

Porównanie wzorów (146) i (147) daje, że

$$\frac{1 - \frac{\beta}{2}}{1 + \frac{\beta}{2}} = \frac{1 - \varepsilon}{1 + \varepsilon} \quad (148)$$

czyli, że wobec znanych własności stosunków geometrycznych,

$$\beta = 2\varepsilon \quad (149)$$

Rozkładamy siły  $p$  na kierunki równoległe do przekątnej kwadratu i znajdujemy naprężenia normalne do płaszczyzn tych przekątni. Otrzymamy ( $a$  oznacza tu długość boku kwadratu) dla przekątnej  $AC$  naprężenie wyciągające

$$\sigma = \frac{2ap \cdot \cos 45^\circ}{2a \cdot \cos 45^\circ} = p \quad (150)$$

a dla przekątnej  $DB$  naprężenie sciskające —  $p$ .

Taki sam stan naprężeń miałby miejsce, gdybyśmy mieli do czynienia z kwadratem  $abcd$  (rys. 103, linje punktowane), obciążonym wzdłuż boków siłami  $p$  i  $-p$  do boków tych prostokątami. W tym wypadku na podstawie wzorów (133) i (134) mielibyśmy:

$$\varepsilon = \frac{p}{E} \cdot (1 + \mu) \quad (151)$$

Stąd na podstawie równań (144) i (149) i wobec tego, że w danym razie  $\tau = p$ , mamy:

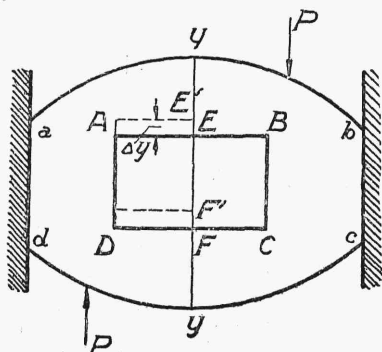
$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (152)$$

Gdy  $E$  zostało wyznaczone doświadczalnie,  $G$  można obliczyć ze wzoru (152). Przy  $\mu = 0,25$  współczynnik  $G$  równa się  $0,4 E$ . Naodwrot, znając wielkości  $E$  i  $G$  z doświadczeń, możemy ze wzoru (152) wyznaczyć liczbę  $\mu$ .

## 2. Ścinanie połączeń nitowych i drzewnych,

Wobec tego, że ściśle obliczenie naprężeń w nitach oraz w częściach połączeń drzewnych natrafia na wielkie trudności, przyjęto tu ogólnie schę-

mat obliczenia, naukowo wprowadzie niedostatecznie umotywowany, lecz wypróbowany na licznych szeregu wykonanych konstrukcyj.



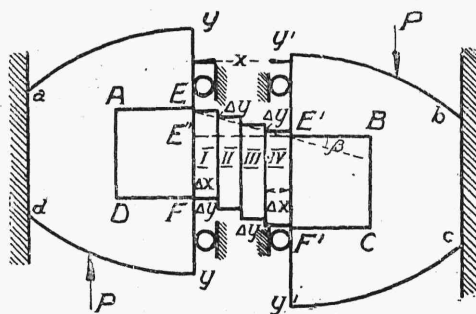
Rys. 104.

Jeżeli do uchwytów zaczepimy dwie równe co do wielkości i różne co do zwrotów siły  $P$ , wówczas ślizganie się uchwytów (bez tarcia) wzdłuż  $ad$ ,  $bc$  i  $YY$  wywołuje przesunięcie się względem siebie podług płaszczyzny  $YY$  dwóch części prostopadłościanu  $ABCD$ , rozdzielonych tą płaszczyzną (rys. 104). Przy przesuwaniu punkt  $E$  zajmie położenie  $E'$ , przyczem odległość  $EE' = \Delta y$  będzie miarą powstałego przesunięcia. Naprężenia, powstające wskutek przesunięcia w płaszczyźnie  $EF$ , uważamy za rozłożone równomiernie na tej płaszczyźnie w kierunku do niej stycznym. Po przekroczeniu przez naprężenia pewnej granicy (granicy wytrzymałości na ścinanie) prostopadłościan  $ABCD$  rozdzieli się na dwie części. Opisane zjawisko nazywamy ścinaniem w płaszczyźnie  $YY$ .

Aby przekonać się, że ścinanie może być uważane za wypadek szczególny przesuwania, należy wyobrazić sobie, że prostopadłościan  $ABCD$  został zawarty między uchwyty rozsunięte od siebie na odległość  $x$  (rys. 105), sam zaś został podzielony na wąskie paski o szerokości  $\Delta x$ . Uważamy każdy z pasków za całkowicie sztywny, nie podlegający ścisłaniu i mogący się przesuwać względem sąsiednich pasków tylko w płaszczyznach rozgraniczających paski.

Pod działaniem sił  $P$  pasek  $I$  przesuwa się względem lewego uchwytu o  $\Delta y$  w sposób analogiczny do przedstawionego na rys. 104.

