

przy najmniejszym napełnieniu — położenie $d_3 - e_3 - f_3$. Momenty rozpoczęcia rozprężania pary w cylindrze znajdujemy dla powyższych napełnień, wykreślając wokoło punktów d_2 , d_1 i d_3 łuki promieniami $d_2 - c$, $d_1 - c$, $d_3 - c$. Znajdujemy przez to na drodze opisywanej przez punkt c punkty 3, 7, 0, które określają położenie dźwigni $c - d$ w chwili ukończenia napełnienia średniej wielkości (punkt 3), największego (punkt 7) i najmniejszego (punkt 0).

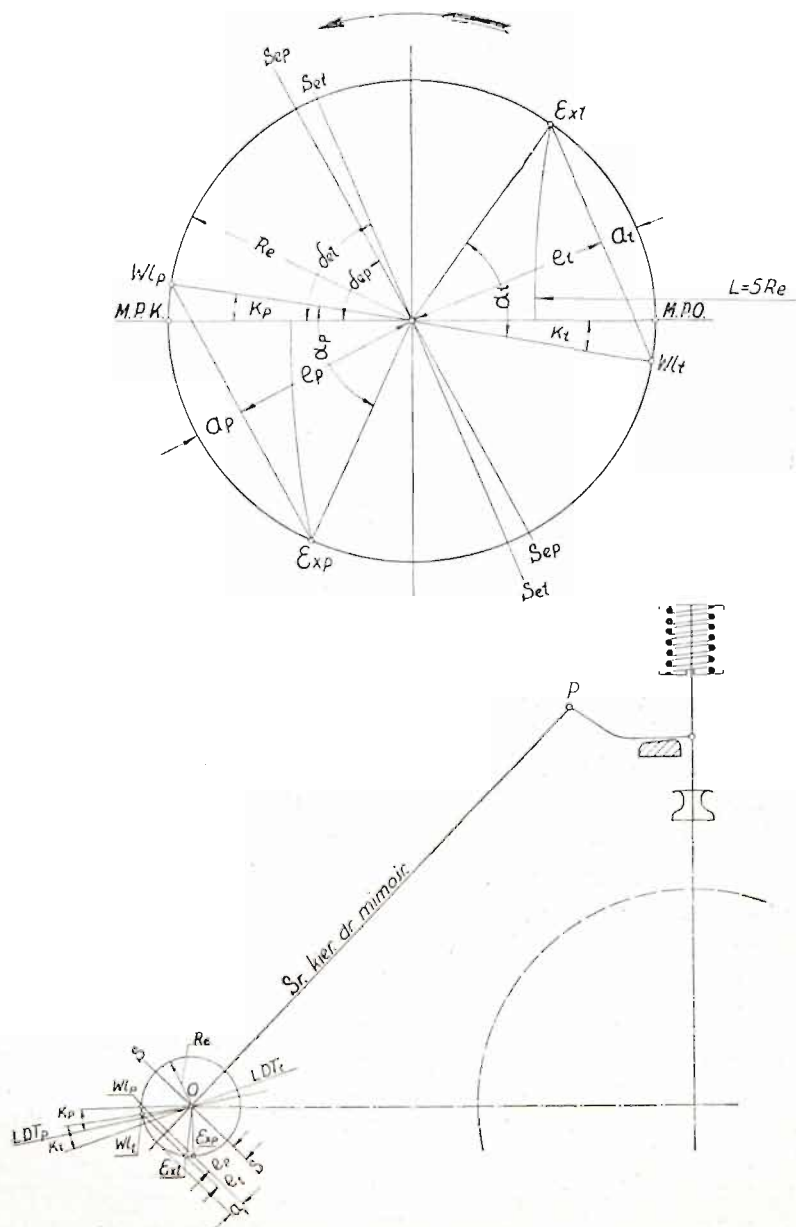
Przy projektowaniu mechanizmu dla zaworu wylotowego, trzeba oczywiście dobrać układ, który zapewnia osiągnięcie dostatecznego kąta przodowania. W tym celu wykreślamy prostopadłe do środkowego kierunku drążka mimośrod $b - a$ linję $S - S$, która daje nam kąt przodowania δ_1 . Linia łącząca punkty początku wylotu przedzwrototowego Wy i początku kompresji Co , może być równoległą do linii $S - S$, jeżeli długość $b - a$ drążka mimośrod jest duża w stosunku do mimośrodowości.

§ 48. PROJEKTOWANIE STAWIDEŁ BIEGUNOWYCH.

Najpierw obliczamy na podstawie wzoru $F \cdot c = f \cdot v$ wolne przekroje zaworu wlotowego i wylotowego. Jeżeli przyjmiemy niezmienny rozrząd pary, to zaprojektowany dla określenia wymaganej mocy silnika wykres indykatora daje nam wielkość charakterystycznych okresów rozrządu pary, mianowicie punkty Ex , Co i Wy . Na podstawie tych danych kreślimy wykresy suwakowe, osobny dla wlotu i dla wylotu. Średnicę koła suwakowego poleca się przyjąć 100 mm.

Przy projektowaniu wykresu suwakowego dla zaworu wlotowego (rys. 195), przyjmujemy jednakowe napełnienie po stronie ku — i odkorbowej, oraz kąty α_l i α_p (w granicach 7° do 12°), które nie powinny bardzo różnić się. Wykreślając łuki $L = 5 R_e$, znajdujemy na kole korby punkty Ex_l i Ex_p oraz po stronie odkorbowej przysłonięcie e_l , zaś po stronie kukorbowej przysłonięcie e_p . Celem znalezienia kątów przodowania δ_{el} po stronie odkorbowej i δ_{ep} po stronie kukorbowej, kreślimy równoległe do linii $Wl_l - Ex_l$ linję $S_{el} - S_{el}$, a równoległe do linii $Wl_p - Ex_p$ linję $S_{ep} - S_{ep}$. Z otrzymanego wykresu suwakowego wynika, że zawór wlotowy jest otwarty po stronie odkorbowej w czasie, w którym korba

maszyny przebiega kąt α_t , a po stronie kukorbowej podczas przebiegania kąta α_p . W przeciwstawieniu do stawideł suwakowych, w których wykres suwakowy daje także wielkość



Rys. 195.

odmyków kanałów sterujących, a zatem pewien pogląd na szybkość otwierania i zamykania kanałów, znajdujemy z niego w stawidłach zaworowych tylko charakterystyczne punkty rozrzędu pary, t. zw. przysłonięcia, odnoszące się tutaj tylko do mechanizmu stawidłowego, oraz kąty przodowania. Natomiast wielkość skoków zaworu zależy od rodzaju mechanizmu stawidłowego.

