№ 23. Warszawa, dnia 5 Czerwca 1923 r. Tom LX.

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

REDAKTOR Inżynier-technolog CZESŁAW MIKULSKI.

Sposoby wyrażania równowagi sił i określania jej rodzajów[1]).

Podał H. Czopowski, prof.

Posiadamy dwa zasadnicze sposoby wyrażania równowagi sił. Jeden z nich, który nazwać można statycznym, opiera się na pojmowaniu równowagi jako stanu istniejącego i nie ujmuje zjawiska tego poza granice równowagi; drugi który nazwać można energietycznym, wyprowadza warunki równowagi z właściwości ruchu punktów, do których przyłożone są siły ruchu, jaki powstać może, niezależnie od działania sił i stosuje pojęcie pracy.

Sposób statyczny oparty jest na prawie równoległoboku sił i równowadze momentów. Jeżeli na dany punkt swobodny działa pewien układ sił, to siły te będą w równowadze, gdy suma ich wektorowa będzie równa zeru, t. j. gdy wielobok zbudowany z wektorów tych sił się zamknie; wtedy bowiem wypadkowa równać się będzie zeru. Warunek ten jest w tym razie konieczny i wystarczający dla wyrażenia równowagi. Jeżeli zaś dany punkt jest nieswobodny, to czynimy go swobodnym przez usunięcie przeszkód, które tamują jego ruch i przez zastąpienie tych przeszkód siłami, które pochodzą od tych przeszkód; otrzymujemy wtedy punkt swobodny i dla wyrażenia równowagi wszystkich sił zastosujemy prawidło poprzednie.

Inaczej przedstawia się sprawa wyrażania równowagi, gdy siły działają na pewien układ punktów, połączonych z sobą sztywno, t. j. gdy działają na pewną bryłę. Dla wyrażenia równowagi sprowadzimy to zadanie do poprzedniego i w tym celu wyobrazimy sobie dany układ, złożony z poszczególnych punktów, do których wyobrazimy sobie przyłożone siły połączeń, jakie występują pomiędzy rozpatrywanym punktem a pozostałymi punktami, t. j. w myśl poprzedniego wypowiedzenia się, uczynimy punkty danego układu swobodnymi; jeżeli bryła ma pozostawać w spoczynku pod działaniem danych sił, to każdy jej punkt powinien pozostawać również w spoczynku; a dla wyrażenia równowagi sił, przyłożonych do każdego punktu, zastosujemy prawidło poprzednie: że suma wektorowa sił (w danym razie sił zewnętrznych łącznie z siłami połączeń), działających na dany punkt, powinna być równa zeru. W równania te jednakże wchodzi cały zbiór połączeń, które są nieznane; należy więc wyrugować je z naszego rachunku; w tym celu dodamy wszystkie te równania (t. j. sumy sił przyrównane do zera), a zważywszy, że siły połączeń, występujące pomiędzy każdymi dwoma punktami, na zasadzie prawa wzajemnego działania są sobie równe, otrzymamy, że w tej sumie siły połączeń się zniosą i pozostaną tylko siły zewnętrzne, których suma będzie równa zeru; a więc warunkiem równowagi sił, przyłożonych do pewnej bryły, jest warunek ażeby suma wektorowa tych sił równa była zeru; warunek ten jest konieczny, lecz nie wystarczający; może być bowiem taki układ sił, którego suma sił równać się będzie zeru, a siły te jednakże wywołają ruch, t. j. nie będą w równowadze; takim układem jest para sił, która wywołuje obrót bryły, do której jest przyłożona, pomimo że wypadkowa jej równa się zeru. Należy przeto zabezpieczyć się jeszcze od działania pary sił; do tego zastosujemy sposób momentów, wyrażający, że suma momentów wszystkich sił, działających na daną bryłę, powinna być równa zeru. Siły przeto, działające na pewną bryłę, będą w równowadze jeżeli spełnione będą *jednocześnie* dwa warunki, t. j. dwa równania wektorowe, z których jedno wyraża:

1) że suma sił równa się zeru, drugie zaś,

2) że suma ich momentów względem dowolnie obranego bieguna równa się zeru.

Równania te należy przedstawić sobie w postaci dwóch wieloboków, których boki będą w pierwszym przypadku wektorami sił, w drugim — wektorami momentów. Analitycznie wyrazimy te równania, skorzystawszy z właściwości geometrycznych wieloboków zamkniętych: że suma algebraiczna rzutów wieloboku zamkniętego na trzy dowolne osi w przestrzeni (byle nie równoległe do jednej płaszczyzny) jest równa zeru dla każdej osi z osobna; w ten sposób otrzymamy dla dwóch wieloboków sześć równań równowagi, i sześć przeto niewiadomych (lecz tylko sześć) możemy obliczyć z równań równowagi.

