azot się nie wydzielał w kształcie kuleczek gazowych, lecz aby nawet nowe jego ilości się rozpuściły. Z drugiej strony, doświadczenia, poparte praktyką, wyka-

¹⁾ Por. *Przeł. Techn.* Nr. 13 r. b., str. 168.

zują, że żadne wypadki nigdy nie zachodzą jeżeli się nagle przechodzi z ciśnienia 2 atmosfer (1 atmosfera nadwyżki) do ciśnienia atmosferycznego. Wypadki zaczynają występować dopiero przy 2,3 atmosfery. Zjawisko to jest zupełnie ogólne i występuje dzięki lepkości krwi, która może być przesycona azotem, zawierając go dwa razy tyle co przy nasyceniu, a pomimo to wydzielanie się gazu nie następuje. Krew usuwa azot z tkanek, przenosząc go do płuc, gdzie pozbywa się go prawie natychmiast. Wynika stąd, że można bez niebezpieczeństwa przechodzić z jednego ciśnienia do drugiego, byle to ostatnie równało się połowie poprzedniego. Rzeczą miarodajną w tym przypadku jest nie wielkość bezwzględna spadku ciśnienia, lecz wielkość stosunku ciśnienia początkowego do ciśnienia końcowego. Gdy stosunek ten wyraża się liczbą 2 niema niebezpieczeństwa, przy stosunku 4,4 mogą się zdarzać wypadki śmierci, przy stosunku zaś 6,7 śmierć następuje bezwzględnie. Wynika z powyższego, że można przejść nagle z pod ciśnienia 7,3 kg/cm^2 (73 mm słupa wody) do ciśnienia 3,8 kg/cm^2 , lecz nie z pod ciśnienia 4,5 kg/cm^2 do ciśnienia 1 kg/cm^2 (ciśnienie atmosferyczne), aczkolwiek w obu przypadkach bezwzględna różnica ciśnienia jest jednakowa i wynosi 3,5 kg/cm^2 .

W praktyce powinno się więc dosyć prędko obniżyć ciśnienie do połowy; po przeczekaniu kilkunastu minut znowu zmniejszyć ciśnienie o połowę, znowu zaczekać i t. d. Jasną jest rzeczą, że w najgor-

szym przypadku dojdziemy do ciśnienia atmosferycznego po potrójnym zmniejszeniu początkowego ciśnienia, a w większości spotykanych w praktyce przypadków po dwukrotnym obniżeniu ciśnienia. W każdym razie zapomocą powyższego sposobu znacznie oszczędzimy na czasie w porównaniu z systemem stopniowego wolnego obniżania ciśnienia.

Zresztą, zastosowanie opisanego powyżej sposobu obniżania ciśnienia nie uwalnia bynajmniej od wogóle przyjętych środków ostrożności dla ułatwienia obiegu krwi i zapobieżenia zapaleniom płuc, wywołowanym przez nagłe ochłodzenie pod wpływem rozszerzania się gazów. Zdaje się jednak, że w tym razie zapalenia płuc należy się nawet mniej obawiać dzięki właśnie nagłości obniżania ciśnienia. Będzie to fakt tem ważniejszy, że obawa zapalenia płuc nieraz właśnie była powodem, iż robotnicy kesonowi nie zgadzali się na powolne obniżanie ciśnienia.

Należy tu jeszcze zauważyć, że członkowie komisji angielskiej sami nieraz poddawali się doświadczeniom, w szczególności zaś porucznik marynarki DAMANT, mianowany obecnie inspektorem robót podwodnych, dokonywanych przez nurków. DAMANT opuszczał się i przebywał czas dłuższy na głębokości 64 m pod wodą, zdobywając w ten sposób rekord przy zanurzaniu się w głębie móż.

(Revue Scient.).

w. w.

KRONIKA BIEŻĄCA.

