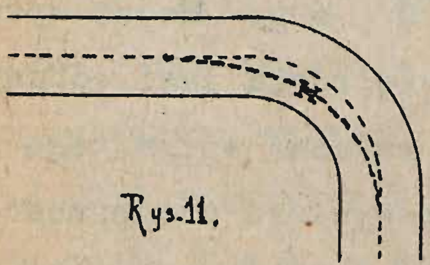
byłby łuk paraboliczny, szczególniej dla wymagań ruchu szybkiego samochodowego, aby przy przejściu od prostej do łuku siła odśrodkowa zjawiała się stopniowo. Nie stosujemy jednak łuków parabolicznych ze względu na większe trudności związane z wyznaczaniem na gruncie łuków parabolicznych i ze względu na to, że przy ruchu samochocowym nie związanym, jak na kolei żelaznej, ze ściśle oznaczoną trajektorją - linją ruchu -, można nagłe przejście z prostej do łuku koła, to jest od promienia $r = \infty$ do promienia względnie małego, równającego się kilkunastu lub kilkudziesięciu metrom, regulować przez odpowiednie kierowanie samochodem, łagodzącem nagłe przejście. (Rys. 11.)



Rys. 11.

Najmniejszy dopuszczalny promień łuku na drodze zależny jest od rodzaju pojazdów, przechodzących po danej drodze, ich wymiarów, konstrukcji i szybkości.-

Wyprowadzimy zależność między wielkością najmniejszego dopuszczanego na drodze promienia a ruchem w łuku wozu i samochodu.

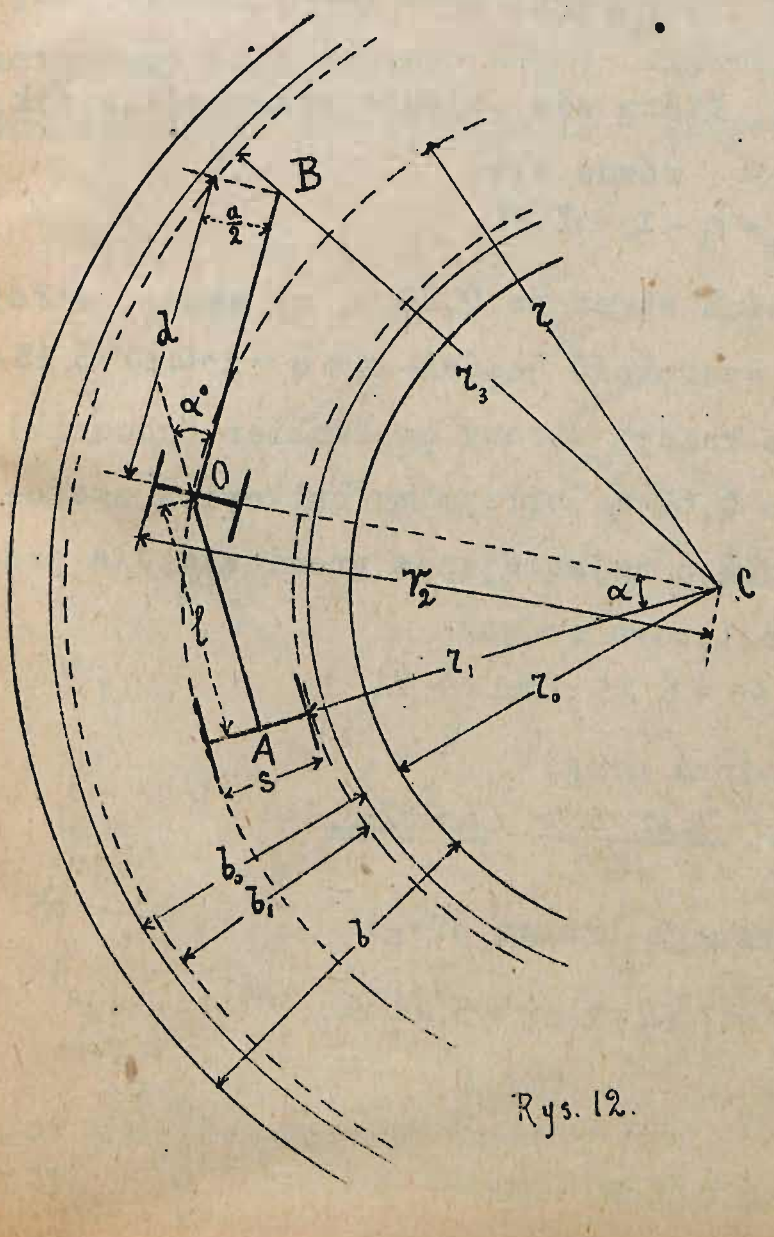
1. R u c h z w y k ł e g o w o z u w ł u k u.

Najmniejszy promień łuku, jaki będzie opisywać wóz, będzie wtedy, kiedy przednia oś będzie odchylona od normalnego położenia o cały kąt skrętu α ($\alpha = 25 - 35^{0}$). Wtedy wóz zataczać będzie łuk mający środek w punkcie O stanowiącym przecięcie AC i OC (Rys.12). Z trójkąta OCA mamy:

$$AC = AO \operatorname{Cotg} \alpha$$

$$r_1 + \frac{s}{2} = l \operatorname{Cotg} \alpha \text{ , — skąd } r_1 = l \operatorname{Cotg} \alpha - \frac{s}{2} \quad (\text{I.})$$

$$OC = r_2 - \frac{s}{2} = \frac{l}{\sin \alpha} \text{ , — stąd } r_2 = \frac{l}{\sin \alpha} + \frac{s}{2}$$



Rys. 12.

Przykład liczbowy:

przy $\alpha = 25^{\circ}$
$l = 3.00$
$s = 1.20$

mamy:
$r_1 = 5.92$ m.
$r_2 = 7.70$ m.

Promień $r_1 = 5.92$ byłby najmniejszy wewnętrzny promień łuku drogi, jaki może zataczać nasz wóz.

Co się zaś tyczy najmniejszego zewnętrznego promienia łuku, otrzymamy go, gdy do promienia, jaki zakreśla koniec dyszla B, dodamy połowę szerokości zaprzęgu $\left(=\frac{a}{2}\right)$ to jest miejsce potrzebne na jednego konia. Z trójkąta BOC mamy: $BC=\sqrt{d^2+(r_2-\frac{s}{2})^2}$

$$r_3-\frac{a}{2}=\sqrt{d^2+(r_2-\frac{s}{2})^2}$$

$$r_3=\sqrt{d^2+(r_2-\frac{s}{2})^2}+\frac{a}{2}.$$

przy $a=1.8$, $d=3.00$, $l=3.00$, $s=1.20$ mamy

$$r_3=8.65 \text{ m.}$$

Szerokość drogi, którą wóz zajmuje przechodząc łuk przy skręcie $=\alpha^\circ$ równa się

$$b_1=r_3-r_1=2.83$$

Dodajmy z obydwóch stron po 0,20 m. na zapas, otrzymamy niezbędną szerokość jezdni $b_0=b_1+2\times0.20=3.23$ m. Jeżeli dodamy z każdej strony na bankier (chodnik) przynajmniej po 0,60 m., otrzymamy całkowitą szerokość drogi w łuku o najmniejszym promieniu dla jednego wozu (jednotorowa droga)

