

POLITECHNIKA WARSZAWSKA.

# BUDOWA DRÓG — i — ROBOTY ZIEMNE

wykłady

**prof. M. NESTOROWICZA**

Rok 1921/22.



W A R S Z A W A

NAKŁADEM „KOMISJI WYDAWNICZEJ” TOW. BR. POM. STUD. POL. WARSZ.  
Drukarnia i Litografia „Saturn”, Marszałkowska 91. Tel. 20-44.

1 9 2 1.

12.4927

B-3799



BZ06PK/004-22

# BUDOWA DRÓG I ROBOTY ZIEMNE

---

## ROZDZIAŁ I.

### RUCH NA DROGACH.

Na drogach są następujące rodzaje ruchu:

1. R u c h p i e s s y; rozumieć pod nim będziemy ruch ludzi przechodzących bądź luźno (przechodnie) bądź w zwartym tłumie (pochody, procesje itp) lub w kolumnach (wojsko).
2. R u c h z w i e r s ą t; rozumieć tu będziemy ruch zwierząt domowych większych, a więc bydła rogatego, a przede wszystkim koni. Może to być również ruch luźny (przejście pojedynczych sztuk lub kilku sztuk) lub masowy (przejście stad całych). Przejście oddziałów kawalerji będziemy zaliczali również do tego rodzaju ruchu.
3. R u c h w o z ó w; rozumieć pod nim będziemy ruch wozów wszelkiego typu ciężarowych i osobowych, ciągniętych przez konie lub inne zwierzęta pociągowe.
4. R u c h w o z ó w z n a p ę d e m m e c h a n i c z n y m, a więc samochodów tak osobowych jak ciężarowych, a również pociągów drogowych,

składających się z lokomotyw drogowych, czyli jak je przeważnie nazywają traktorów, ciągnących cały szereg wozów przyczepnych. Nie wymieniamy tu pod oddzielną rubryką ruchu welocypedowego wobec tego, że ten rodzaj ruchu na ustrój drogi i jej zużycie w porównaniu do innych rodzajów ruchu oddziałują w stopniu nieznacznym.

Każdy z wymienionych rodzajów ruchu wymaga od dróg pewnego przystosowania ich do potrzeb i właściwości tego ruchu. Dopiero uwzględnienie potrzeb wszystkich tych czterech rodzajów ruchu przy budowie danej drogi i przy jej utrzymaniu da nam możliwość zaspokojenia potrzeb miejscowej komunikacji.

Naturalnie rzadko istniejące drogi odpowiadają wszystkim potrzebom miejscowej komunikacji, gdyż nie zawsze warunki bądź techniczne, bądź materialne pozwalają na przystosowanie się przy budowie lub utrzymaniu danej drogi do wszystkich potrzeb miejscowej komunikacji, w każdym razie zadaniem inżyniera drogowego jest, aby drogi możliwie dobrze były przystosowane do potrzeb miejscowego ruchu.

Przechodźmy do scharakteryzowania właściwości każdego z wymienionych rodzajów ruchu i wpływu na ustrój drogi i jej zużywanie. -

1. R u c h p i e s z y. Ruch ten ma przede wszystkim charakterystyczną właściwość - dążność do wyodrębniania się od ruchu kołowego - ze względu na bezpieczeństwo idących pieszo. -

Jako skutek tego dążenia jest takie ukształtowanie konstrukcji róg, przy którym ruch pieszy może odbywać się niezależnie od ruchu kołowego na specjalnie do tego przeznaczonych częściach drogi: na drogach zamiejskich bitych służą ku temu tak zwane pobocza (burty) z jednej strony lub z obydwóch stron jezdni znajdujące się lub nawet specjalne chodniki za rowami drogi, na drogach miejskich - ulicach - są to specjalne chodniki, wyłącznie ze względów bezpieczeństwa ulicznego służące dla ruchu pieszego.

Drugą własnością ruchu pieszego jest stosunkowo małe obciążenie nawierzchni drogi. W największym tłumie jeden człowiek przeciętnie zajmuje  $0,3-0,4 \text{ m}^2$ , ciśnienie zaś, jakie stopy człowieka wywierają na powierzchnię drogi wynosi  $0,33-0,48 \text{ kg/cm}^2$ . Obciążenie to jest stosunkowo nieznaczne w porównaniu z obciążeniem, wywieranym przez inne rodzaje ruchu.

Mimo to należy tu zwrócić uwagę, że na stan nawierzchni, bardzo silnie oddziałują dynamicz-

ne uderzenia jakie nawierzchnia drogi otrzymuje od stóp ludzi idących szczególnie wtedy, kiedy uderzenia te często się powtarzają (t.j. kiedy ruch jest silny), a nawierzchnia drogi nie jest do niego przystosowana (np. zwykła droga gruntowa podczas śloty). Wtedy ruch pieszcy może wywierać znaczny destrukcyjny wpływ na nawierzchnię drogi.