Jeżeli zaś układ punktów i sił jest w przestrzeni dwuwymiarowej, otrzymamy tylko trzy takie równania, pozostałe bowiem trzy staną się tożsamościowo zerami.

Jeżeli bryła, na którą działają siły, jest nieswobodna w swym ruchu, co najczęściej spotykamy w technice, to zastąpimy przeszkody, ograniczające jej ruch, siłami odporowemi, pochodzącemi od tych ograniczeń, i zastosujemy powyższe prawidło. Tak się przedstawia sformułowanie prawideł równowagi sił metodą statyczną.

Sposób pracy wirtualnej. W celu przedstawienia sposobu, opartego na zasadzie pracy, a który nazwaliśmy energietycznym, wyobraźmy sobie pewien układ punktów, które są z sobą w ten sposób połączone, że ruch jednego punktu wywołuje ruchy innych punktów tegoż układu. Najprostszym przykładem takich układów jest każda bryła sztywna, jak również każdy mechanizm, złożony z kółek, przekładni i t. p. w jakiś sposób z sobą połączonych; również takim układem mogą być np. węzły każdej kratownicy sprężystej, lub też każdy punkt bryły sprężystej. Narazie nie zajmujemy się sposobem połączeń punktów, lecz tylko ich przesunięciami.

Układ przeto takich punktów tem się charakteryzuje, że w danej chwili punkty jego posiadają pewien *zespół* przesunięć, które wyobrażamy sobie nieskończenie małemi, lub inaczej — zespół prędkości. Zespoły takie nazwano przesunięciami lub inaczej prędkościami wirtualnemi.

Przesunięcia te czynimy nieskończenie małemi z tego powodu, że będą służyły one do wyrażenia równowagi takiego układu sił, jaki w danem położeniu istnieje; nadając bowiem tym przesunięciom wielkości nieskończenie małe, nie zmieniamy przez to postaci układu; obierając zaś je skończonemi, układ mógłby się przez to zmienić [2]) i gdy np. w pierwotnem położeniu układu panowała równowaga, w drugiem jego położeniu mogłoby już jej nie być.

Dany układ punktów wogóle może mieć nieskończenie wiele takich zespołów: ze zmianą bowiem wielkości i kierunku przesunięcia jednego z punktów, zmieniać się mogą kierunki i wielkości przesunięć innych punktów. Lecz zespoły te nie zawsze są od siebie niezależne; mogą być bowiem takie warunki mechanizmu, że gdy wykonamy pewną ilość przesunięć, to wszystkie inne dadzą się obliczyć z tych przesunięć, t. j. będą zależne od pewnych innych niezależnych

[1]) Wykład wygłoszony na „Kursach dla Inżynierów" w W. T. P w lutym 1923 r.

[2]) Ściślej się wyrażając, mówimy: przez przesunięcie nieskończenie małe zmieniamy dany układ sił, lecz o wielkości nieskończenie małe wyższych rzędów, które możemy przy przejściu do granic pominąć, wobec wielkości niższych rzędów.

zespołów; rozróżniać przeto należy zespoły przesunięć niezależne i zespoły zależne.

Weźmy pod uwagę np. bryłę swobodną i obróćmy ją około dowolnej osi w przestrzeni, otrzymamy wtedy ściśle określony zespół przesunięć; osi takich możemy następnie obrać nieskończenie wiele (przyjęliśmy bowiem, że bryła jest swobodna), a więc otrzymamy nieskończenie wiele zespołów przesunięć. Kinematyka jedakże nas uczy, że jeżeli obrócimy taką bryłę około sześciu osi, to obrót około siódmej i następnych, da się wogóle obliczyć z tych sześciu obrotów, a więc bryła swobodna posiada tylko sześć zespołów przesunięć niezależnych. Jeżeli zaś bryła jest np. umocowana do pewnej osi, to posiada tylko jeden zespół wirtualnych przesunięć.

Zespół przesunięć wirtualnych jest jednym z obrazów podstawowych pojęć omawianej zasady, na którym oprzemy następne rozumowanie.