$$b=b_0+2\times0.60=3.23+1.20=4.43.$$

Promień średni (osi drogi)

$$r=\frac{r_1+r_3}{2}=\frac{5.82+8.65}{2}=7.24 \text{ m.}$$

Promień wewnętrznego brzegu drogi

$$r_0=r-\frac{b}{2}=7.24-2.22=5.02 \text{ m.}$$

Z zależności (I) dla promienia wewnętrznego

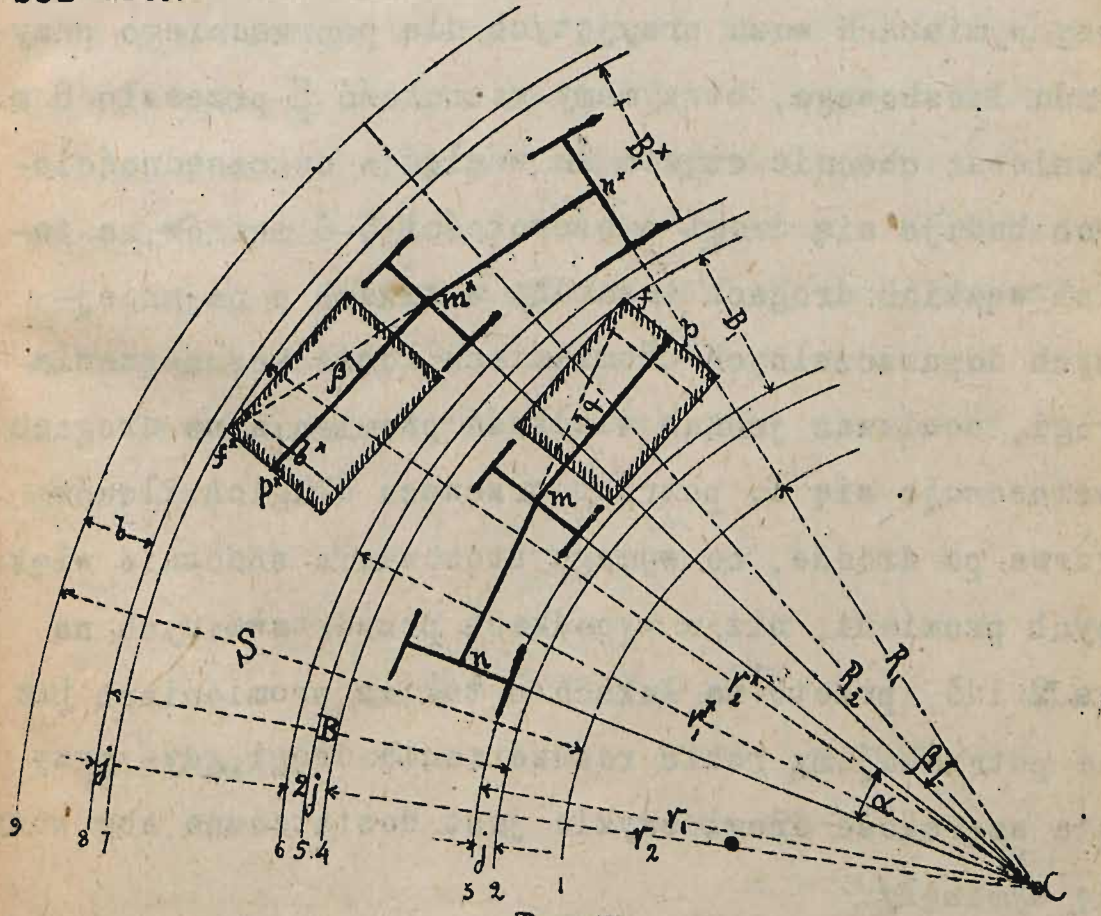
$$r_1 = l\,\mathrm{Cotg}\,\alpha - \frac{s}{2}$$

widzimy: 1/ że r_1 wzrasta z wzrostem l

2/ że r_1 przy zwykłach wymiarach wozu równa się mniej więcej podwójnej długości wozu

$$r_1 \simeq 2l$$

Wyżej określiliśmy szerokość drogi b dla drogi jednotorowej (dla jednego wozu); dla określenia szerokości drogi dwutorowej (Rys.13.) przy mijaniu się w



Rys. 13.

łuku dwóch wozów mn i $m^x n^x$ o różnych kątach skrętu, przyczem wewnętrzny wóz opisuje najmniejszy łuk(przy zastosowaniu max.kąta skrętu α°) mamy:

$r_1^x = r_2 + 2j$; zaś r_2^x określamy z $\Delta\, m^x n^x C$

$$r_2^x = \sqrt{\left(\frac{m^x n^x}{\sin\beta}\right)^2 + (n^x p^x)^2} + \frac{b^x}{2}$$

Promień średni (promień osi)jezdni drogi $R = \frac{r_2^x + r_1}{2}$

Ogólna szerokość jezdni $B = r_2^x - r_1 + 2j$

Szerokość drogi w koronie $S = B + 2b$

Przy wymiarach wozu przyjętych dla poprzedniego przykładu liczbowego, otrzymamy szerokość S przeszło 8 m.

Ponieważ obecnie często ze względów oszczędnościowych buduje się drogi o szerokości 5-6 metrów,na takich wązkich drogach trzebaby w łukach o najmniejszych dopuszczalnych promieniach robić rozszerzenia drogi, ponieważ jednak wielkość promienia na drogach dostosowuje się do potrzeb przewozu długich kloców drzewa po drodze, co wymaga stosowania znacznie większych promieni, niż w wypadkach przedstawionych na rys.12 i 13, przeto na łukach o takich promieniach już nie potrzebujemy robić rozszerzenia drogi,gdyż przyjęta szerokość drogi zwykle jest dostateczna,aby wozy się wyminęły.

2. P r z e w ó z   d ł u g i c h   k l o c ó w   d r z e w a. Kloce drzewa często dochodzą do 30 m. długości.

Po naładowaniu zwykle rozstawienie osi wozu wynosi około 2/3 długości kłoca t.j. może być do 20 m.(Rys.4) Dla tej długości wozu przy stosowaniu jednego przedniego skrętu najmniejszy promień dopuszczalny na drodze w myśl rezultatów otrzymanych przy rozpatrywaniu ruchu wozu w łuku (Rys.12) wyniósłby około 2 l. t.j. około 40 metrów.

W terenach podgórskich i górskich stosowanie takiego dużego promienia znacznie podrożałoby budowę, gdyż wywołałoby, znaczne roboty ziemne lub skalne. Użycie tylnego skrętu (patrz Rys.5) da nam możność znacznie zmniejszyć wielkość najmniejszego dopuszczalnego promienia. Na rys.14 mamy oznaczony szematycznie wóz z klocem drzewa budulcowego przy rozstawieniu osi na odległość $\cong \frac{2}{3}$ długości kloca.