Na podstawie wykresu suwakowego o średnicy 100 mm projektujemy mechanizm stawidłowy (rys. 195). Odległości wału sterującego O i bieguna od osi cylindra znajdujemy konstrukcyjnie.

Stosownie do wielkości maszyny przyjmujemy mimośrodowość R_e oraz wymiary i kształt bieguna, który rysujemy dla momentu, w którym ma rozpocząć się otwieranie zaworu. Prostopadle do środkowego kierunku drążka mimośrodu $P-O$ kreślimy linię środkowego położenia mimośrodu $S-S$. Odkładając od tej linii w odpowiedniej skali przysłonięcia e_i i e_p , znajdujemy na kole mimośrodu punkty Wl i Ex dla strony od — i kukorbowej. Punkty te mogą być połączone linią prostą, ponieważ długość drążka $P-O$ jest bardzo duża w stosunku do mimośrodowości R_e . Mimośrodowość R_e przyjmuje się przeważnie tak dużą, aby wymiar a_1 w wykresie suwakowym równał się mniej więcej skokowi zaworu. Odkładając od punktów Wl kąty γ_i i γ_p , znajdujemy położenia linii drogi tłoka, mianowicie $LD T_i$ dla [strony odkorbowej i $LD T_p$ dla strony kukorbowej.

Na podstawie powyższego znajdujemy przy poszczególnych skokach maszyny podniesienia zaworu, czyli wykresy skoków zaworu dla strony od — i kukorbowej. Celem ułatwienia pracy wypośrodkowania skoków zaworu, poleca się wyciąć z tektury bieguny lub też narysować je na kalce. Po otrzymaniu prawidłowo przebiegającej krzywej skoków zaworu trzeba jeszcze sprawdzić, czy dławienie pary w czasie dopływu jej do cylindra nie przekracza dopuszczalnych granic.

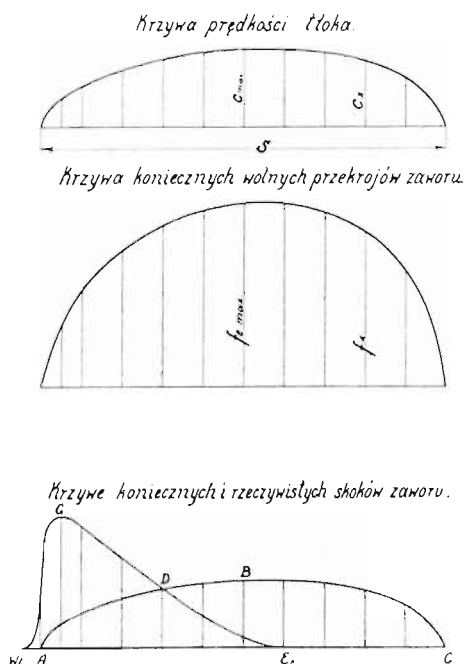
Badanie to przeprowadzamy w sposób podobny jak w stawidłach suwakowych (patrz § 35). Najpierw wykreślamy krzywą prędkości tłoka (rys. 196) i ustalamy skalę tego wykresu przez obliczenie największej prędkości tłoka:

$$c_{max} = \frac{s \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ m/sec,}$$

gdzie s oznacza skok maszyny w m , zaś n liczbę obrotów na minutę.

Następnie obliczamy największy konieczny wolny przekrój przepływowy $f_{e \max}$ przy największej prędkości tłoka ze wzoru:

$$f_{e \max} = \frac{F \cdot c_{max}}{v_{e \max}} \quad \text{cm}^2; \quad \text{---}$$



Rys. 196.

we wzorze tym oznacza: F — czynne pole tłoka w cm^2 , $v_{e \max}$ — prędkość pary w m/sec , przy której przekroczeniu rozpoczyna się w czasie napełnienia cylindra dławienie pary. Wielkość $v_{e \max}$ przyjmujemy na podstawie § 35.

Obliczoną wielkość $f_{e \max}$ rysujemy (rys. 196) jako rzędną w środku długości linii $A-C$, przedstawiającej skok maszyny s . Inne rzędne potrzebnych wolnych przekrojów obliczamy ze wzoru:

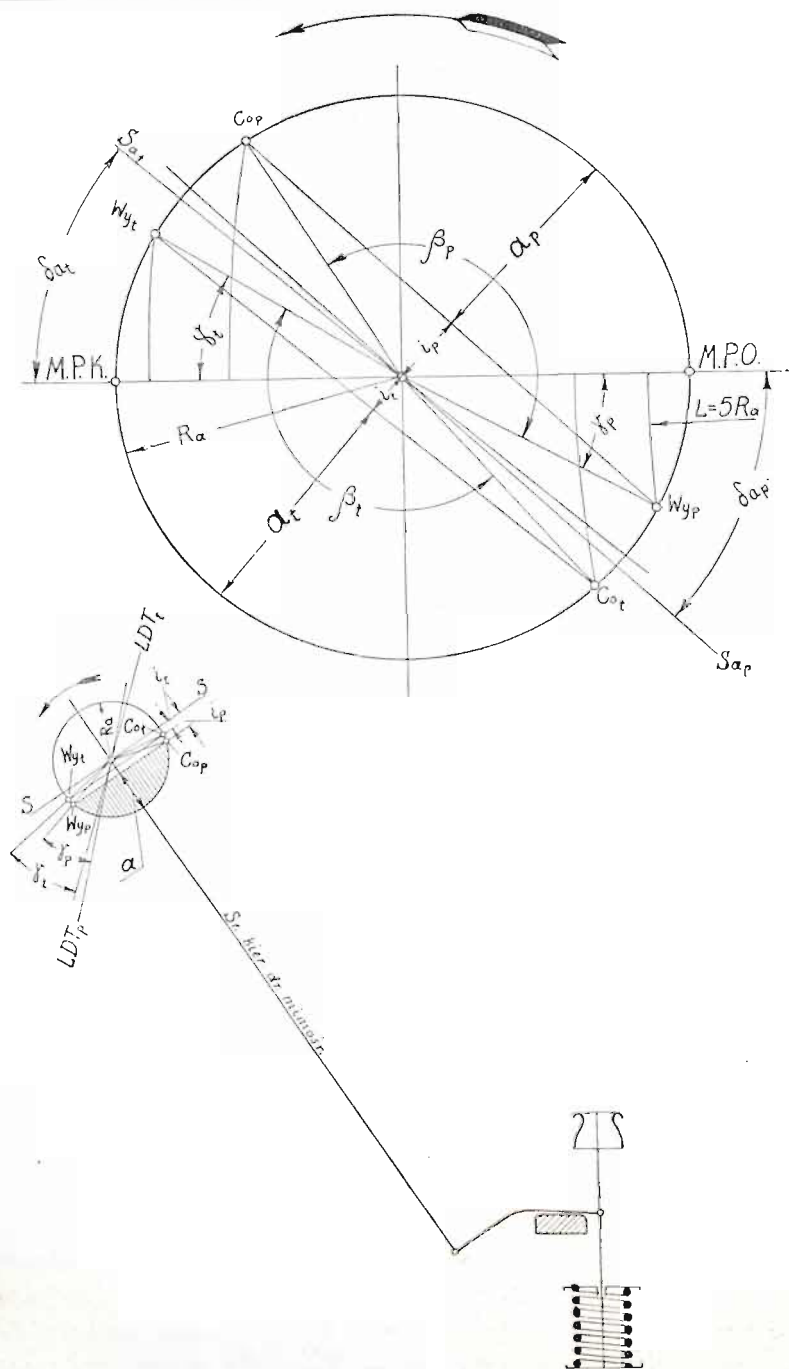
$$f_x = \frac{f_{e \max} \cdot c_x}{c_{max}},$$