Wreszcie trzecia właściwość ruchu pieszego, to ścieranie nawierzchni, powstające wskutek tego, że przy stawianiu stóp na ziemi i odejmowaniu ich ma miejsce w większym lub mniejszym stopniu - zależnie od indywidualności chodu danego osobnika - tarcie pomiędzy stopą i nawierzchnią drogi. To ścieranie nawierzchni widzimy na chodnikach ozywionych ulic miejskich. -

2. Ruch zwierząt domowych a przedewszystkiem koni i bydła rogatego ma inne właściwości niż ruch pieszcy, i inaczej oddziałują na nawierzchnię dróg. Przedewszystkiem ten rodzaj ruchu rzadziej wymaga oddzielenia go od ruchu kołowego i przeważnie odbywa się po tej części drogi, po której odbywa się ruch wozów i samochodów.

Następnie obciążenie nawierzchni statyczne, a również (przy ruchu szybkim np. w kłusie) i dynamiczne jest daleko większe od ruchu zwierząt niż od ruchu

pieszego.

Przeciętna waga własna konia wynosi 350 kg. co w przybliżeniu da obciążenie statyczne 0,75-1,00 kg cm<sup>2</sup>. - Poważny wpływ na zużywanie nawierzchni drogi wywiera podkuwanie koni, co jest w celu ochrony kopyt konieczne, gdy chodzą one po drogach z twardą nawierzchnią; wtedy nawierzchnia dróg narażona jest na stosunkowo silne uderzenia kopyt opancerzonych podkowami, które w dodatku często są zaopatrzone w wystające części.

Oddziaływanie kopyt zwierząt na nawierzchnię jest w pewnych warunkach bardzo znaczne i z czynnikiem tym należy się liczyć przy budowie i utrzymaniu dróg. O ile droga ma służyć wyłącznie dla ruchu pieszego lub konnego i nie ma służyć dla ruchu wozów lub samochodów, warunki budowy takiej drogi znacznie się ułatwiają: depuszczalne są wtedy łuki o bardzo małym promieniu lub załamania trasy drogi wprost pod kątem nawet ostrym, a wzniesienia względnie spadki daleko większe niż na drogach, mających służyć dla ruchu pojazdów; spadki mogą tu dochodzić nawet do 25% i więcej, gdy na drogach, na których odbywa się ruch pojazdów nie powinny wynosić więcej niż 12-15%.

Ponieważ pod powyższymi względami wymagania ruchu pojazdów, jak to zobaczymy szczegółowo dalej, są daleko dalej idące, niż wymagania ruchu pieszych i zwierząt, a drogi przeważnie muszą odpowiadać warunkom wszystkich rodzajów ruchu, przeto budowę i utrzymanie dróg przedewszystkiem będziemy przystosowywali do wymagań ruchu pojazdów, jako do wymagań daleko dalej idących i tem samem już zadość czyniących wymaganiom ruchu pieszych i zwierząt. -

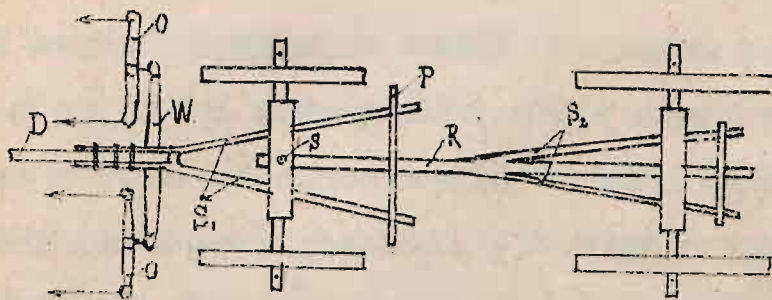
**R u c h w o z ó w** wszelkiego rodzaju, ciągniętych przez zwierzęta pociągowe, jak konie, woły, muły i t.p. ma daleko większy wpływ na ukształtowanie dróg i na ustrój ich nawierzchni, niż ruch pieszy i konny. Wozy bywają dwukołowe i czterokołowe; w Polsce prawie wyłącznie są w użyciu wozy czterokołowe, które w porównaniu do wozów dwukołowych stawiają drogom większe wymagania.

**R o d z a j e w o z ó w**: Zależnie od przeznaczenia wozy bywają: 1/ wozy ciężarowe, służące wyłącznie dla przewozu ciężarów, 2/ wozy gospodarskie, służące do przewozu ziemiopłodów i wogóle do potrzeb gospodarstwa rolnego i 3/ wozy osobowe, służące do przewozu ludzi. Wozy te bywają najrozmaitszych typów, opisać ich nie wchodzi w zakres niniejszego wykładu. -

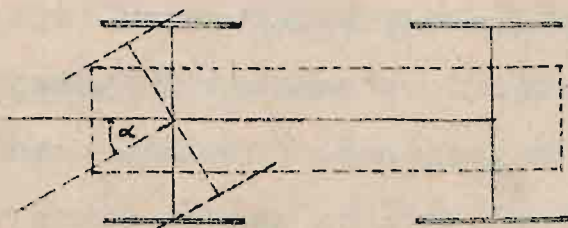
Zatrzymamy się na zasadniczym typie - wozie gospodarskim - od którego dwa inne rodzaje wozów właściwie biorą swój początek i który najwięcej wpływa na ukształtowanie drogi. - Wozy mają osie stałe, na których obracają się luźno i niezależnie od siebie koła; w tem zasadniczo różnią się od wozów (wagonów) kolejowych, przy których osi i nasadzone na nią dwa koła, tworzą tak zwany zestaw kół, stanowiących całość razem obracającą się.