Łatwo wyprowadzimy następującą zależność geometryczną

$$\text{(I)} \quad b_1 = l \cdot \frac{\cos\alpha_1 - \cos\alpha}{\sin(\alpha+\alpha_1)} + s$$

$$\text{(II)} \quad r_1 = \frac{l\cos\alpha}{\sin(\alpha+\alpha_1)} - \frac{s}{2}$$

Jeżeli długość kloca = 30 m. wtedy $l \cong$ 20m.;

przy $\alpha = 35^\circ$

$\alpha_1 = 30^\circ$

$s = 1{,}2$ m

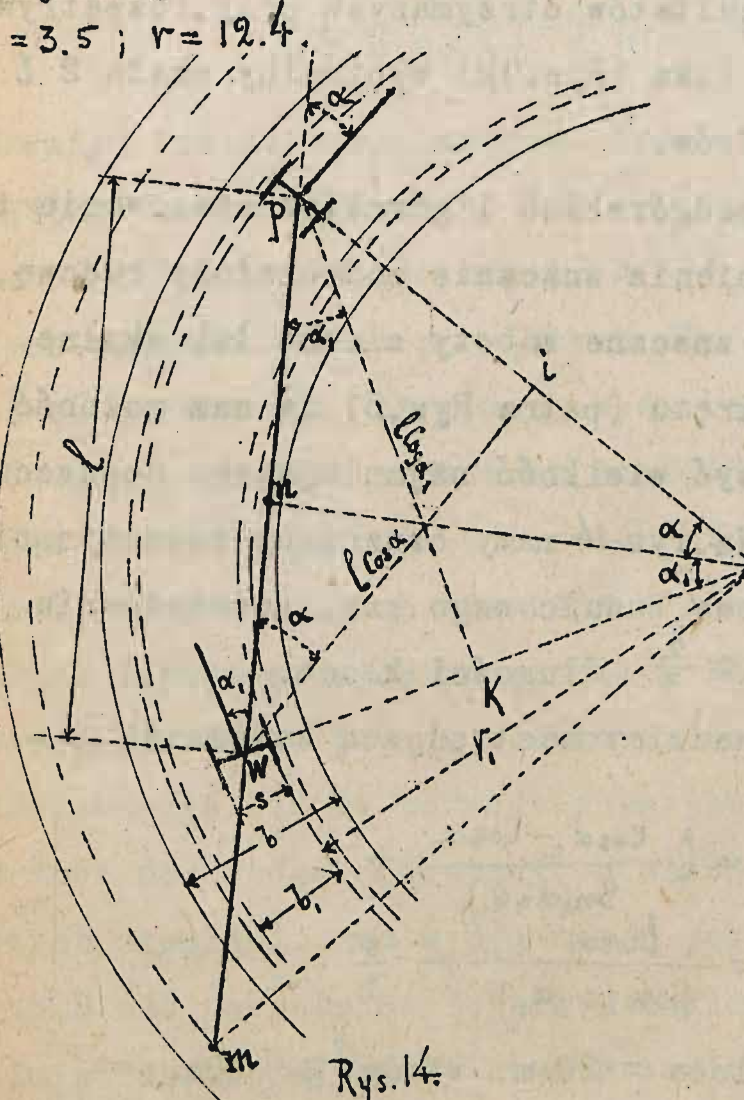
$b_1 = 2{,}23$; $r_1 = 17{,}4$.

Całkowita szerokość jezdni jednotorowej:

$b = 2,23 + 0.2 \times 2 + 0.6 \times 2 = 3,83$ m.

Promień osi drogi $r = r_1 + \frac{b_1}{2} = 17.4 + 1.11 = 18.5$ m.

Przy długości kloca = 20 m.otrzymamy $r_1 = 11.4$; $b_1 = 1.9$; $b = 3.5$; $r = 12.4$.



Rys.14.

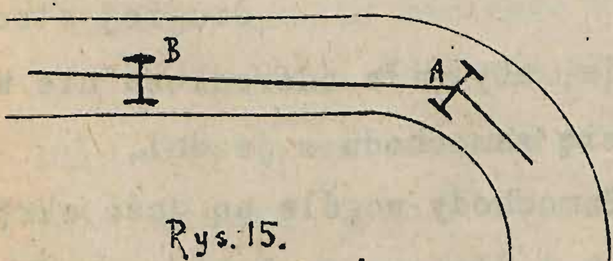
Gdybyśmy nie stosowali tylnego skrętu,a tylko przedni,trzebaby zastosować przy klocach o długości 30 m.promienie nie mniejsze niż: $2 \times \frac{2}{3} \cdot 30 = 40$ m, a przy długości kloca 20 m.- ~25m. Zastosowanie tylnego skrętu pozwala użyć promienia równego mniej więcej 0.9 l .

Ze względu na potrzebę przewożenia po drogach długich kloców drzewa należy stosować najmniejszy dopuszczalny promień łuku: a/ w warunkach trasowania łatwych (bez stosowania tylnego skrętu) $R_{min.} = 40$ m.

b/ w warunkach trasowania trudnych (teren pagórkowaty, stosowanie dużych promieni podraża znacznie koszty budowy dróg) przy stosowaniu tylnego skrętu przy przewożeniu długich kloców drzewa $R_{min} = 20$ m.

We Francji $R_{min} = 25$ m.

Jeżeli łuk (rys.14) jest na nasypie, wtedy koniec długiego kloca „m" może wystawać poza drogę, w tym wypadku na zewnętrznym brzegu jezdni mogą być umieszczone takie niskie słupki lub barjera, aby koniec m mógł nad nimi przejść. Jeżeli takie zabezpieczenie brzegu jezdni jest ze względu na bezpieczeństwo ruchu niedostateczne lub jeżeli łuk znajduje się w wykopie, należy w celu umożliwienia ruchu końca m przewożonego kloca poszerzyć jezdnię o tyle, o ile to jest potrzebne do tego celu.



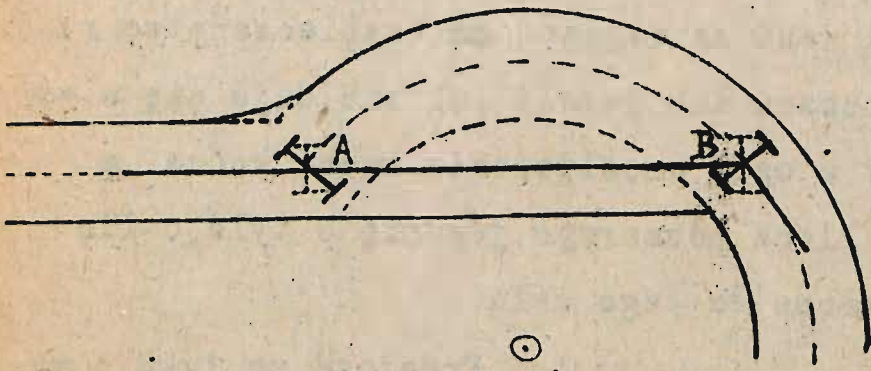
Rys. 15.

Przejazd po łuku o małym promieniu wymaga pewnej umiejętności. Przy wjeżdżaniu z prostego odcinka na łuk, należy z wozem tak stanąć, aby przód wozu znalazł się przy zewnętrznym brzegu łuku, a tył wozu (Rys.15) przy wewnętrznej stronie drogi, dopiero od punktu A należy zastosować przedni skręt albo przedni i tylny, w zależności od wielkości promienia łuku.

Dla ułatwienia ruchu po łuku, stosują niekiedy specjalne poszerzenia jezdni, jak wskazuje rys.16, a wóz staje w położeniu AB i dopiero od tego miejsca zaczyna stosować skręty przedni i tylny.