w którym c_x oznacza prędkość tłoka przy rozważanym położeniu korby.

Na podstawie krzywej koniecznych wolnych przekrojów zaworu oblicza się i wykreśla krzywą koniecznych skoków zaworu $A-B-C$. Nad linią $A-C$ kreślimy teraz krzywą rzeczywistych skoków zaworu $Wl-G-Ex$. Krzywa ta przecina krzywą $A-B-C$ w punkcie D , czyli począwszy od tego punktu rozpoczyna się dławienie pary. Jeżeli długość $D-Ex$ jest zbyt duża w stosunku do całego okresu otwarcia zaworu, to trzeba zmienić mechanizm stawidłowy (czasem także mimośrodowość) i dążyć do uzyskania krótszego okresu dławienia pary.

W zupełnie analogiczny sposób projektujemy stawidło dla zaworu wylotowego (rys. 197). Najpierw kreślimy wykres suwakowy o średnicy 100 mm, przyjmując jednakową kompresję po obydwóch stronach tłoka. Z wykresu tego znajdujemy na kole korby charakterystyczne punkty rozrzędu pary Co i Wy , przysłonięcia i_t i i_p (w odniesieniu do mechanizmu), kąty przodowania δ_{at} i δ_{ap} , oraz czas otwarcia zaworu podczas przebiegania przez korbę kąta β_t lub β_p .

Na podstawie wykresu suwakowego o średnicy 100 mm projektujemy wylotowy mechanizm stawidłowy. Zwykle przyjmuje się dla zaworu wylotowego mimośrodowość R_a mniejszą od R_c . Skok zaworu wylotowego różni się bowiem naogół mało od skoku zaworu wlotowego, natomiast przysłonięcie e jest przeważnie znacznie większe od przysłonięcia i ; — wymiar a przyjmuje się przeważnie równy skokowi zaworu. Po przyjęciu mimośrodowości R_a i narysowaniu całego układu stawidłowego kreślimy prostopadle do środkowego kierunku drążka mimośrodu linię środkowego położenia $S-S$. Odkładając od ostatniej przysłonięcia i_t i i_p , znajdujemy na kole mimośrodu punkty Wy_t i Co_t oraz Wy_p i Co_p , a przez odłożenie kątów γ_t i γ_p otrzymujemy położenia linii drogi tłoka $L D T_t$ i $L D T_p$. Teraz możemy z łatwością znaleźć krzywą skoków zaworu przy różnych położeniach tłoka silnika oraz przeprowadzić badanie, czy dławienie pary nie przekracza dopuszczalnych granic w sposób podany na rys. 196 dla zaworu wlotowego. Wielkość prędkości pary w czasie wylotu $v_{a \max}$ podano również w § 35.



Rys. 197.

Chcąc przekonać się, czy przyspieszenia zaworu znajdują się w granicach dopuszczalnych, oblicza się takowe w analogiczny sposób, jaki podano w § 46 dla stawideł krzywkowych. Różnica względem ostatniego badania polegała by jedynie na tym, że tutaj znajdujemy na podstawie krzywych skoku zaworu krzywą prędkości i krzywą przyspieszeń jego. Oczywiście można także kształt bieguna wykreślić na mocy przyjętej krzywej przyspieszeń, jak podano dla stawideł krzywkowych w § 46.¹⁾

Jeżeli w wykresach rys. 195 i 197 przyjmiemy jednakową mimośrodowość R_e dla wlotu po stronie ku — i odkorbowej, oraz jednakową mimośrodowość R_a dla wylotu po obydwóch stronach, to skok zaworu wlotowego po stronie odkorbowej jest mniejszy niż po stronie kukorbowej, bo e_i jest większe od e_p ; — natomiast wylotowy zawór przedni posiada mniejszy skok, bo $i_p > i_i$. Gdyby ze względu na budowę zaworu (dławienie pary) było to niedopuszczalne, wówczas trzeba by wykonać $R_{ei} > R_{ep}$ oraz $R_{ai} < R_{ap}$. W obydwóch wypadkach każdy zawór jest okliniony pod innym kątem przodowania.

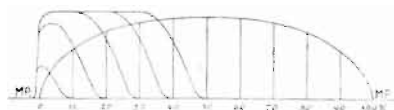
Bieguny wykonywa się ze stopu stali umożliwiającego hartowanie ich na powierzchni. Szczególną trzeba zwrócić uwagę na należyte ich smarowanie. Szerokość bieguna otrzymuje się konstrukcyjnie, aby uzyskać dostateczną długość panewek przy połączeniu bieguna z trzonem zaworu, a przy stawidłach biegunowych o dwóch stałych punktach obrotu — dostateczną długość czopów, wokoło których bieguny obracają się. Dopuszczalne ciśnienie jednostkowe w tych czopach nie powinno przekraczać 80 kg/cm^2 . Ze względu na osiągnięcie małego ścierania się biegunów pożądana jest możliwie duża ich szerokość.