Podwozie każdego gospodarskiego wozu (Rys.1.) składa się z dwóch części: przedniej i tylnej, połączonych przy pomocy sworznia S. Przednia część składa się z osi, na której koła są zwykle nieco mniejsze niż tylne. Dyszel D przymocowany jest do przedniej osi i utrzymywany prostopadle do niej przy pomocy przednich śnic S. Do dyszla przymocowane są wagi W, a do nich erezki O. Aby dyszel trzymał się poziomo, między śnicami zrobiona jest podwma P, która opiera się o rozworę R i nie pozwala, aby dyszel się opuszczał. Tylna część wozu połączona jest z przedkiem przy pomocy sworznia pionowego S i rozwory R, która utrzymuje się w kierunku prostopadłym do tylnej osi za pomocą tylnych śnic S<sub>2</sub>; rozworę można w pewnych granicach wydłużać lub skracać, przez

co będzie się skracać lub wydłużać długość wozu.



Rys. 1.



Rys. 2.

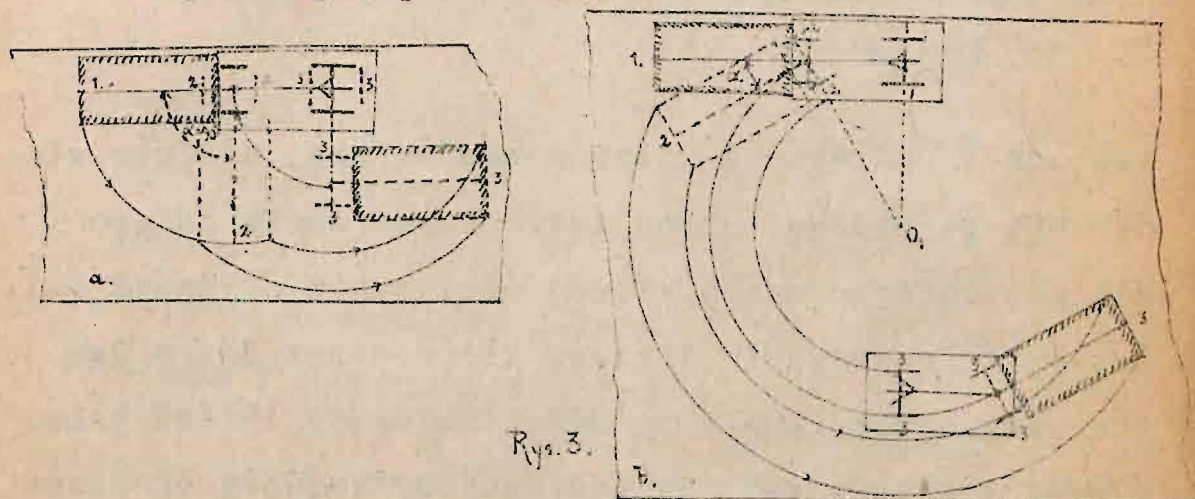
Pudło wozu leży na osiach, z tylną osią połączone jest stale sztywnie, z przednią zaś za pomocą tak zwanego kierownika, łączącego na przedniej osi i połączonego przy pomocy sworzni.

Skręt wozów. Dzięki powyższemu urządzeniu przednia oś może odchylać się od położenia prostopadłego do rozwoju, wskutek czego wóz może skręcać. Kąt takiego odchylenia (Rys.2), to jest tak zwany skręt wozu zależy od szerokości pudła wozu w dołu, do którego przy największym odchyleniu przedniej osi dotkną się przednie koła.

Zwykle kąt ten wynosi około  $25^{\circ}$  -  $35^{\circ}$ .

Przy wozach ciężarowych miejskich i przy większości pojazdów osobowych, konstrukcja wozu pozwala na skręt do  $90^{\circ}$ ; ma to tę dogodność, że wozy są skrętniejsze, to jest wymagają dla obrócenia daleko mniej miejsca, niż zwykły wóz gospodarski.

Rys. 3 wskazuje różnicę potrzebnego miejsca dla zawrócenia wozu mającego zwykły skręt  $25-35^{\circ}$  i wozu miejskiego, posiadającego skręt wielkości  $90^{\circ}$ .

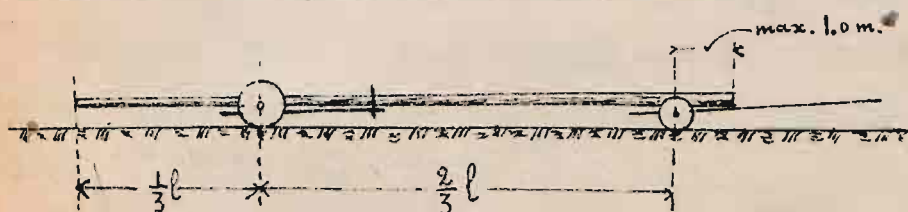


Rys. 3.