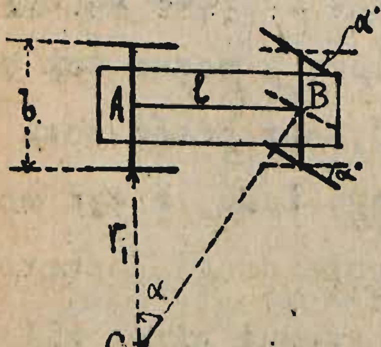
3. Ruch samochodów w łukach.

Z jednej strony wielkość promieni winna być taka, aby ruch samochodu w łuku nie miał trudności i odbywał się swobodnie ze względu na skrętność samochodu, z drugiej strony łuki powinny być takie, aby siła odśrodkowa nie wywołała przewrócenia się samochodu z jezdni.



Rys. 16.

Samochody wogóle są dość skrętne i dlatego te łuki, na których odbywać się może ruch wozów, przewożących duże kloce drzewa, zwykle są wystarczające i dla ruchu samochodów. Przykład Rys.17



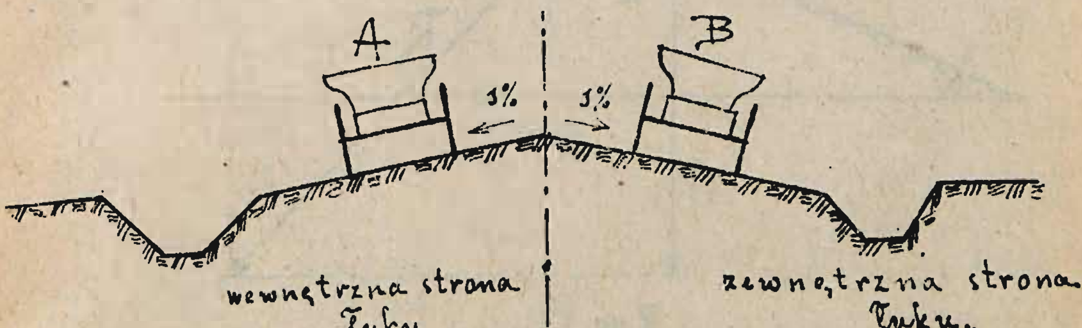
Rys. 17.

$\alpha = 20°$; $l = 3.5$

szerokość toru $b = 1.5$ m. ; $r_1 = l \operatorname{Cotg} \alpha - \frac{b}{2} = 8.9$ m.

Większe wymagania stawia ruch samochodowy, co do wielkości najmniejszych dopuszczalnych promieni ze względu na działanie siły odśrodkowej przy większych szybkościach samochodów.

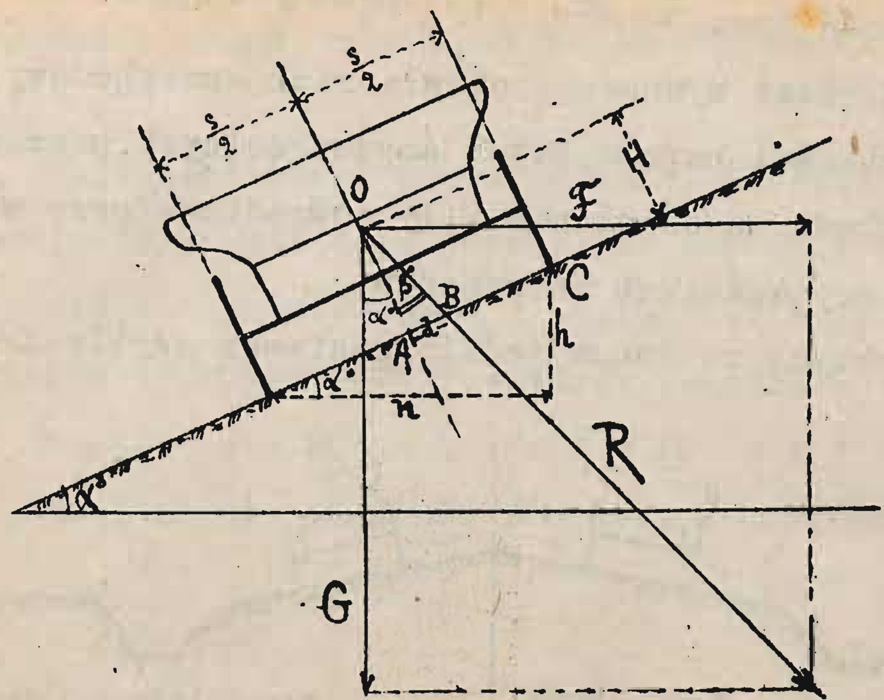
Rozpatrzymy tu dwa wypadki: ponieważ zwykle drogi



Rys. 18.

budowane są z dwustronnemi spadkami poprzecznemi (Rys. 18), a taki przekrój zachowywany jest również w łukach, przeto samochód w łuku może znajdować się albo po stronie wewnętrznej łuku (pozycja A na rys. 18), albo po stronie zewnętrznej (pozycja B na rys. 18). Warunki ruchu w obydwóch wypadkach znacznie się różnią, jak to zobaczymy dalej.

W y p a d e k A. R u c h s a m o c h o d u o d b y w a s i ę p o s t r o n i e w e w n ę t r z n e j ł u k u (ze spadkiem nawierzchni drogi do wewnątrz łuku) (Rys. 19.)



Rys. 19.

Mamy łuk promienia r , pochylenie jezdni do wewnątrz łuku = α° ; szybkość samochodu = v m/sek. Waga samochodu G i siła odśrodkowa, która się zjawia na łuku o promieniu r metrów przy szybkości v m/sek = F. O-środek ciężkości samochodów. Wypadkowa R przejdzie przez punkt B, znajdujący się w odległości d od osi symetrji samochodu. -

Aby ruch samochodu w łuku mógł się odbywać, trzeba: 1/ aby miał zapewnione bezpieczeństwo przeciw wywróceniu go przez siłę odśrodkową, 2/ aby miał zapewnione bezpieczeństwo przeciw zsunięciu go przez siłę odśrodkową z jezdni w kierunku tej siły.

Między siłą G i F mamy zależność geometryczną

$F = G\,tg(\alpha+\beta)$; zamiast F podstawimy znany wzór $F = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot r}$; $g = 9.81$

$$\frac{G v^2}{g \cdot r} = G\, tg(\alpha+\beta)$$ zkąd

$$v = \sqrt{r \cdot g \cdot tg(\alpha+\beta)} \quad \cdots (I)$$

podstawimy: $$tg(\alpha+\beta) = \frac{\sin\alpha \cos\beta + \cos\alpha \sin\beta}{\cos\alpha \cos\beta + \sin\alpha \sin\beta} = \frac{\frac{h}{s}\cdot\frac{H}{n} + \frac{n}{s}\cdot\frac{d}{n}}{\frac{n}{s}\cdot\frac{H}{n} + \frac{d}{n}\cdot\frac{h}{s}}$$

$$(II) \quad v = \sqrt{r g \frac{h.H + nd}{nH + hd}} \ m/sek = 11.276\sqrt{r \frac{h.H + nd}{nH + hd}} \ kl./godz.$$

Przykład liczbowy $s = 1.4$ m.; $tg\alpha = 0.06$ (spadek poprzeczny 6%)