§ 49. STAWIDŁA KRZYWIZNOWE.

Kształt i działanie stawideł krzywiznowych są podobne do stawideł krzywkowych. Różnią się od nich przede wszystkim tym, że krzywizna znajduje się przeważnie na dźwigni

¹⁾ Patrz artykuł inż. Holzera p. t. „Die Waelzhebel“ w Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure r. 1908, str. 2043. Skrót tego artykułu podany w Dubbel „Steuerungen der Dampfmaschinen“ r. 1913, str. 135.

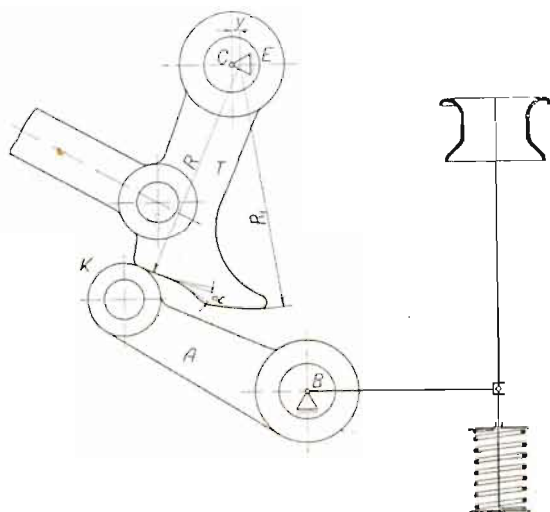
lub też na drążku, które są uruchamiane mimośrodem. Dzięki temu masa, którą sprężyna musi przyspieszyć przy zamykaniu zaworu jest znacznie mniejsza, niż w stawidłach krzywkowych. Z tej przyczyny dopuszczalne jest stosowanie większej liczby obrotów silnika (przy zaworach rurowych do 180 obr/min), oraz działanie regulatora na mechanizm.



Rys. 198.

stawidłowy jest łatwiejsze. Jeszcze jedną różnicę posiadają stawidła krzywiznowe względem krzywkowych, a mianowicie zwykle jedna i ta sama krzywizna służy do otwierania i zamykania zaworu.

Stawidła krzywiznowe mają spełniać podobny cel jak biegunowe, t. j. otwierać i zamykać zawór bez uderzeń przy

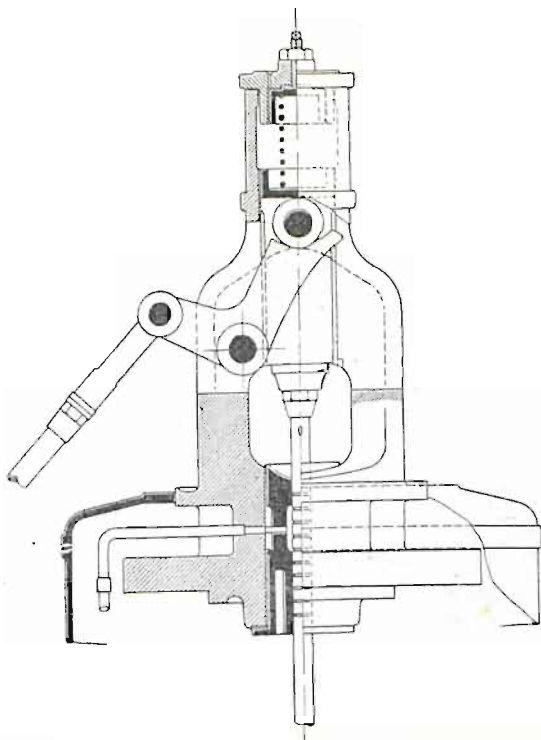


Rys. 199.

stopniowym zwiększaniu lub zmniejszaniu jego prędkości. Otwieranie i zamykanie zaworu może odbywać się szybciej, lecz oczywiście masy podlegające przyspieszeniom muszą być mniejsze. W porównaniu ze stawidłami biegunowymi stawidła krzywiznowe posiadają ważną zaletę, że skok zaworu przy

największym napełnieniu jest tylko nieznacznie większy niż przy napełnieniu normalnym (rys. 198). Skutkiem tego nie powstają tutaj tak duże naprężenia sprężyn, a długość zaworów nie potrzebuje być nadmiernie powiększona.

Oprócz wymienionych zalet stawidła krzywiznowe odznaczają się prostotą budowy, łatwością obsługi i taniością wy-

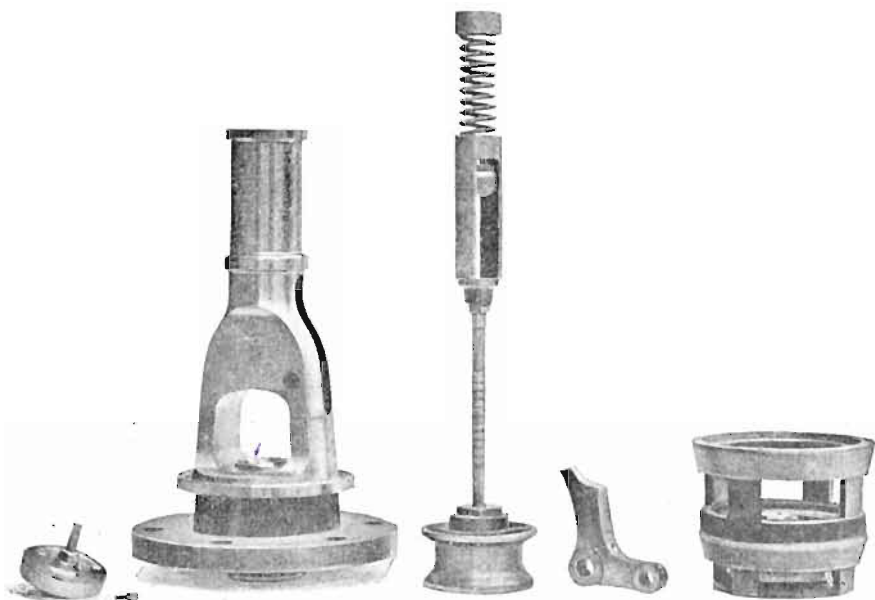


Rys. 200.

konania. Z tych przyczyn odgrywają one wśród stawideł zaworowych rolę najważniejszą.