Mają miejsce wypadki, że przy wozach gospodarskich jeden skręt przedniej osi nie wystarcza. W szczególności ma to miejsce wtedy, gdy za pomocą takiego wozu przewozi się długie kłoc drewna.

Kłoc takie dochodzą niekiedy do 30 m. długości i transportowanie ich po ostrych łukach przedstawia pewne trudności. W celu ułatwienia przewożenia długich kłoców przy transportowaniu ich po ostrych łukach, oprócz przedniego skrętu stosuje się i tak

zwany tylny skręt. - Kłoc przewozi się w sposób następujący: osie rozstawiają się tak, aby grubszy koniec kłoca naładowany był na przodek wozu tak, aby sam koniec kłoca nie przeszkadzał w zaprzęganii keni, tylną zaś część wozu podstawia się pod kłoc na odległości  $\frac{2}{3}$  długości kłoca od grubszego końca (Rys. 4.)

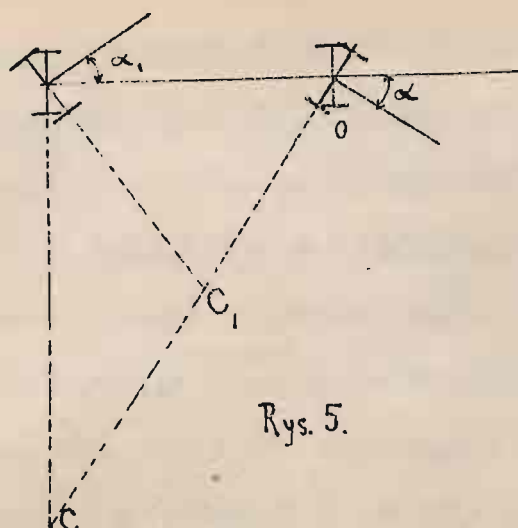


Rys. 4

tak, że  $\frac{1}{3}$  długości kłoca zawiesza się, ale nie wlece się po drodze; przez takie naładowanie osiąga się równomierne mniej więcej obciążenie obydwóch osi. Przy przeprowadzaniu takiego kłoca przez ostry łuk w drodze napotyka się na duże trudności, które pokonywamy w ten sposób, że odwiązujemy rozworę od kłoca i odciągamy jej koniec w poprzek i skręcamy tylną oś o kąt  $\alpha$  (Rys. 5), dzięki czemu wóz może zatoczyć znacznie mniejszy łuk (promieniem  $OC_1$ ) niż przy jednym przednim skręcie (promieniem  $OC$ ).

Zwykle  $\alpha_{\max} = 35^\circ$  (przedni skręt) i  $\alpha_1, \max = 30^\circ$  (tylny skręt).

Dla orientacji przytacza się przeciętne wymiary wozu gospodarskiego, które w różnych okolicach znacznie się różnią.



Rys. 5.

Sredn.kół przednich	0,7 - 0,9 m.
Średn.kół tylnych	0,8 - 0,1 m
Szerokość obręczy	0,06 - 0,10 m.
Odległość pomiędzy osiami	2,00 - 3,50 m.
Długość zaprzęgu(od przedniej osi do końca dyszla)	2,50 - 4,00 m.
Dług.drugiego zaprzęgu	2,00 - 3,00 m.
Szerokość pudła z wierzchu	1,50 - 2,00 m.
Szerokość ładunku	1,50 - 2,80 m.
Ciężar własny wozu	400 - 1000 kg.

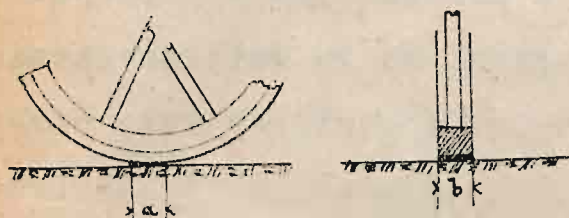
W miastach do przewozu ciężarów są często używane wozy specjalne o dużym kącie skrętu dochodzącym do 90° i nawet więcej; wozy te są pod tym względem przystosowane do ruchu po ulicach miejskich, które krzywią się często nawet pod kątemi ostre.

Szerokość obręczy długo ważnym szczegółem przy budowie ulic, ponieważ kąt skrętu wozów jest szeroko-

kość obręczy kół, a właściwie stosunkowe obciążenie nawierzchni do ciśnienia kół. Wielkość obciążenia nawierzchni jest przy jednakowej absolutnej wielkości ciśnienia koła na nawierzchnię w stosunku odwrotnym do szerokości obręczy. Ten szczegół budowy wozów, mających kursować po danej drodze jest mierzalnym przy wyborze rodzaju nawierzchni drogi: przy większym obciążeniu trzeba wybierać trwalsze nawierzchnie, przy mniejszym możemy zadowalniać się mniej trwałą nawierzchnią. Zdawałoby się, że należy stosować możliwie szerokie obręcze, bo im szersze są obręcze kół, tem mniejsze otrzymamy obciążenie nawierzchni, jednak praktyka dowiodła, że poza pewne granice nie możemy poszerzać szerokości kół wozów ciężarowych, gdyż wtedy wzrastają niepomniernie opory przy ruchu wozów. O tem będziemy mówili dalej, tu zaznaczyć należy, że dla zwykłych wozów ciężarowych, poruszanych końmi, szerokość rzadko przenosi 12 cm.