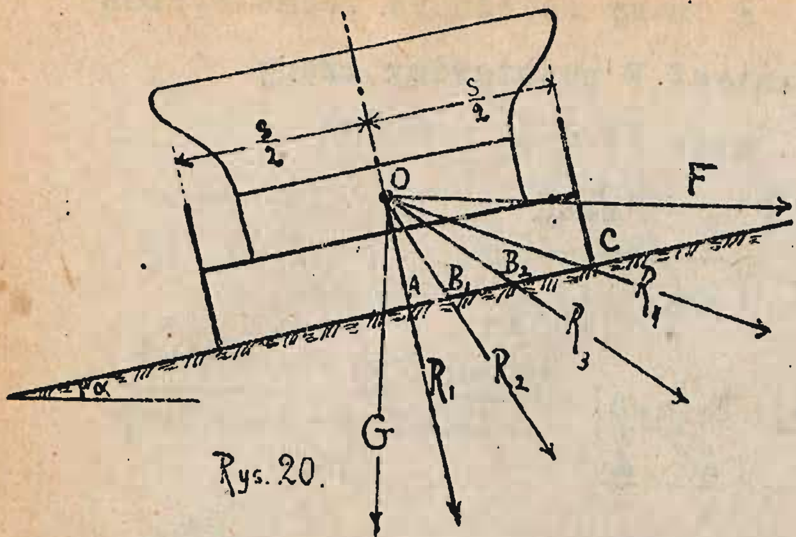
$n = 1.4$ m. z dokładnością zupełnie dostateczną przy spadku 6% możemy przyjąć $s = n$

$h = 1.4 \times 0.06 = 0.084$ m.

$H = 0.8$ m.

Dla tego przykładu liczbowego rozpatrzymy warunki równowagi samochodu przy ruchu w łuku na wywracanie i zsuwanie przez siłę odśrodkową.

a) Przy rozpatrywaniu warunków równowagi samochodu na wywracanie mogą mieć miejsce następujące wypadki:



Rys. 20.

(Rys.20).

1. Wypadkowa (R_1) przechodzi przez punkt A, samochód na wywracanie ma bezpieczeństwo zupełne;

We wzorze (II) d=0 ; otrzymamy wtedy $v_1 = 2.76\sqrt{r}$ kl/godz. ....(III)

2. Wypadkowa R_2 przechodzi przez punkt B_1 w odległości od A ... $d = \frac{1}{6}s$ mamy wtedy bezpieczeństwo dostateczne (wypadkowa w granicacg środkowej 1/3 podstawy samochodu.); podstawiając we wzór (II) $d = \frac{1}{6}s$ otrzymamy $v_2 = 6.63\sqrt{r}$ kl/godz.......(IV).

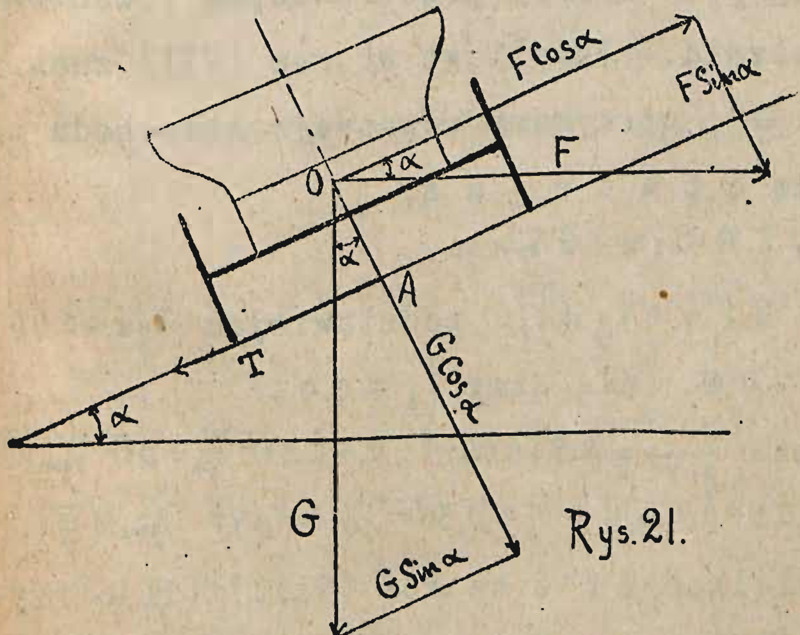
3. Wypadkowa R_3 przechodzi przez punkt B_2 w odległości $d = \frac{1}{3}s$ od punktu A; mamy wtedy stan, kiedy bezpieczeństwo samochodu na wywracanie dochodzi do granicy dopuszczalnej w wyjątkowych wypadkach; po podstawieniu we wzór (II) $d = \frac{1}{3}s$ mamy: $v_3 = 8.89\sqrt{r}$ klm/godz.(V)

4. Wypadkowa R_4 przechodzi przez punkt C - punkt oparcia koła samochodu o nawierzchnię drogi; otrzymamy wtedy wypadek z r ó w n o w a g ą na wywracanie c h w i e j n ą; podstawiając we wzór II...$d = \frac{1}{2}s$ otrzymamy $v_4 = 10.63\sqrt{r}$ kl/godz. . . . . . (VI)

Dla rozmaitych wielkości r z wzorów (III)(IV)(V)(VI) otrzymamy poszczególne wartości dla V - dopuszczalnej szybkości dla każdego z czterech opisanych wyżej wypadków równowagi.

Wartości te podane są niżej w rubrykach a,b,c i d tablicy I, umieszczonej na stronie 45. .-

6. Rozpatrzymy teraz warunki bezpieczeństwa ruchu samochodu w łuku ze względu na możliwość zsunięcia się jego (ześlizgnięcia się) z jezdni drogi w kierunku siły odśrodkowej. (Rys.21.)



Rys.21.

Równowagą ze względu na możliwość ześlizgnięcia się samochodu może mieć miejsce wtedy, gdy siła T - siła tarcia kół samochodu o nawierzchnię w kierunku działania siły odśrodkowej wraz z siłą zsuwającą samochód do wewnątrz łuku (siła G Sin α) będzie większa niż składowa siły odśrodkowej równoległa do powierzchni nawierzchni drogi t.j. trzeba aby

(VII) $F \cos\alpha < T + G \sin\alpha$; $T = f \cdot G \cdot \cos\alpha$, gdzie

f = współczynnik tarcia między kołem i nawierzchnią drogi; współczynnik ten zależny jest od rodzaju i stanu nawierzchni i materjału obręczy; dla drogi bitej i obręczy gumowej w lecie w czasie pogody (nawierzchnia sucha i szorstka) dla współczynnika możemy przyjąć $f_1 = 0{,}5$; dla obręczy gumowej i drogi bitej w zimie podczas gołoledzi można przyjąć $f_2 = 0{,}03$. Wielkości powyższe dla f nie są dokładne, a przybliżone; pod tym względem należy przeprowadzać różne badania i spostrzeżenia.- Jeżeli we wzorze (VII) znak $<$ zastąpimy przez $=$, otrzymamy równowagę samochodu naześlizgnięcie się chwiejną:

$$F \cos\alpha = f \cdot G \cdot \cos\alpha + G \sin\alpha$$

$$F = G\,(f + \operatorname{tg}\alpha);$$ podstawiając $\operatorname{tg}\alpha = 0.06$

dla lata: $f_1 = 0.5$ dla zimy $f_2 = 0.03$

otrzymamy: dla lata $\frac{G \cdot v_1^2}{g \cdot r} = (0.5 + 0.06)G$; $v_1 = 2.5\sqrt{r}\ m/sek = 9\sqrt{r}\ kl/godz$ (VIII)

dla zimy $\frac{G v_2^2}{g \cdot r} = (0{,}03 + 0{,}06)G$; $v_2 = 0{,}3\sqrt{r}\ m/sek. = 1{,}1\sqrt{r}\ kl/godz.$ (IX)