Działanie stawidła krzywiznowego rozważmy na podstawie rys. 199. Mimośród, osadzony na wale sterującym, napędza za pomocą drążka dźwigni T , wykonywującą ruchy wahadłowe wokoło czopa C , ułożonego w nasadzie zaworowej. Na zewnętrznym obwodzie dźwigni T znajduje się krzywizna posiadająca kąt wzniesienia α . Krzywizna uruchamia przy ruchu wahadłowym dźwigni T krążek K , umocowany w dźwigni A , co widoczne z rysunku. Czop B , na którym spoczywa dźwignia A , znajduje się również w nasadzie zaworowej.

Przy ruchu dźwigni T w lewo zawór otwiera się stosownie do kształtu krzywizny, a całkowite jego otwarcie następuje wówczas, gdy początek górnego koła spoczynku krzywizny o promieniu R_1 podejdzie pod krążek K . Zamykanie zaworu odbywa się podług tej samej krzywizny przy ruchu dźwigni T w prawo, a zamknięcie zaworu uskutecznia się w chwili zetknięcia się krążka K z dolnym kołem spoczynku o promie-



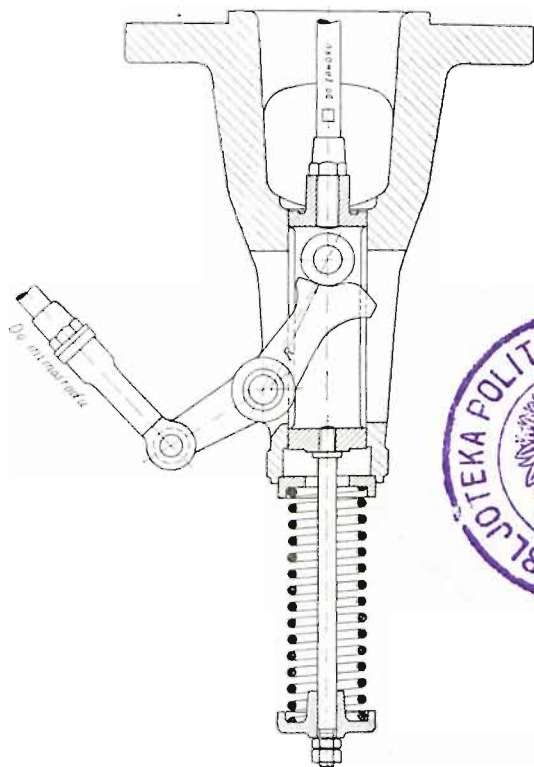
Rys. 201.

niu R . Celem osiągnięcia niezawodnego zamknięcia oraz całkowitego otwarcia zaworu, promienie R oraz R_1 są wykreślone z punktu E , oddalonego od środka czopa C o niewielką odległość y . Kształt krzywizny trzeba, podobnie jak w stawidłach krzywkowych, określić stosownie do dopuszczalnych przyspieszeń zaworu (patrz § 50); — naogół kąt α pomiędzy styczną do dolnego koła spoczynku i krzywizną powinien wynosić 18° do 35° .

Konstrukcje stawideł krzywiznowych są bardzo różnorodne; — przytoczę tylko najważniejsze z nich.

Najwięcej rozpowszechnione jest stawidło *Lentza* (rys. 200 — stawidło wlotowe). Drażek mimośrodkowy wprawia tutaj w ruch waładłowy dwuramienną dźwignię. Krzywizna,

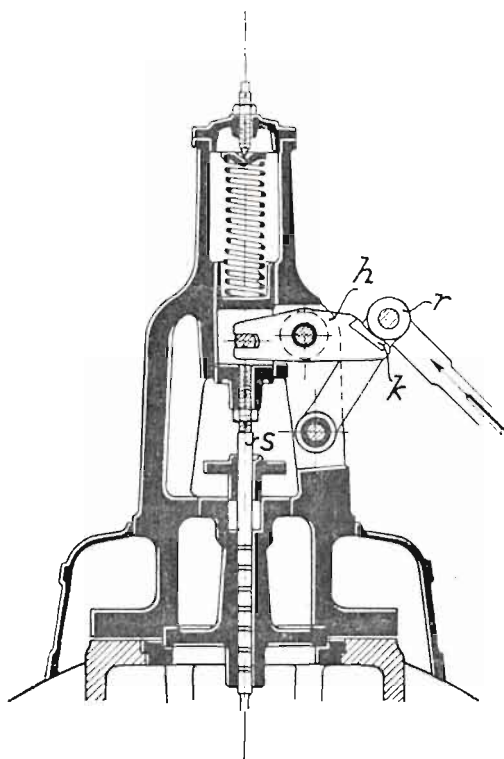
znajdująca się na końcu dźwigni, wywołuje ruchy posuwiste krążka, umocowanego w wodziku, z którym połączony jest trzon zaworu. Przy otwieraniu zaworu, tj. przy ruchu dźwigni w lewo, panuje w drążku mimośrodowym naprężenie na rozciąganie. W okresie spoczynkania zaworu na siedłach dźwigni



Rys. 202.

okręca się w prawo, tracąc styczność z krążkiem; — stosownie do największego wychylenia dźwigni w prawo trzeba zaprojektować nasadę zaworu. Zadaniem umieszczonej w nasadzie sprężyny jest wywieranie takiego nacisku, aby krążek nigdy nie odłączył się od krzywizny, tj. sprężyna musi przyspieszyć wodzik z krążkiem, trzon zaworowy i zawór. Oczywiście celem zapewnienia zamknięcia zaworu promień dolnego koła spoczynku krzywizny musi być zatoczony, podobnie jak w rys. 199, ze środka oddalonego o pewną długość od środka obrotu dźwigni.