W ten sam sposób przesuwa się o  $\Delta y$  pasek  $II$  względem paska  $I$ , pasek  $III$  względem paska  $II$  i t.d. Całkowite przesunięcie poszczególnych pas-

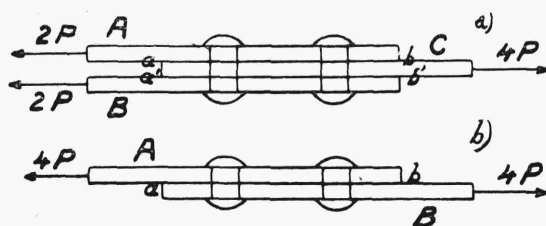


Rys. 105..

ków względem lewego uchwytu wyniesie więc odpowiednio  $\Delta y$ ,  $2\Delta y$ ,  $3\Delta y$  i t.d., zaś stosunek tych przesunięć do odległości danego paska od tego uchwytu pozostanie stale równym  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ . Przy nieskończenie małych wielkościach  $\Delta y$  i  $\Delta x$  stosunek ich ma jako granicę kąt (ściślej tangens kąta)  $EE'E''$ , który jest tu przesunięciem jednostkowym  $\beta$ .

Przy  $x=0$  dochodzimy do wypadku przedstawionego na rys. 104. Tu stosunek  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  traci swój sens matematyczny, gdyż  $\Delta y$  jest różne od zera. W związku z tem, nie możemy przy ścinaniu, rozumianem w sposób podany wyżej, korzystać z zależności (144), analogicznej do prawa Hooke'a.

Przechodząc do wypadku ścinania nitów w połączeniach blach żelaznych, zauważamy, iż w połączeniu, przedstawionem na rysunku 106a, ścinanie



Rys. 106.

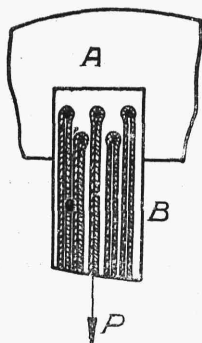
nitów w sensie opisanym wyżej odbywa się w płaszczyznach  $ab$  i  $a'b'$ . Uważając, że wszystkie nity są tu naprężone jednakowo, wyznaczamy działające w nich naprężenia styczne ze wzoru:

$$\tau = \frac{P}{A} \leq R_t \quad (153)$$

gdzie  $A$  oznacza pole przekroju nita a  $R_t$  dopuszczalne naprężenie przy ścinaniu. W danym razie każdy z dwóch nitów połączenia może być przecięty w dwóch płaszczyznach (nity dwucięte), mamy więc razem 4 możliwe przecięcia, z których na każde przypada siła  $P$ . O ilebyśmy blachę środkową odrzucili (rys. 106b), a na każdą z pozostałych blach działałyby siła  $4P$ , wówczas na każde możliwe przecięcie przypadłaby siła  $2P$  t.j. większa, niż poprzednio, a wzór (153) przekształciłby się w następujący (nity jednocięte):

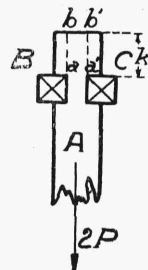
$$\tau = \frac{2P}{A} \leq R_t \quad (154)$$

Na rys. 107 przedstawiony jest sposób, w jaki siła  $P$ , zaczepiona do blachy  $B$ , zostaje poprzez blachę przeniesiona na nity. Wyobrażamy sobie, mianowicie, że każdy nit otoczony jest podwójnym włóknem wyciętym z blachy  $B$ . Taki sposób rozumienia pracy połączenia nitowego pozwala nam i przy bardziej złożonych połączeniach stosować powyższy sposób obliczenia.



Rys. 107.

W dalszym ciągu obliczamy połączenie drewnne, przedstawione na rys. 108. Tu wieszak drewniany  $A$  obciążony siłą  $2P$  wcięty jest w dwie poprzeczki poziome  $B$  i  $C$ , przyczem wystaje ponad nie na odległość  $k$ . W płaszczyznach  $ab$  i  $a'b'$  ma miejsce



Rys. 108.

ściananie wieszaka. Na każdą z tych płaszczyzn przypada siła  $P$ , wobec czego

$$\tau = \frac{P}{k \cdot d} \leq R_t \quad (155)$$

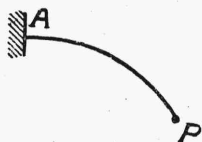
gdzie  $d$  oznacza szerokość wieszaka  $A$ .

### 3. Skręcanie prętów o przekroju kolistym.

Skręcanie występuje w konstrukcjach inżynierskich przeważnie tylko w dźwigarach zakrzywionych<sup>1)</sup> i załamanych w planie<sup>2)</sup>. Na rys. 109 i 110 przedstawione są dźwigary tego rodzaju, utwierdzone w jednym końcu i obciążone w drugim siłą  $P$ , działającą prostopadle do płaszczyzny rysunku. W konstrukcjach maszynowych mamy do czynienia ze skręcaniem przy obliczaniu wałów. Pozatem na podstawie badań doświadczalnych nad zjawiskiem skręcania, jak to wspomniano w § 1 tego rozdziału, wyznaczać możemy wielkość współczynnika  $G$ .



Rys. 109.



Rys. 110.

Skręcanie prętów o przekroju kolistym i pierścieniowym jest jednym wypadkiem skręcania, gdy przekroje poprzeczne skręcanego pręta można uważać, po odkształceniu, za płaskie t.j. gdy niema zwichrzenia przekroju. We wszystkich innych wypadkach w prętach powstają naprężenia

<sup>1)</sup> Vid. Love w tłóm. niem. „Lehrbuch der Elastizität“, 1907, str. 516.

<sup>2)</sup> Vid. pracę autora: „Sur le calcul des poutres à axe brisé“, „Memoires de la Société des Ingénieurs Civils de France“, 1927.