Dla rozmaitych wielkości r z wzorów (VIII) i (IX) otrzymamy odpowiadające im wartości dla v - dopuszczalnej szybkości przy chwiejnej równowadze na ześlizgnięcie samochodu z jezdni w kierunku siły odśrodkowej. Wartości te są podane w tabl.I na str. 45 w rubrykach e i f

T A B L I C A I

zależności między promieniem łuku i dopuszczalną szybkością samochodu

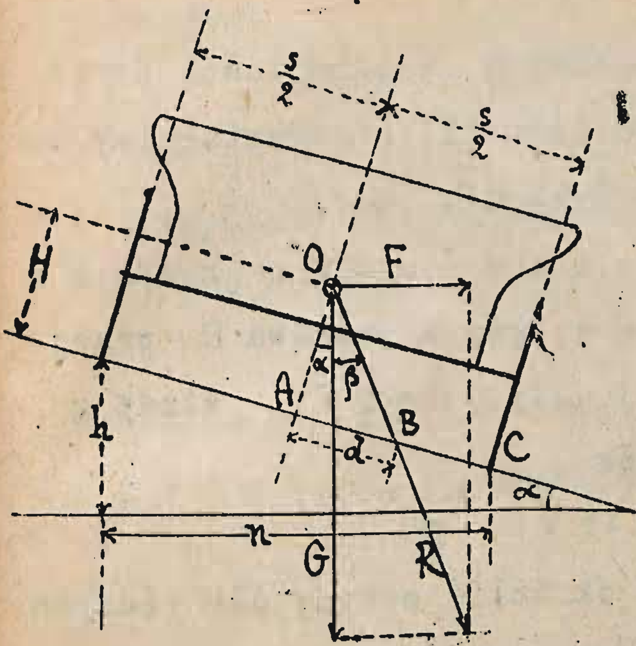
PROMIEŃ ŁUKU W METRACH	DOPUSZCZALNA SZYBKOŚĆ SAMOCHODÓW W KL./GODŹ.					
	Przy uwzględnieniu równowagi na wywracanie przez siłę odśrodkową.				Przy uwzględnieniu równowagi na ssuwanie samochodów przez siłę odśrodkową równowaga chwiejna.	
	Równowaga zupełna $d=0$	Równowaga dostateczna $d=\frac{1}{6}s$	Równowaga dopuszczalna w wyjątkowych wypadk. $d=\frac{1}{3}s$	Równowaga chwiejna $d=\frac{s}{2}$	W LECIE przy $f=0.5$	W ZIMIE przy $f=0.03$
	$v_1=2.76\sqrt{r}$	$v_2=6.63\sqrt{r}$	$v_3=8.89\sqrt{r}$	$v_4=10.63\sqrt{r}$	$v=9\sqrt{r}$	$v=1.1\sqrt{r}$
20	12.3	29.6	39.7	47.5	40.6	4.9
30	15.1	36.3	48.7	58.3	49.7	5.9
40	17.5	42.0	56.7	67.3	56.9	6.8
50	19.5	46.9	62.9	75.2	64.1	7.7
60	21.5	51.4	68.9	82.4	69.5	8.3
80	24.7	59.3	79.5	95.0	80.3	9.6
100	27.6	66.3	88.9	106.3	90.0	10.8
150	33.8	81.2	108.9	130.2	109.8	13.4
	a	b	c	d	e	f

Z tablicy zależności pomiędzy promieniem drogi i dopuszczalną szybkością, którą możemy zestawiać dla każdego rodzaju powierzchni drogi, możemy wyprowadzić wniosek o wielkości szybkości, której przekraczać nie należy.

Z tablicy I na str. 45 wyprowadzamy wniosek, że d l a l a t a szybkości nie powinny przekraczać wielkości podanych w rubryce b; gdybyśmy dopuszczali szybkości podane w rubryce c, a zbliżone wielkością do podanych w rubryce e, otrzymalibyśmy warunki ruchu z bezpieczeństwem wątpliwem naześlizgnięcie się samochodu, aczkolwiek bezpieczeństwo na wywracanie miałoby jeszcze miejsce. Co do szybkości dopuszczalnych w c z a s i e g o ł o l e d z i w z i m i e, te musiałyby być mniejsze, niż podane w rubryce f lub też musiałyby być przedsięwzięte jakie środki dla zwiększenia tarcia między kołem i nawierzchnią (naprzykład założone odpowiednie łańcuchy na koła gumowe.)

W y p a d e k B. R u c h s a m o c h o d u o d b y w a s i ę p o s t r o n i e z e w n ę t r z n e j ł u k u z e s p a d k i e m n a w i e r z c h n i d r o g i n a z e w n ą t r z ł u k u.

Jeżeli dla wypadku B (rys.22) przyjmiemy takie same oznaczenia jak w wypadku A (Rys.19) otrzymamy



Rys. 22.

wtedy z równania

$$F = G \cdot tg\beta = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot r}$$

wtór (X)

$$v_{kl/sek} = \sqrt{g \cdot r \frac{\frac{n}{s}\left(d - \frac{Hh}{n}\right)}{\sqrt{H^2 + d^2 - \frac{n^2}{s^2}\left(d - \frac{Hh}{n}\right)^2}}}$$

Jeżeli we wzorze (X) podstawimy dla przykładu liczbowego jak w wypadku pierwszym $s = 1.4$, $tg\alpha = 0.06$ (poprzeczny spadek 6%) $n = 1.4$ (przy $tg\alpha = 0.06$ z dostateczną dokładnością możemy przyjąć że $n = s$)

$$h = 0.084 \text{ m.}$$

$$H = 0.8 \text{ m.}$$

Przy rozpatrywaniu warunków ruchu samochodu w łuku 1/ b e z p i e c z e ń s t w o r u c h u na wywracanie będzie d o s t a t e c z n e, gdy wypadkowa R (Rys. 22) przejdzie przez punkt B w odległości 1/6 s od punktu A; w tym razie do wzoru (X) podstawiamy $d = \frac{1}{6}s$ i wzór ten przekształcimy we wzór (XI) $v_1 = 5.39\sqrt{r}$ kl/godz.