Drugim obrazem, niezależnym od poprzedniego, jest układ sił, przyczepionych do tych punktów i razem z niemi się poruszających; siły te należy zresztą wyobrazić sobie niezależnemi od tych przesunięć, jak również te przesunięcia nie należy wogóle uzależniać od działania siły; są to dwa obrazy przesunięć i sił od siebie niezależne.

Z wielkości przesunięć i sił zestawimy następnie pewną wielkość, która odgrywa podstawową rolę w danej zasadzie; jest to iloczyn z siły i z rzutu przesunięcia punktu jej przyłożenia na kierunek tej siły. Iloczyn ten nazywano początkowo *momentem wirtualnym* danej siły, następnie pod wpływem pojęć energietycznych, nazwano go *pracą siły* wzdłuż tego przesunięcia; wartość jego bowiem jest w stałym stosunku do wszystkich innych energji fizycznych. Jeżeli przeto literą P_k oznaczymy wartość pewnej siły i przez δp_k rzut nieskończenie małego przesunięcia jej punktu przyłożenia na kierunek tej siły, to momentem wirtualnym — inaczej pracą wirtualną—danej siły nazwiemy iloczyn $P_k\, \delta p_k$.

Warunek równowagi wyrazimy teraz w następujący sposób: siły, przyłożone do punktów pewnego układu punktów, będą wtedy w równowadze, gdy suma ich prac wirtualnych równać się będzie zeru, t. j. gdy

$$\Sigma(P_k \,.\, \delta p_k) = 0;$$

dla każdego zespołu przesunięć, jakie tylko możemy wykonać, z zastrzeżeniem, że w tym mechanizmie podczas tego przesunięcia nie powstaje tarcie.

Z tego wynika, że jeżeli zespołów przesunięć możemy wykonać nieskończenie wiele, to i równań równowagi dla danego układu sił możemy napisać nieskończenie wiele. Tak jest: równań takich możemy napisać niezliczoną ilość i wszystkie one będą słuszne, lecz nie wszystkie będą służyły do obliczeń niewiadomych, będą one od siebie zależne; przydatnych zaś do obliczeń będzie tylko tyle równań, ile będzie w danym układzie niezależnych zespołów przesunięć; pozostałe zaś równania będą tylko powtórzeniem tych równań i nie wniosą one nowych warunków.

Jako przykład, ilustrujący postępowanie rachunkowe, oprócz wszelkiego rodzaju mechanizmów, można przytoczyć obliczenie np. ugięcia węzłów kratownicy sprężystej, wywoływanych działaniem pewnego obciążenia Q. W celu tego obliczenia wyobrazimy sobie pomocniczą siłę P, przyłożoną do węzła, którego chcemy obliczyć przesunięcie w kierunku tej siły, jakie on otrzyma pod działaniem danego obciążenia Q. Siła P wywoła w prętach pewne natężenia P', które możemy uważać za siły, działające na każdy węzeł; otrzymujemy wtedy siłę P łącznie z siłami P' jako układ sił (są to siły P_k ogólnego wzoru) oraz zespół przesunięć punktów ich przyłożenia, pochodzących z odkształcenia się kratownicy; w myśl zasady pracy wirtualnej stan równowagi wyrazi się sumą iloczynów z siły P i z sił P' i z rzutów przesunięć ich punktów przyłożenia na kierunki tych sił, przyrównaną do zera; zespół rzutów przysunięć δp_k obliczymy w danym razie z wydłużeń sprężystych prętów wywołanych obciążeniem Q; w równaniu tej pracy będzie jedna niewiadoma, mianowicie rzut przesunięcia punktu przyłożenia pomocniczej siły P, wywołanego obciążeniem Q; w tym więc przykładzie jasno się uwydatnia niezależność zespołu przesunięć które są wywołane warunkami niezależnymi od sił P i P'. Metoda ta pozwala również na obliczenie naprężeń prętów t. zw. nadliczbowych, czego nie można osiągnąć metodą równań statycznych.