Stawidło Lentza odznacza się wyjątkową prostotą budowy poszczególnych części, co jasno przedstawia także rys. 201. Dla konstruktora posiada jeszcze tę dogodną stronę, że dźwignia, na której znajduje się krzywizna, jest dwuramienną, skutkiem czego można zastosować przekładnię. Niektórzy zarzucają konstrukcji Lentza, że w ruchu stawidła powstają



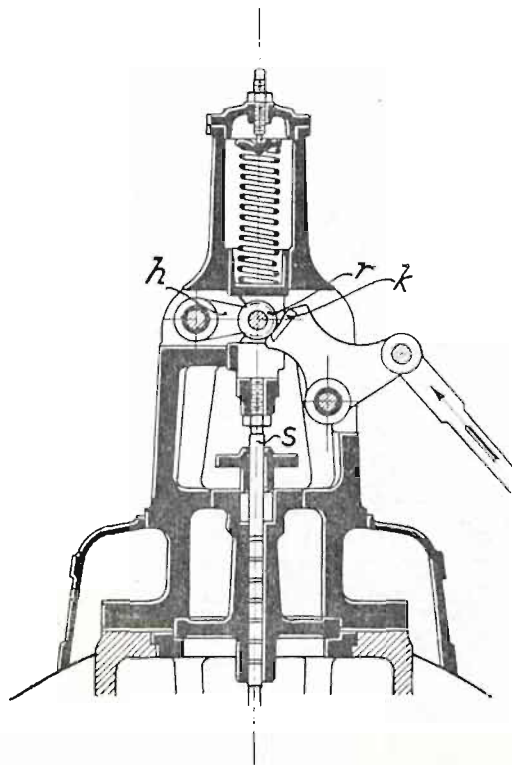
Rys. 203.

duże naciski boczne na wodzik, który z tej przyczyny musi być ciężki i powiększa w sposób niedogodny masy. W rzeczywistości siły boczne mogą być tutaj korzystnie podjęte przez prowadnicę w nasadzie zaworu, jeżeli krążek znajduje się blisko prowadnicy; — wówczas, jak to wynika też z rys. 201, nie potrzeba stosować ciężkiego wodzika.

Stawidło Lentza dla napędu zaworu wylotowego (rys. 202) jest zupełnie podobne do stawidła wlotowego. W układzie, przedstawionym na rysunku, drążek mimośrodowy jest naprężony na ściskanie. Nie powoduje to żadnych ujemnych

skutków, ponieważ masa tego drążka nie jest przyspieszana przez siłę sprężyny.

Bocznych nacisków unika stawidło Proella (rys. 203). Krążek r , umieszczony na końcu drążka mimośrodowego, a prowadzony kierownicą, działa na krzywiznę k , znajdującą się



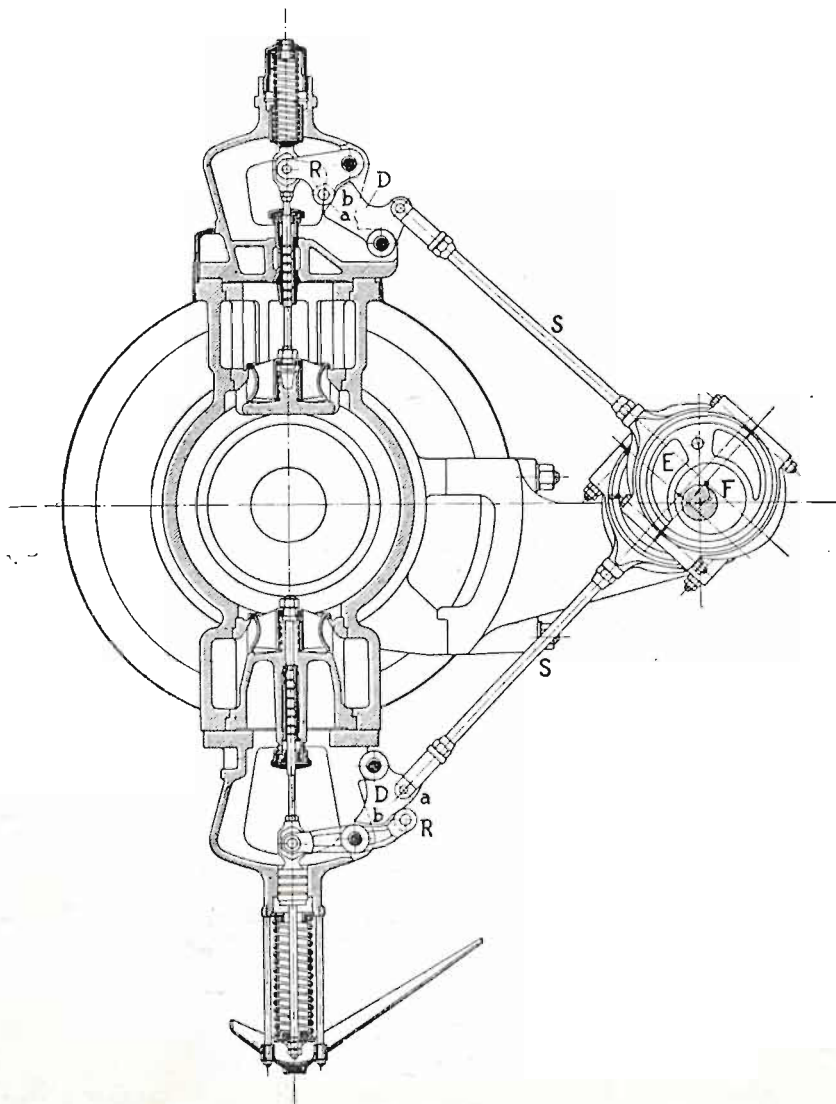
Rys. 204.

na jednym ramieniu dźwigni h , której drugie ramię jest połączone z wodzikami trzonu zaworowego s . W drążku mimośrodowym działa naprężenie na ściskanie. Ponieważ siła sprężyny nie potrzebuje przyspieszać tego drążka, przeto nie powoduje to żadnych ujemnych skutków na działanie stawidła. Cięższy drążek może jedynie obciążać niekorzystnie regulator osiowy, jeżeli maszyna pracuje ze zmiennym napełnieniem.

Stawidło Proella wykonywa się także w budowie według rys. 204.

Pewną odmianę stawidła Proella przedstawia stawidło Dinglera (rys. 205). Dopóki krążek R przy ruchu wahadłowym dźwigni D pracuje na centrycznej krzywej a , zawór jest zamknięty, a otwieranie jego następuje przy podsuwaniu się krzywizny b pod krążek R .