2. b e z p i e c z e ń s t w o r u c h u będzie m o ż l i w e (w wyjątkowych wypadkach) gdy wypad-

kowa R przejdzie przez punkt B w odległości $d=\frac{1}{3}s$ od punktu A; w tym razie wzór (X) przekształcimy na

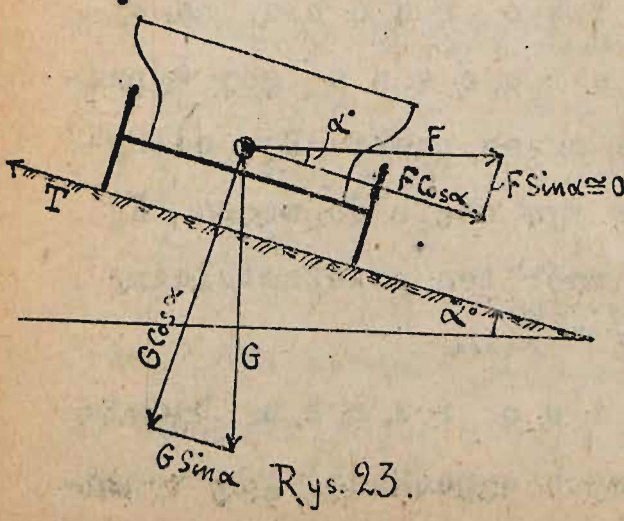
wzór (XII) $V_2 = 8.05\sqrt{r}$ $kl/godz.$

3. Wreszcie b e z p i e c z e ń s t w o r u c h u otrzymamy c h w i e j n e, gdy wypadkowa R przejdzie przez punkt C, t.j. gdy $d=\frac{1}{2}s$ wtedy z wzoru (X) otrzymamy wzór

(XIII) $V_3 = 9.94\sqrt{r}$ $kl/godz.$

W tych trzech wypadkach określić możemy dla różnych r najwyższe dopuszczalne szybkości: w tabl.II na str.. .. są one podane dla przyjętego liczbowego przykładu w rubrykach a,b i c.

Przy ruchu samochodu po zewnętrznej stronie drogi w łuku, oprócz bezpieczeństwa na wywracanie, powinno mieć miejsce i bezpieczeństwo na z s u n i ę c i e s i ę (z e ś l i z g n i ę c i e s i ę) samochodu z jezdni drogi w kierunku działania siły odśrodkowej.



Rys. 23.

Aby bezpieczeństwo pod tym względem miało miejsce, niezbędny jest warunek (Rys.23) aby siła tarcia kół samochodu o nawierzchnię T była mniejsza od sił, które zsuwają samochód z jezdni t.j. od $F\cos\alpha$ i $G\sin\alpha$;

to jest

$$F \cos\alpha + G \sin\alpha < T \qquad \text{(XIV)}$$

$$T = f \cdot G \cdot \cos\alpha$$

f - współczynnik tarcia kół samochodu o nawierzchnię; jak w wypadku poprzednim dla lata $f_1 = 0,5$

" zimy $f_2 = 0,03$.

Wreszcie gdy znak $<$ zastąpimy znakiem $=$ otrzymamy r ó w n o w a g ę samochodu c h w i e j n ą.

$$F \cos\alpha + G \sin\alpha = f \cdot G \cdot \cos\alpha \qquad \text{(XV)}$$

$$F + G \operatorname{tg}\alpha = f \cdot G$$

$$\frac{G v^2}{G \cdot r} + G \operatorname{tg}\alpha = f \cdot G; \quad \text{stąd} \quad v = \sqrt{(f - \operatorname{tg}\alpha) \cdot g \cdot r} \ \text{m/sek.}$$

Dla lata przy $f_1 = 0.5$; $v_1 = \sqrt{(0.5 - 0.06) \cdot 9.81 \cdot r} = 2.2\sqrt{r} \ \text{m/sek} = 7.9\sqrt{r} \ \text{km/godz.}$ (XVI)

Dla zimy (gołoledź) $f_2 = 0.03$; $v_2 = \sqrt{(0.03 - 0.06) \cdot 9.81 \cdot r}$ -

- wartość urojona, ruch niemożliwy, gdyż następuje zsunięcie się samochodu, o ile na obręcze nie będą nałożone np. łańcuchy zabezpieczające koło od ślizgania się po nawierzchni.

Przy wielkościach v_1, obliczonych dla różnych r podług wzoru otrzymamy chwiejną równowagę na ześlizgnięcie się samochodu.

W tablicy II na tejże stronie, wielkości dla V_1, po
ne są w rubryce d.

T A B L I C A II.

Zależności między promieniem łuku i dopuszczal
szybkością samochodu.

PROMIEŃ ŁUKU W METRACH.	DOPUSZCZALNA SZYBKOŚĆ SAMOCHODU W KLM/GODZ.				
	Przy uwzględnieniu równowagi na wywracanie samochodu przez siłę odśrodkową.			Przy uwzględnieniu równowagi na zsuwanie samochodu przez siłę odśrodkową; równowaga chwiejna.	
	Równowaga dostateczna $d=\frac{1}{6}s$	Równowaga dopuszczalna wyjątkowo $d=\frac{1}{3}s$	Równowaga chwiejna $d=\frac{1}{2}s$	W LECIE przy $f=0.5$	W ZIMIE. podczas gołoledzi przy $f=0.03$
	$V_1=5.39\sqrt{r}$ klm/godz.	$V_2=8.05\sqrt{r}$ klm/godz.	$V_3=9.94\sqrt{r}$ klm/godz.	$V_1=7.94\sqrt{r}$	?
20	24.1	35.9	44.4	35.6	RUCH NIE MOŻE SIĘ ODBYWAĆ.
30	29.5	44.0	54.5	43.5	
40	34.1	50.8	52.9	49.8	
50	38.1	56.8	70.3	56.1	
60	41.8	62.2	77.0	61.6	
80	48.2	71.8	88.9	70.3	
100	53.9	80.3	99.4	79.3	
150	66.3	98.4	121.8	97.2	
	a	b	c	d	