Drogi wodne w Państwie Rosyjskiem. Pomimo wielkiej obfitości rzek w Państwie Rosyjskiem, żegluga się znajduje w stanie opłakanym: z 5000 rzek Rosyi europejskiej zbadano jedynie 3500, a tylko na długości 44 000 km statki mogą kursować, na długości zaś 133 000 km rzeki te zdadne są do spławu (tratwy), co razem czyni 177 000 km, lecz jest to długość kilkakrotnie większa niż dróg wodnych w Europie zachodniej. W Rosyi azjatyckiej po rzekach na długości 47 330 km kursują statki, do spławu może być użytych 36 858 km, razem 114 441 km; a że długość ogólną rzek oceniają tam na 670 000 km, przeto nieco więcej niż 1/5 część do żeglugi zużytkowano.

Rzeki Państwa Rosyjskiego z bardzo małymi wyjątkami znajdują się w stanie pierwotnym, przedstawiając olbrzymi kapitał martwy, który tylko przez regulację tych rzek dały się ożywić; lecz niezależnie od przeszkód, dla których usunięcia nic zgoła nie zrobiono, ruch towarowy na wodach z roku na rok wzrasta, przez co zwiększa się również liczba parowców i żaglowców.

W r. 1884 po rzekach Rosyi europejskiej pływało 1246 parowców o mocy ogólnej 72 105 k. p., w r. 1890 liczba parowców była 1824 o mocy 103 206 k. p., wreszcie w r. 1895 liczba ta wzrosła do 2539 parowców o mocy 129 759 k. p. W okresie 1896 — 1904 r. na jeziora i rzeki Rosyi europejskiej puszczono 1258 parowców nowych.

Flota żaglowa w r. 1895 wynosiła w całym Państwie Rosyjskiem 20 580 statków, w okresie zaś 1896 — 1904 r. zwiększyła się do 49 945.

Nośność wszystkich statków wogóle (parowców i żaglowców) jest znaczna, lecz w każdym razie mniejsza niż zdolność przewożenia dróg żelaznych. Np. w r. 1900 na statkach towarów przewieziono 33 234 000 t, w r. 1903 ilość ta dosięgła 34 938 000 t; w r. 1900 na drogach żelaznych przewieziono 66 175 000 t, a w r. 1903 ilość ta wzrosła do 70 434 000 t.

Te ilości dałyby się wielokrotnie zwiększyć przez uszlusowanie rzek i połączenie ich kanałami, przez co rozwój handlu i przemysłu i z tego wynikający dobrobyt ogólny wzmógłby się znacznie, lecz jakaś niechęć ogólna, obojętność ze strony sfer wyższych i brak jakoby środków na cel tak poważny, staje temu na przeszkodzie.

Gdyby nie ta okoliczność, na połączenie kanałami większe widoki powodzenia mają wielkie rzeki syberyjskie.

(Z. d. V. d. E. № 40 r. b., str. 650).

—sk—

Stowarzyszenie wynalazców. Grono osób ze sfery przemysłowej zamierza założyć w Moskwie towarzystwo mające na celu: 1) przychodzić wynalazcom z pomocą naukową, moralną i materialną; 2) ułatwiać wykonanie i zastosowanie pomysłów do potrzeb techniki, przemysłu i t. p., oraz wypróbowanie i uzyskanie patentów w kraju i zagranicą, ochranianie przed naśladownictwem, wyrabianie modeli i wzorów, urządzenie wystaw i t. p.; 3) wprowadzenie pomysłów w życie i wyzyskanie ich praktyczne.

Osoby pragnące zapisać się na członków stowarzyszenia powinny zgłaszać pod adresem: Moskwa, Miasnickaja, Kriwokolejnyj pereulok № 8. Od liczby zgłaszających się zależeć będzie urzeczywistnienie tego zamiaru.