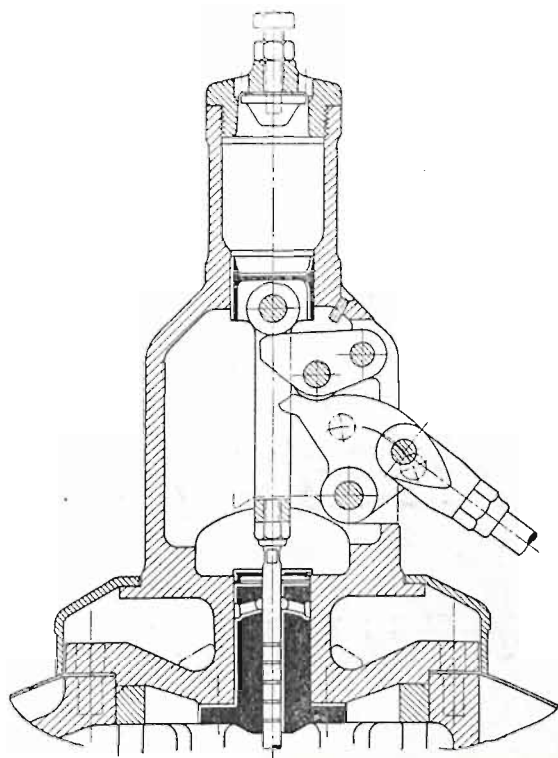
Stawidło Muellera (rys. 206) posiada krzywiznę, umieszczoną na dwóch dźwigniach, dzięki czemu otrzymuje



Rys. 205.

się mniej pochyłe krzywizny oraz szybsze otwieranie zaworu. Oczywiście jest ono kosztowniejsze od stawidła Lentza.

Również Hunger stosuje krzywizny na dwóch częściach (rys. 207), z których jedna jest nieruchomą, natomiast druga — połączoną z wodzikiem stawidłowym. Mechanizm tego

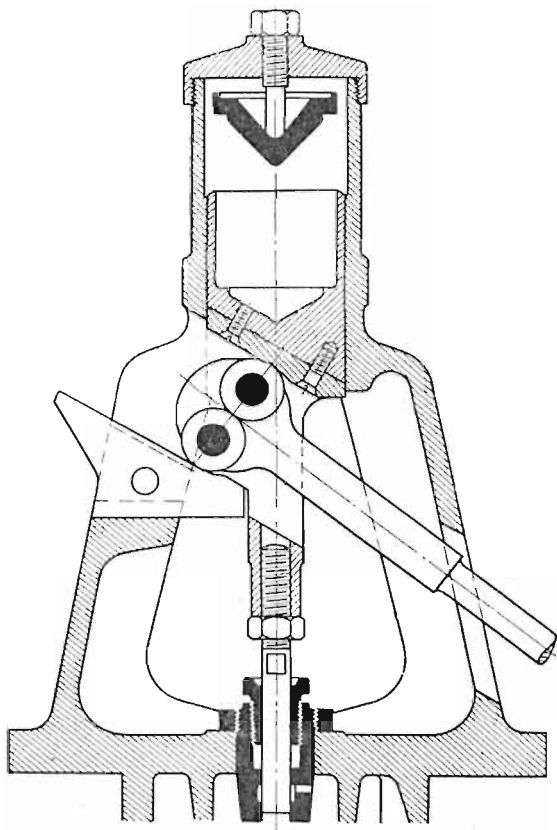


Rys. 206.

stawidła nie posiada jednakże przekładni, co wprawdzie upraszcza budowę, lecz drugostronnie utrudnia uzyskanie szybkiego otwarcia zaworu.

W stawidle Steina nie ma także przekładni (w mechanizmie (rys. 208)). Cechą charakterystyczną tego stawidła jest to, że krzywizna uruchamiana drążkiem mimośrodowo pracuje na krążku nieruchomym, a krążek w wodziku stawidłowym pracuje na płaskiej stronie drążka krzywiznowego. Kierunek ruchu krzywizny może tworzyć z kierunkiem ruchu zaworu kąt prosty lub rozwarty. W pierwszym wypadku powstaje przy otwieraniu zaworu nacisk tylko w kierunku osi

trzonu zaworowego, skutkiem czego wodzik stawidłowy nie wymagał by teoretycznie żadnej prowadnicy. Przy kącie rozwartym nacisk boczny na trzon działa wciąż w jednym kierunku i jest niewielki, a przenoszony przy pomocy drugiego krążka lub dźwigni na czop, ułożony w nasadzie zaworowej.

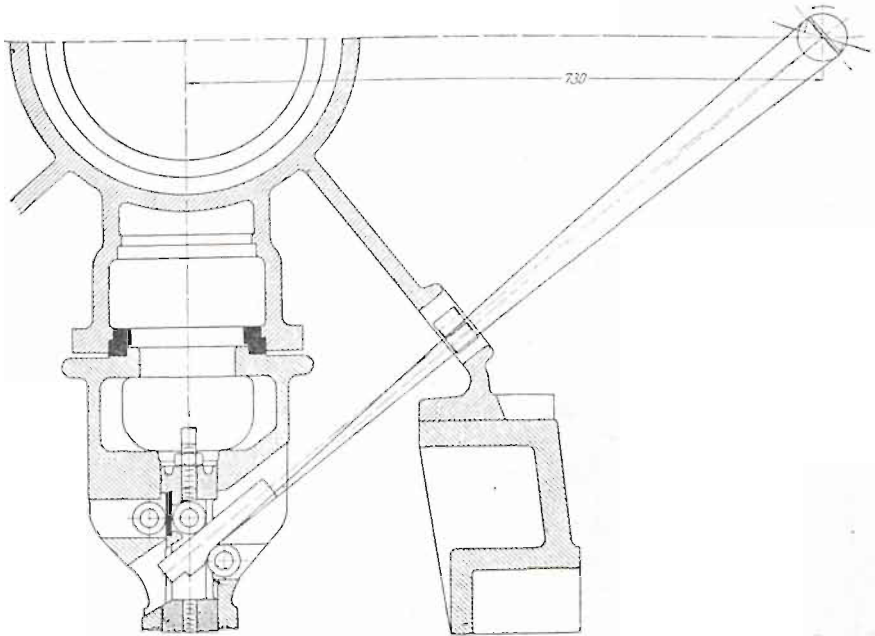


Rys. 207.

W stawidle Stumpfa (rys. 209), stosowanym w maszynach przelotowych, krzywizna jest przytwierdzona do wodzika stawidłowego, a krążek wykonywa ruchy posuwiste, prostopadłe do ruchu zaworu.