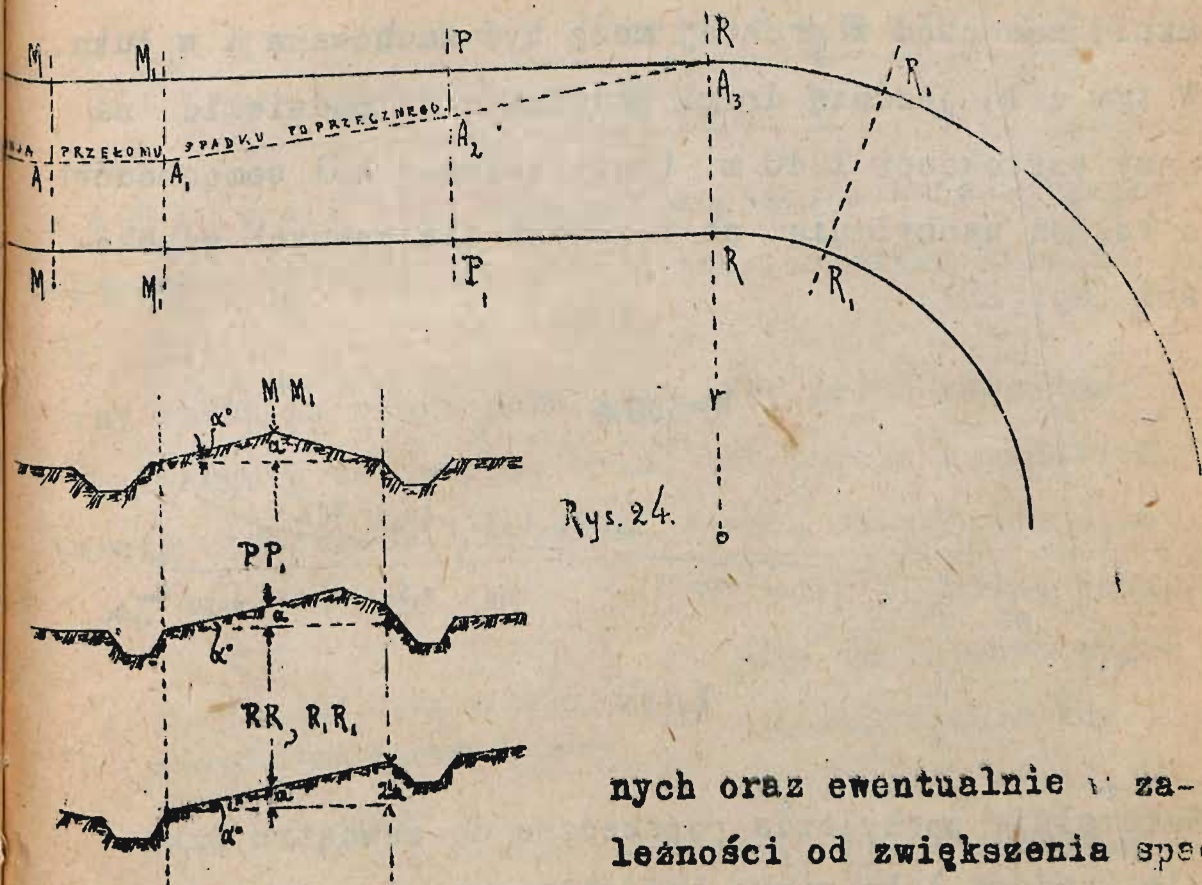
Z tablicy II na str.50 wyprowadzamy wniosek, że w l e c i e szybkości w łukach powinny mniej więcej być równe podanym w rubryce a lub nieco większe; gdybyśmy dopuszczali szybkości podane w rubryce b, które są prawie takie same jak w rubryce d, wtedy otrzymalibyśmy wątpliwe bezpieczeństwo ruchu ze względu na możność ześlizgnięcia się samochodu przy szybkościach podanych w rubryce d.

Przy f = 0,03 podczas gołoledzi ruch samochodu po stronie drogi zewnętrznej, pochylonej nazewnątrz, zupełnie nie może się odbywać, gdyż niebezpieczeństwo ześlizgnięcia się ma miejsce nawet przy małych szybkościach. -

Jeżeli porównamy tablicę I i II, przychodzimy do wniosku, że warunki ruchu w wypadku, gdy samochód przechodzi po stronie zewnętrznej łuku przy nawierzchni nazewnątrz pochylonej są znacznie trudniejsze i musimy znacznie zmniejszać szybkość: jeżeli porównamy rubrykę b tablicy I z rubryką a tablicy II-ej, przy których mamy jednakowe warunki bezpieczeństwa na wywracanie, widzimy, że w tym drugim wypadku wielkości dla V mamy około 20% mniejsze; również porównanie rubryki c tablicy I i rubryki d tablicy II-ej przemawia za tem, że ruch po wewnętrznej stronie łu-

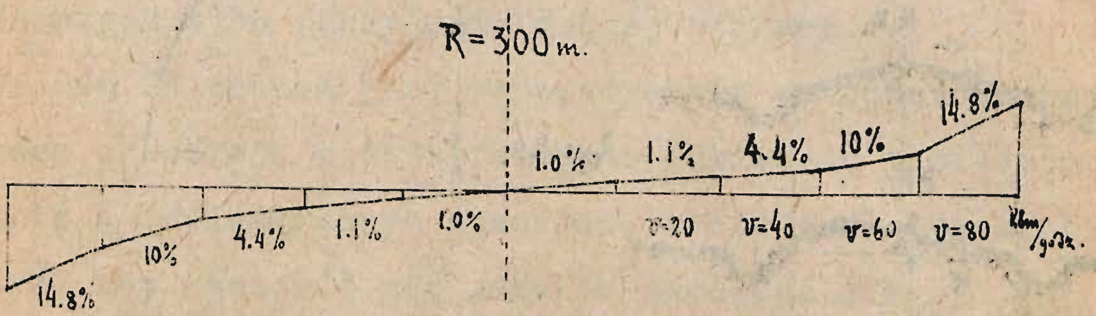
ku drogi o przekroju normalnym symetrycznym dwuspadkowym (Rys.18) jest niedogodny. -
Z tych względów przy budowie dróg jednym z warunków przystosowania ich do ruchu samochodów jest zastosowanie w łukach jednostronnego spadku o pochyleniu takiem, jakie jest dwustronnie dawane na odcinkach prostych albo pochyleniu więcej stromem.
Na rys.24 podane jest schematycznie przejście normalnego przekroju z dwustronnym spadkiem do przekroju w łuku z jednostronnym spadkiem, które musi być zrobione tak, aby samochód gdy zacznie zataczać łuk był już cały przechylony odpowiednio. Spadek poprzeczny drogi w łuku można dobierać odpowiednio do szybkości z jaką mają po łukach przechodzić samochody;im spadek ten będzie większy, tem większą szybkość samochodu w łuku możemy dopuścić.

Na rys.24 spadek α poprzeczny zrobiony został taki, jak na odcinkach prostych; gdyby spadek poprzeczny był zrobiony większy należałoby do wysokości punktu A_3 dostosować wysokość punktów pośrednich A_2, A_1.. tak, aby to podniesienie było stopniowe.
Przejście od normalnego przekroju poprzecznego z dwustronnemi spadkami powinno być zrobione na długości conajmniej 3-5 krotnej szerokości drogi i nawet więcej w zależności od wielkości szybkości dopuszczal-



Rys. 24.

nych oraz ewentualnie w zależności od zwiększenia spadku poprzecznego na łuku w stosunku do spadku poprzecznego na odcinku prostej. Podane na rys.24 rozwiązanie przystosowania przekroju poprzecznego drogi w łukach do szybkiego ruchu samochodowego należy do najprostszych; można rozwiązywać tę kwestję lepiej, precyzyjniej pod względem teoretycznym; podawać tu różnych,nieraz bardzo skomplikowanych pomysłów nie będziemy, poprzestaniemy na pomyśle inż. Langlot'a, który proponuje taki przekrój poprzeczny w łuku, przy którym szybkość z którą mknie samochód w prostej może być zachowana i w łuku. W tym celu jezdnię drogi proponuje on podzielić na pasy szerokości 1.40 m. (rozstawienie kół samochodów) o różnem nachyleniu, obliczonych dla pewnych szybkości (Rys.25)



Rys.25.

Naturalnie pochylenia poprzeczne do wewnątrz łuku dla każdego łuku winno być obliczone w zależności od jego promienia. -

Duże trudności przedstawia zbudowanie przejściowych przekrojów od normalnego w prostej do normalnego w łuku projektowanego na rys.25 i utrzymywanie tych przekrojów w stanie pierwotnym.- O ile takie przejściowe przekroje dobrze będą zbudowane może ruch po łuku z przekrojem, takim jak na rys.25 odbywać się ze znacznemi szybkościami, o ile samochód będzie jechać odpowiednim do swojej szybkości pasem, mającym odpowiednie pochylenie poprzeczne. -