—sk—

Obecność złota i srebra w namułach głębin morskich. L. Wagoner, badający niegdyś namuły wydobyte z dna morskiego w pobliżu San Francisco na zawartość złota i srebra, dokonał poszukiwań w innych miejscowościach zapomocą próbek zaczerpniętych z głębin morskich. Próba chwycona na głębokości 1091 sążni dostarczyła 0,145 g złota i 1,014 g srebra z 1 t namułu; próba zaś wydobyta z głębokości 667 sążni wykazała 0,267 g złota i 1,963 g srebra z 1 t.

Cztery próby pozostałe są mniej zasobne w metale szlachetne, lecz opierając się na spostrzeżeniach Wagonera mniema, że na wielkich głębokościach bogactwa oceanu Atlantyckiego są większe niż u brzegów.

—sk—

Wytwórczość i spożycie węgla kamiennego na ziemi wyrażona w milionach t w okresie od r. 1900—1906 wynosi (na r. 1907 danych jeszcze nie posiadamy):

1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906
766,8	790,4	805,1	872,8	887,0	928,1	990,5

W r. 1906 państwa oddzielne wydobły (w milionach t):

Stany Zjednoczone . . .	375,4	Australia	10,2
Anglia	251,1	Kanada	9,9
Niemcy	193,5	Indye	8,9
Austro-Węgry	40,9	Afryka	3,9
Francya	34,3	Hiszpania	3,3
Belgia	23,6	Włochy	0,3
Rosya	17,0	Szwecya	0,27
Japonia	12,5	Państwa inne	5,5

Wytwórczość Niemiec, Austro-Węgier i Hiszpanii obejmuje również węgiel brunatny.

—sk—

Budowa dr. żel. na Mont Blanc. Inżynierowie francuscy, którym powierzono budowę drogi na Mont Blanc, ułożyli już tor do miejscowości Lachat (2275 m), a skoro na tej działce urządzią stacje, oddadzą ją do użytku. Stacje następne będą: Rognes 2644 m, Tête Rousse (3429 m), Aiguille du Gouter (3900 m) i Dame du Gouter (4043 m). Do wysokości 2672 m, t. j. więcej niż na połowie całej linii, droga będzie odkryta, z widokami na lodowce, pole śnieżne i przepaście, stąd aż do wysokości 3865 m linia przebiegać będzie po przybrzeżu u stóp stoku góry, wreszcie działka ostatnia aż do szczytu, t. j. do wysokości 4840 m, pójdzie tunelem. Tę działkę z powodu trudności technicznych nie prędko wykończą, lecz tymczasowo od Aiguille du Gouter aż do szczytu urządzią drogę pieszą, co pozwoli przedzającym odbywanie podróży na saniach lub też piechotą, bez narażania się i bez nadmiernego utrudzenia.

Droga żel. na Mont Blanc będzie o popędzie elektrycznym, zębata systemu Strub'a, który jest już w Szwajcaryi na drogach żel. górskich (np. na Jungfrau i t. d.) niejednokrotnie zastosowany i okazał się dobrym. Elektryczność w razie odmowy zastąpią silne parowozowy.

Spadki najprzykrzejsze wyniosą 1:5; prędkość: 5 — 8 km na godz. Na stacjach przechowywane będą zbiorniki tlenu do usuwania dolegliwości wynikających z choroby górskiej. Dziennie ma być pociągów 12; bilet powrotny ma kosztować 40 fr.

Do Aiguille du Gouter koszt budowy obliczono na 125 milion. franków, działkę zaś najwyższą na 50 milion. fr.

—sk—

Przewiercenie Splügen. W Szwajcaryi powzięto myśl przewiercenia Alp Graubündenskich: jedni zalecają kierunek przez Splügen, inni natomiast przez Greine. Kierunek pierwszy ma widoki powodzenia: w Graubünden jest to mniemanie powszechne i nawet rząd kantonalny na ten cel przeznacza 4—5 milionów fr.; uchwała ostateczna wkrótce nastąpi.

Przez zbudowanie tej drogi łączona zostanie Austria zachodnia z południowo-zachodnimi częściami Państwa Niemieckiego z jednej a z portem Genueskim z drugiej strony.

—sk—