Równowaga układu zmiennego. W poprzednich rozpatrywaniach przyjmowaliśmy, że dany jest układ punktów niezmienny, na który działają pewne siły i szukaliśmy warunków, jakim te siły powinny odpowiadać, ażeby pozostawały w równowadze. Posiadamy jednakże inną grupę zadań na równowagę, w których dane są siły, działające na układ punktów a układ jest geometrycznie zmienny; należy w tym razie znaleźć takie położenie tego układu, w którem dane siły pozostawałyby w równowadze. Prostym przykładem tych badań może być czworobok przegubowy, zawieszony dwoma węzłami w płaszczyźnie pionowej, gdy do drugich dwóch węzłów przyczepione są ciężary; — układ ten jest geometrycznie zmienny; pod działaniem danych ciężarów przyjmie on jednakże pewne ściśle określone położenie; zadanie polega na obliczeniu np. kąta α, jaki tworzy jeden z jego boków z poziomem; kąt ten bowiem ściśle wyznacza położenie danego czworoboku. Na tak postawione zadanie, Toricelli (r. 1644), opierając się na pracach Galileusza (r. 1638), dał odpowiedź, że wogóle układ taki przybierze postać, przy której środek ciężkości danych ciężarów zajmie najniższe położenie ze wszystkich możliwych położeń. W pojęciu pracy wypowiemy to twierdzenie tak: położenie równowagi będzie takie, w którem siły ciężkości wykonają największą pracę, na jaką pozwoli dany układ. Przez to wypowiedzenie została rzuconą zasada odmienna od poprzednich, — zasada bardziej ogólna, filozoficzna; odnosi się ona bowiem wogóle do układów brył, będących pod działaniem nietylko sił ciężkości, lecz wogóle pod działaniem dowolnych sił. Zasada ta posiada w sobie dużo elementu naocznego,—animistycznego; chciał też jej twórca zastosować ją wogóle do zjawisk fizycznych. Cóż bowiem jest prostszego od pomyślenia w przypadku np. układu brył ciężkich, że w razie równowagi środek ich ciężkości przyjmie położenie najniższe, jakie tylko w danych warunkach fizycznych przyjąć może.

W danym przykładzie, szukając położenia równowagi, przyjęliśmy, że na dany układ działają siły ciężkości; zadanie to jednakże może być uogólnione przez postawienie pytania: jakie położenie przyjmie dany układ zmienny, gdy działać na niego będą siły dowolne. Opierając się na poprzedniem rozważaniu postawimy pytanie, czy istnieje jaka funkcja danych sił, któraby w razie ich równowagi przyjęła pewne szczególne wartości, jak to się dzieje z funkcją, wyrażającą pracę sił ciężkości, przyłożonych do danego układu.

Funkcja taka w tym ogólnym przypadku będzie również wyrazem pracy sił, działających na dany układ; gdy przyjmiemy, że te siły przesunęły się z danym układem z pewnego początkowego położenia do danego położenia; wyraz tej pracy nazywa się funkcją danych sił w danem ich położeniu i może być uważany jako miara nagromadzonej pracy w tym układzie; wartość tej pracy oznaczymy literą L. Jeżeli pracę tę wyrazimy spółrzędnemi położenia danego układu, to wartość jej będzie wogóle zmienną, zależną od tego położenia, a warunek równowagi wyrazimy w ten sposób: położenie równowagi będzie takie, przy którem wartość L pracy sił będzie największą lub najmniejszą; a ogólniej wyrażając się powiemy: gdy różniczka pracy względem zmiennej niezależnej, określającej położenie danego układu (w przykładzie z czworobokiem jest nią kąt α) — będzie równa zeru.

Zasada najmniejszej lub największej pracy, chociaż ma pozory niezależności w stosunku do poprzednio wyłożonych sposobów wyrażenia równowagi, jest jednakże wyrazem zasady pracy wirtualnej, sformułowanej matematycznie przez Lagrange'a (r. 1788); wyraz bowiem pracy wirtualnej $\Sigma\,(P_k \,.\, \delta p_k) = 0$ jest różniczką funkcji sił, czyli jest jej największą lub najmniejszą wartością.

Zastosowaniu pojęć o max. lub minimach dla wyrażenia równowagi dał początek Maupertuis (r. 1744), oparłszy je na pewnych już dawniej zauważonych właściwościach przebiegu pewnych zjawisk. Maupertuis jednakże nadał temu sposobowi charakter metafizyczny i teologiczny, głosząc, że natura postępuje celowo i załatwia swe sprawy środkami najprostszemi; miała to więc być zasada, według jego mniemania, podług której odbywają się wszystkie zjawiska w otaczającym nas świecie. Zasada ta, w ten sposób pojęta, choć nie sprawdza się w przebiegu wielu zjawisk, stała się pomimo to pobudką do obliczania różnych funkcji, których wartości byłyby max. lub minimum dla rzeczywistych przebiegów zjawisk. W ten sposób powstała zasada najmniejszego działania, najmniejszego oporu, równanie Hamiltona i inne. Zasadzie jednakże Maupertuis, w ten sposób pojętej, zaprzecza między innemi ten fakt, że w przypadku równowagi nie zawsze wartość pracy jest max. lub min.; następnie, zasada ta nie powiada wogóle jaka wielkość ma być max. lub min. i nie powiada czy to ma być max. czy min. (d. n.)