W ostatnich czasach ze względu na trwałość nawierzchni dróg starają się utrzymać obciążenie nawierzchni dróg w takich granicach, aby to obciążenie nie niszczyło w sposób nadmierny nawierzchni; na odbytym niedawno międzynarodowym zjeździe w Paryżu ustalono, że największe dopuszczalne obciążenie nawierzchni do kół pojazdów nie powinno przenosić 150 kg. na centymetr

bieżący szerokości obręczy. Nie określa się tu obciążenia na  $\text{cm}^2$ , gdyż w zależności od rodzaju nawierzchni (Rys. 6.)

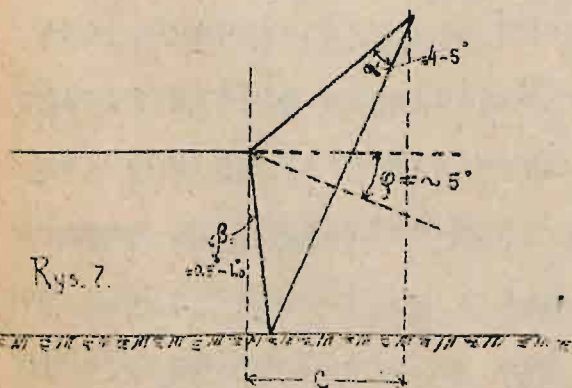


Rys. 6.

oraz ciśnienia koła, koło opiera się zmienną i nieuchwytną wielkością  $a$  o

nawierzchnię drogi, a zawsze całą szerokością obręczy  $b$ . Obciążenie nawierzchni od kół pojazdów i jego wielkość jest czynnikiem pierwszorzędnej wagi dla trwałości nawierzchni.

Konstrukcja kół. Koła wozów zwykle budowane są w ten sposób, że są pochylone pod pewnym bardzo małym kątem końce osi ku dołowi, a koło buduje się w ten sposób, że szprychy są wstawione pod



Rys. 7.

pewnym kątem  $\alpha$  do płaszczyzny koła. Dzięki takiej konstrukcji szprychy koła w chwili gdy podczas obrotu koła przechodzą przez

punkt styczności z nawierzchnią, są prawie prostopadłe do nawierzchni i obciążone skutkiem tego racjonalnie, powtórę taka konstrukcja koła podczas ruchu automatycznie zmusza koło do przesuwania się ku

środkowi wozu i zmniejsza nacisk piasty na konieq, osi, na którym znajdują się zabezpieczenia zapobiegające spadnięciu koła z osi w postaci już to specjalnych śrub lub zwykłych zatyczek. Ma to duże znaczenie przy ruchu wozów po nierównych drogach, gdy koło otrzymuje wiele uderzeń, które mogą oddziaływać na te śruby czy zatyczki, zapobiegające spadaniu kół z osi. Oprócz tego podana na rys. 7 konstrukcja kół daje możliwość poszerzenia ku górze pudła wozu o  $c = 15-20$  cm. z każdej strony, co ma duże znaczenie dla pojemności wozu. -

O r e s o r a c h i h a m u l c a c h przy wozach zwykłych nie będziemy tu mówić szczegółowo; zaznaczyć tylko trzeba, że resory mają na celu zmniejszenie uderzeń przy ruchu po nierównej drodze i że przy szybkim ruchu opór ruchu wozu resorowego jest znacznie mniejszy niż opór ruchu wozu nieresorowego takiej samej wagi. - Co do hamulców przy wozach, są one albo w postaci klocków, przyciskanych za pomocą specjalnego urządzenia do kół i wywołujących tem tarcie klocka o obręcz, albo też pod koło tylne podkłada się tak zwany hamulec sankowy, na którym wóz zsuwa się, zwykle ze szkodą dla nawierzchni drogi.

Oddziaływanie ruchu wozów na budowę i utrzymanie dróg jest dwojakie:

- a/ Do potrzeb ruchu wozów winny być przystosowane wielkości łuków na drogach tak, aby wszelkie wozy po danej drodze przejeżdżające mogły bez trudności i ograniczeń przechodzić po tych łukach; również do ruchu wozów na danej drodze wzniesienia względnie spadki powinny być tak przystosowane, aby zarówno ruch ciężarowy jak i osobowy odbywał się w sposób najdogodniejszy, a koszt był możliwie najniższy.
- b/ Obręcze kół powodują zużywanie nawierzchni dróg przez ścieranie nawierzchni, wytwarzanie wybojów, a w szczególności wytwarzanie tak niepożądanych dla każdej drogi kolein.