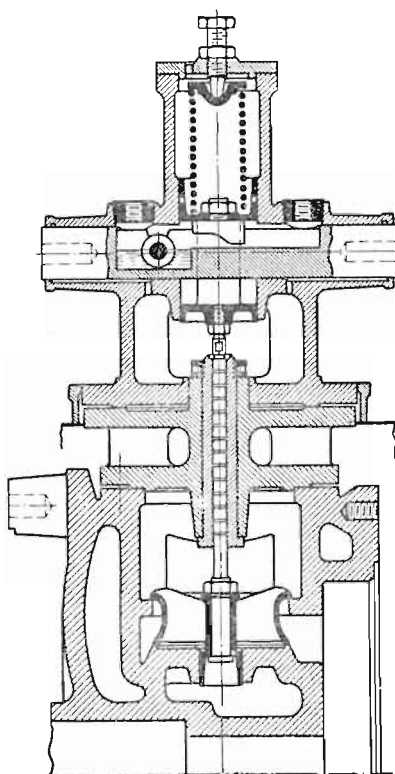
W powyżej podanych stawidłach krzywiznowych uzyskuje się ruch wodzony zaworu przy pomocy działania siły sprężyny, która powoduje pewien nacisk pomiędzy krążkiem i krzywizną. Celem uniezależnienia się od działania sprężyny i zapewnienia wodzonego zamykania zaworu zastosował

Doerfel stawidło (rys. 210), w którym dźwignia wahacza posiada dwie krzywizny, na których pracują dwa krążki. Przy ruchu drążka mimośrodowego w górę lewa krzywizna podchodzi pod krążek znajdujący się bliżej trzonu i otwiera zawór; — równocześnie drugi krążek, przylegając stale do drugiej krzywizny, opuszcza się w dół. Zamykanie zaworu uskutecznia prawy krążek przy ruchu drążka mimośrodowego

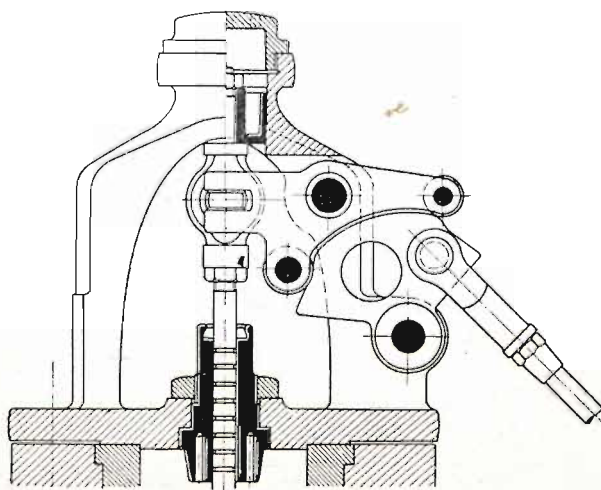


Rys. 208

w dół; — wówczas lewy krążek opuszcza się po lewej krzywiznie. Ruch zaworu jest więc w mechaniczny sposób całkowicie wodzony, wobec czego umieszczanie sprężyny nad wodzikiem w nasadzie jest zbędne. Celem zapewnienia zamknięcia zaworu i uniknięcia różnych złamań, trzeba jednak wstawić w mechanizm stawidłowy jedną część sprężystą. Można np. wstawić sprężynę pomiędzy zawór i obrzeże jego trzonu (patrz rys. 152). Sprężyna ta, znajdując się w parze, traci jednak w krótkim czasie swą sprężystość. Z tej przyczyny korzystniejsze jest umieszczenie sprężyny w wodziku stawidłowym (rys. 211). W ostatniej budowie może również dźwignia zaworu przesuwać się nieznacznie wzdłuż prosto-

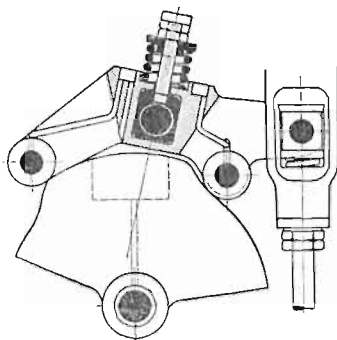


Rys. 209.



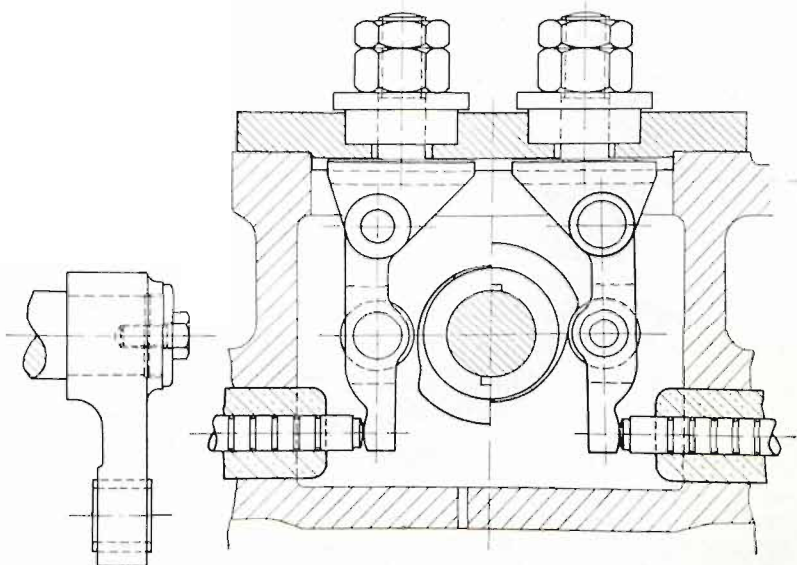
Rys. 210.

kąta ułożonego na sworzniu, a stałe przyleganie krążków do krzywizn zapewnia ułożona nad dźwignią sprężyna.



Rys. 211.

Krzywizna może być też ułożona na tarczy, która wykonywa razem z wałem ruchy wahadłowe (rys. 212). Układ



Rys. 212.

tego rodzaju jest stosowany przeważnie w maszynach ustroju stojącego (patrz rys. 222), a leżącego ustroju przy poziomo ułożonych zaworach. Otrzymuje się bowiem wówczas bardzo prosty napęd stawidła.