CHOROBY KESONOWE I ZAPOBIEGANIE IM.

Podał inż. **Ignacy Ciszewski.**

Autor pracy niniejszej, prowadząc w ciągu wielu lat budowę wielkich mostów kolej. (na rzekach Wołdze i Buzanie), wyróżniających się nietylko wielką rozpiętością, ale i niezwykłą głębokością zapuszczania kesonów (a więc i wielkim ciśnieniem sprężonego w nich powietrza), podjął szczegółowe badania zdarzających się w tych warunkach częstych zasłabnięć, t. zw. *kesonowych*.

Są to mało zbadane objawy, z któremi spotyka się przytem nie lekarz, lecz przeważnie inżynier, będąc nieustannie na robotach i mając za zadanie najlepsze wykorzystanie tego żywego mechanizmu, jakim jest człowiek.

Dlatego też, jakkolwiek w pracy tej spotkamy niejednokrotnie rzeczy, wchodzące napozór w zakres raczej medycyny, jednakże będą to te kwestje, które znać powinien inżynier, zajmujący się robotami kesonowemi, szczególnie w razie wielkich głębokości zapuszczania kesonów. (*Przyp. Red.*)

Badania swoje nad udoskonaleniem sposobów usunięcia chorób kesonowych, rozpocząłem od czasu budowy mostu na rzece Buzanie pod Astrachaniem w Rosji, pierwszym w Europie pod względem głębokości zapuszczenia kesonów i pierwszym w świecie pod względem głębokości rzeki, do której kesony były zapuszczone. Głębokość zapuszczenia kesonu sięgała 30 *m*, głębokość średniego poziomu wody—20 *m*. Owa głębokość zapuszczania wymagała 3 atmosfer ponad ciśnienie powietrza, znaczna zaś głębokość wody wymagała dodatkowego podwyższenia ciśnienia dla podtrzymania ciężaru kesonu podczas pracy w nim, w rezultacie, rzeczywiste ciśnienie w kesonie było doprowadzone do 53 funtów na cal kwadratowy, co odpowiada $3^1/_2$ atmosferom ciśnienia ponad atmosferę normalną. Niestosowane nigdy przedtem przy robotach kesonowych ciśnienie wywołało znaczną ilość zasłabnięć, nie wyłączając śmiertelnych. Zająłem się więc energicznie badaniem istniejących środków zaradczych i rozpocząłem walkę w literaturze rosyjskiej o włączanie do wszystkich kontraktów mostowych obowiązku stosowania udoskonalonych sposobów zwalczania chorób kesonowych.

Począwszy od mostu buzańskiego, sposoby te doskonaliłem na mostach następnych, a mianowicie: na moście na Wołdze pod Kazaniem i na moście, na tejże rzece, pod Symbirskiem. Budową tych mostów, wraz z linjami dojazdowemi, kierowałem w roli głównego inżyniera.

Na ostatnim moście środki zaradcze przeciw chorobom kesonowym doprowadziłem, jak mi się zdaje, do możliwej doskonałości.

Istniejące teorje chorób kesonowych.

Na zjawiska patologiczne przy zastosowaniu powietrza sprężonego pierwszy zwrócił uwagę doktor Hamel w r. 1820, potem Colladon, Junod, Triger i inni, którzy jednakże klasyfikowali je, jako choroby reumatyczne.

Najgłówniejszym badaczom, Pohl'owi i Watele'mu zawdzięczamy odkrycie faktu, iż nie samo przebywanie organizmu w powietrzu sprężonem, lecz wyjście z niego wywiera wpływ szkodliwy dla organizmu.

Badacze ci opracowali teorję mechaniczną, która głosi, iż powietrze kesonowe ściska jakoby naczynia krwionośne powierzchni ciała i wpędza mechanicznie krew w organy, położone w głębi, wywołując ich przekrwienie.

Przekrwienie to, niewidoczne podczas bytności w kesonie, wywołuje zjawiska chorobliwe przy powrocie do ciśnienia normalnego przy wyjściu.

Teorja ta dopuszcza możliwość ściskania organów zewnętrznych bez ściskania organów wewnętrznych i na tem polega jej bezpodstawność.

W roku 1868 zjawiła się teorja „przeziębienia“, zgodnie z którą wszystkie bóle mięśni były klasyfikowane, jako reumatyczne, pochodzące przeważnie z przeziębienia i utraty ciepła przy wyszluzowaniu.