#### 4. Ruch wozów z napędem mechanicznym.



Ten rodzaj ruchu podzielić można na trzy zasadnicze kategorie: a/ ruch samochodów osobowych, b/ ruch samochodów ciężarowych, c/ ruch pociągów drogowych.

Ruch samochodów osobowych w odróżnieniu od ruchu wozów zwykłych posiada następujące właściwości:

1) Siła pociągowa działa na obwodzie kół tylnych i dzięki tak zwanemu tarciu posuwistemu między kołem (obwodem koła) i nawierzchnią nazywanemu również „adhezją”, wywołuje ruch samochodu.

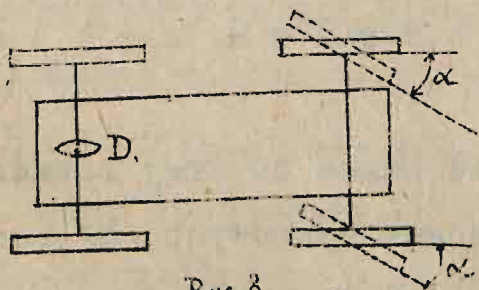
Wielkość adhezji jest w stosunku prostym do wagi samochodu, przypadającej na koła ciągnące i zależy od materiału obręczy i nawierzchni drogi, wyraża się zaś wzorem:  $A = G \cdot h$ , gdzie

A - adhezja (zaczepność) między kołem ciągnącym i nawierzchnią drogi,

G - waga kół ciągnących

h - współczynnik adhezji, zależny od materiału nawierzchni drogi i rodzaju obręczy koła.

b.) U r z ą d z e n i e o s i i k ó ł jest następujące: przednie koła za pomocą systemu drążków odchylają się jednocześnie od



Rys. 8.

położenia prostopadłego do osi na kąt 20-25°.

Jeżeli przy odchyleniu od położenia prostopadłego do osi kołach przed-

nich wprowadzimy w ruch samochód, wówczas zacznie on zataczać łuk i pociągnie za sobą tył samochodu. Ponieważ przy ruchu w łuku zewnętrzne koła przechodzą dłuższą drogę, niż koła znajdujące się na wewnątrz łuku,

przeto niezbędne jest takie urządzenie, które pozwalałoby na niezależne działanie kół tylnych; takie niezależne od siebie działanie kół tylnych osiągnięto za pomocą tak zwanego trybu wyrównawczego czyli dyfferencjału. Tylna oś ciągnąca, którą obraca motor samochodu dzieli się na dwie oddzielne części, zazębiające się jedna o drugą za pomocą całego systemu kół zębatych; urządzenie to pozwala na niezależny od siebie ruch kół tylnych, dzięki czemu samochody przechodzą łuki bez ślizgania się koło tylnego zewnętrznego po nawierzchni, co miałoby miejsce, gdyby obydwa tylne koła były ściśle połączone z sobą.

c) Trzecią właściwością samochodów osobowych jest **z n a c z n a s z y b k o ś ć**: gdy ruch osobowy w pojazdach ciągnionych przez konie może osiągnąć najwyżej 15 kl.godz. przeciętna szybkość samochodu osobowego po średniej drodze bitej wynosi 40-50 kl/godz. a w wyjątkowych wypadkach nawet 80-100 kl/godz. Okoliczność ta ma poważne znaczenie przy budowie i utrzymaniu dróg, gdyż każe baczną uwagę zwracać na urządzenie odpowiednie łuków na drogach i wogóle na to wszystko co mogłoby przeszkadzać szybkiemu ruchowi samochodów.

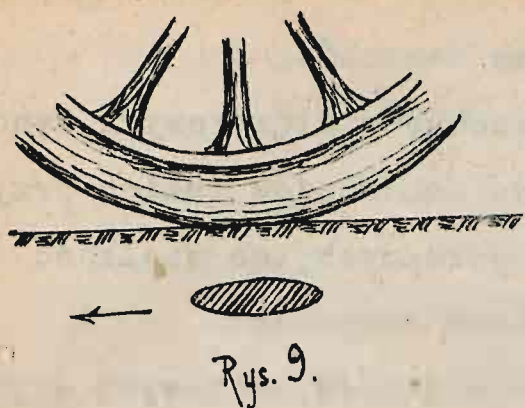
d) Czwartą właściwością ruchu samochodów osobowych jest urządzenie obręczy kół i oddziaływanie ich na

nawierzchnię dróg.--

Dotychczas prawie wyłącznie koła samochodów są uzbrojone w obręcze gumowe tak zwane pneumatyczne, składające się z dwóch części: wewnętrznej kieszki z cienkiej i mocnej gumy grubości 2-3 mm. z wentylem do pompowania powietrza, które, gdy koło jest zdane do pracy, powinno posiadać prężność 2-3 atmosfer, - i zewnętrznej opony z grubej gumy, niekiedy uzbrojonej w nity żelazne lub poprzeczne zebrowanie z gumy dla lepszej zczepności koła z nawierzchnią.