Jaminet podkreśla przedewszystkiem wycieńczenie i twierdzi, iż zjawiska chorobliwe pochodzą z nadmiernego przepalania tkanek organizmu, t. j., że tkanki te pod wpływem sprężonego powietrza otrzymują nadmiar tlenu, po wyjściu zaś, wracając do normalnej jego ilości, zdradzają wycieńczenie. Za przyczynę wypadków śmiertelnych na budowie mostu przez rzekę Dunaj pod Czarną Wodą w roku 1891—1893 Tine uważał silne naprężenie ciała i szybką zmianę temperatury, przedewszystkiem jednakże, czad i szkodliwe gazy, wydzielające się przy paleniu świec i zapełniające komórki płuc pyłem węglowym, a także zatrucie gazami.

Nareszcie ogłoszono teorję gazów, panującą obecnie.

Teorja ta zjawiła się w rzeczywistości już przed 200 laty, kiedy Muszenbrok odkrył, iż gazy, które przenikły do krwi w ilości nienormalnej, przy szybkiem wyszluzowaniu wydzielają się w samych naczyniach krwionośnych, zatykając je i przerywając w nich obieg krwi.

Jeżeli ciśnienie powietrza, w którem znajduje się organizm, szybko obniżyć, tak aby wszystka krew nie zdążyła przejść przez płuca i gazy, rozpuszczone we krwi, nie zdążyły wydzielić się tą drogą na zewnątrz, to wydzielają się one w samych naczyniach, szczególnie w tych miejscach, gdzie krew podlega najmniejszemu ciśnieniu, mianowicie w dużych żyłowych naczyniach i w prawym przedsionku.

Skutkiem tego wydzielenia gazu powstaje albo zatrzymanie obiegu krwi przez zatkanie naczyń włoskowatych, przez które bańki gazu przechodzą z wielką trudnością, albo pęknięcie naczyń i krwotok; w stadjum mniej niebezpiecznem odrobiny gazu w różnych częściach narządu krwionośnego mieszają się mechanicznie z krwią, w której przedtem były rozpuszczone, a wskutek tego krew staje się cieczą rozszerzalną, wywołującą nabrzmienie wszystkich naczyń.

Podrażnione włókna nerwów dokoła naczyń krwionośnych reagują czasem silną gorączką, czasem nadzwyczaj ostremi bólami.

Jeżeli pewna ilość baniek gazu dostanie się do naczyń włoskowatych centralnych ośrodków nerwowych, to tam zatrzymanie obiegu krwi wywołuje natychmiast miejscowe porażenie, t. j. paraliż, lub nawet śmierć. Po zniknięciu baniek, obieg krwi wznawia się i organizm powraca do stanu względnie normalnego.

Co się tyczy charakteru gazu, wydzielającego się z krwi, to dotychczas panowało przekonanie, iż gazem tym jest tlen, tymczasem już Bert, a po nim wielu innych badaczy najdokładniejszą analizą udowodnili, iż gazem tym jest azot.

Tlen, którego działaniu przypisywano wszystkie choroby kesonowe, wpływa szkodliwie na organizm, jak trucizna, tylko przy wysokiej prężności powietrza w komorze kesonu, sama zaś choroba kesonowa, jako skutek wyszluzowania, a nie przebywania w kesonie, zawdzięcza swoje pochodzenie azotowi. O ile tlen jest mało pożądany w samym kesonie, o tyle dobrze działa on w szluzie, pomagając krwi rozpuszczać wydzielający się azot.

Byłoby bez porównania lepiej, gdyby przyczyną choroby nie był azot, który, jako trudno rozpuszczalny, jest bardzo niebezpieczny. Gdyby to był kwas węglowy i tlen, niebezpieczeństwo byłoby bez porównania mniejsze, gdyż gazy te są szybko rozpuszczalne.

Rozpatrzymy bliżej w świetle tej teorji stan organizmu w trzech okresach:

1) pracy w kesonie, 2) kompresji (sprężania) i 3) dekompresji (wyzwalania).

W *kesonie*, w powietrzu sprężonem, organizm znajduje się w swoistym stanie fizjologicznym, a mianowicie:

1) Głos zmienia swe brzmienie, wychodząc jakby przez nos i zmiana ta uwydatnia się przy podniesieniu głosu; przy rozmowie szeptem nie daje się zauważyć żadnej zmiany.

2) Chociaż słuch nie słabnie, lecz bębenek zlekka wy-