Próby czynione w celu zastąpienia drogich obręczy gumowych przez inne tańsze urządzenia, np. koła żelazne koncentryczne ze sprężynami pomiędzy nimi dotychczas nie dały wybitnego wyniku dodatniego i należy mniemać, że przez długi czas jeszcze obręcze gumowe pneumatyczne przy samochodach osobowych nie będą miały poważnych konkurentów.

Otóż obręcze pneumatyczne oddziałują na nawierzchnię drogi w pewnych warunkach bardzo destrukcyjnie. Pod ciężarem samochodu obręcz gumowa pneumatyczna płaszczy się, ugina się i przylega do nawierzchni drogi powierzchnią elipsy (Rys.9.), której wielkość zależy z jednej strony od wagi samochodu, z drugiej strony od wielkości ciśnienia powietrza w kołach obręczy pneumatycznej.



Przy wolnym ruchu samochodów osobowych, wynoszącym 20-25 kl/godz. gumowe obręcze pneumatyczne jeszcze nie oddziałują ujemnie na powierzchnię dróg bitych, natomiast przy więk

szej szybkości, odrywanie się gumowej obręczy pneumatycznej od nawierzchni drogi następuje tak szybko, że chwilowo pod toczącym się kołem tworzy się próżnia, co powoduje niejako wysysanie z nawierzchni drogi pyłu i drobnych cząsteczek; to wysysanie rozluźnia spójność nawierzchni i wywołuje przedwczesne jej niszczenie.

Ruch samochodów ciężarowych różni się od ruchu samochodów osobowych przede wszystkim szybkością; szybkość samochodów ciężarowych wynosi rzadko 30-40 kl/godz.

Co do konstrukcji zasadniczych różnic między samochodami osobowymi i ciężarowymi niema, jedynie cięższe samochody ciężarowe mają zamiast pneumatycznych obręczy, masywne gumowe lub nawet żelazne.

W czasie wojny z powodu braku gumy państwa centralne stosowały przy samochodach ciężarowych żelazne obręcze, przy większej szybkości i większym obciążeniu bardzo szkodliwie działające nie tylko na powierzchnię

drogi, ale również i na sam samochód.-

Ładunek użyteczny samochodów ciężarowych wynosi od 1 do 10 tonn. Czasami do samochodów takich przyczepia się kilka wozów przyczepnych, co wielkość przewożonego ładunku zwiększa znacznie.

Przy mniejszej, niż samochodów osobowych, szybkości samochodów ciężarowych, obręcze gumowe nie tak szkodliwie oddziałują na nawierzchnię dróg bitych; więcej destrukcyjnie na nią wpływają silne dynamiczne uderzenia, powstające przy ruchu samochodu po nierównej nawierzchni. Uderzenia te szczególnie szkodliwe są wtedy, gdy samochód ciężarowy ma obręcze żelazne.

W ostatnich czasach wchodzi w użycie samochody ciężarowe czołgowe, które zamiast tylnych kół ciągnących mają przyrządy czołgowe zbudowane na tych samych zasadach, jakie zastosowano przy budowie czołgów wojennych.

Zczepność takich samochodów z drogą jest znacznie wyższa niż zwykłego, i samochód taki oprócz ładunku na sobie, może ciągnąć szereg wozów przyczepnych. Samochody takie można przystosować do ruchu po śniegu przez zamianę przednich kół na płczy.

Ruch pociągów drogowych jest trzecim rodzajem ruchu z trakcją mechaniczną: są to

pociągi złożone ze specjalnych lokomotyw drogowych czyli traktorów i wozów przyczepnych. Ze względu na rodzaj silników traktory można podzielić na dwa rodzaje: parowe i spalinowe.-

Konstrukcja pierwszego rodzaju traktorów niewiele się różni od konstrukcji walców parowych do walcowania dróg bitych.- Siła motoru waha się od 20 HP do 150 HP, waga zaś w zależności od siły silnika od 10 do 25 tonn.- Parowe traktory przeważnie mają kocioł wodnorurkowy typu lokomobilowego z wiszącym paleniskiem. Ciśnienie pary dochodzi do 13 atmosfer; zwykle stosuje się przegrzewanie pary. Na opał najlepiej nadaje się antracyt lub dobry węgiel kamienny; unikać należy koksującego się węgla kamiennego. W braku węgla można używać węgla brunatnych w kawałkach lub brykietach, a nawet torf i drzewo.

Niedogodnością traktorów parowych jest ta, że nie mogą bez szkody dla siebie przechodzić po znacznych i długich spadkach; część paleniska lub opłomków obnaża się z wody wskutek pochylenia podłużnego kotła i może się łatwo przepalić na długim spadku.

Drugą niedogodnością parowych traktorów jest konieczność dowożenia dużej ilości wody i opału: przy odległości miejsca poboru wody i opału, wynoszącej jeden kilometr, do obsługi traktorów parowych

potrzeba 4 podwód parokonnych; jest to poważna niedogodność, o której należy pamiętać przy organizowaniu transportu przy pomocy traktorów parowych. Również niedogodnością traktorów parowych jest to, że na doprowadzenie do stanu gotowości potrzeba dość długiego czasu - około 2 godzin - a przy zimnie i wietrze jeszcze więcej.

Również stosunkowo większa niż przy traktorach spalinowych waga własna traktorów parowych nie należy do dodatnich stron ze względu na większe obciążenie nawierzchni dróg lub obciążenie mostów. Natomiast bardzo poważną zaletą parowych traktorów jest prosty niekapryśny silnik nie wymagający zbyt dużej umiejętności od obsługi. Niektóre fabryki budują walce parowe w ten sposób, że przez zamianę kół przekształcać je można na lokomotywy - traktory. Dla lepszej szczepności z nawierzchnią drogi koła ciągnące są opatrzone poprzecznymi przysrubowaniami do kół deseczkami (żelazniami). Przy lepkich gruntach (np. glinach) deseczki takie zalepiają się i wtedy lepiej używać wśrubowywanych kółców żelaznych. Na ulicach mniejszych i wogóle na drogach o twardej nawierzchni koło z poprzecznymi deseczkami na obręczach lub z kolcami rujnują nawierzchnię; w celu uniknięcia tego na obwodzie kół ciągnących są wstawiane wystające nieco poza

obwód kostki drewniane z twardego drzewa, które z jednej strony znakomicie zwiększają zczepność traktora z nawierzchnią, z drugiej strony zmniejszają zużycie nawierzchni.

Na osi ciągnącej jest urządzony tak zwany tryb wyrównawczy, czyli jak go zwykle nazywają - dyferencjał. Urządzenie to przypomina w ogólnych zarysach podobny ustrój wyrównawczy przy samochodach i daje możliwość obrotu każdemu z kół ciągnących niezależnie jedno od drugiego, dzięki czemu traktor łatwo znosi nierówności drogi oraz ma umożliwiony ruch na ostrych łukach, na których koła traktorów przebywają niejednakową drogę; koła idące po zewnętrznej stronie łuku przechodzą drogę dłuższą, niż idące po stronie wewnętrznej. Gdy grunt po którym traktor ma przechodzić jest słaby, szerokość koła ciągnącego poszerza się przez przyśrubowywanie kół przystawnych, które poszerzają szerokość obręczy koła 1½ razy i więcej. Niekiedy przystawia się dwa koła; wtedy traktor może przechodzić po bardzo lekkich gruntach.

Aby przypadkowe przeszkody lub nierówności drogi, jakie może napotkać traktor, nie mogły nagle zwiększać oporu ruchu, co na mechanizm traktorów mogłoby wpływać niszcząco, ciągnące koła traktorów są zaopatrzone w specjalne amortyzatory sprężynowe,

które łagodzą nagłe zwiększenie oporu ruchu na drodze i które umieszczone są między motorem a kołem ciągnącym; przez zastosowanie takich amortyzatorów traktor staje się elastycznym.

Traktory spalinowe odznaczają się stosunkowo mniejszą wagą niż traktory parowe; waga ta wynosi od 10 do 15 tonn. Silniki bywają jednocyylindrowe, dwa lub czterocyylindrowe; mogą być przystosowane do różnych gatunków paliwa płynnego, począwszy od benzyny No.1 (ciężar gatunkowy 0,765-0,710) aż do zwykłej nieoczyszczonej nafty (ciężar gatunkowy 0,880-0,890).-

Ścianki cylindrów silnika spalinowego, rozgrzewające się przy spalaniu mieszaniny powietrza i gazu benzynowego, chłodzą się za pomocą wody lub oliwy, krążącej między podwójnymi ściankami cylindrów; ciecz ochładzająca (t.j. woda lub oliwa) w celu oziębienia jej wpędzana jest przy pomocy specjalnej pompki do chłodnika umieszczonego na przodzie maszyny.

W innych szczegółach ustroju traktory spalinowe są podobne do traktorów parowych.-

W ostatnich czasach, a szczególnie w czasie wojny europejskiej, weszły w użycie traktory czołgowe, mające zamiast kół ciągnących - czołgi. Pierwsze tego rodzaju traktory pojawiły się w r.1900-1905 r.

Przez zastosowanie czołgów osiąga się dwa cele: zmniejsza się ciśnienie na grunt i zwiększa zczepność traktora z drogą.-

W traktorze Holta powierzchnia czołgu, opierająca się o ziemię wynosi około  $7800 \text{ cm}^2$  dla jednego czołga. Daje to obciążenie nawierzchni drogi  $0,57 \text{ kg/cm}^2$ . Nadmienić wypada, że fabryka wyrabia czołgi różnych szerokości: 50-60 i 75 cm. przy zastosowaniu tych szerokości ciśnienie na grunt będzie odpowiednio równe 0,57, 0,47,  $0,38 \text{ kg/cm}^2$ . Zaznaczyć należy, że człowiek stojący daje obciążenie  $0,33-0,48 \text{ kg/cm}^2$ . Płyty stalowe, tworzące czołg bywają albo gładkie dla dróg twardych, albo też z poprzecznymi „ostrogami” dla dróg miękkich w celu uzyskania większej zczepności z nawierzchnią drogi i uniknięcia „buksovania” czołgów, co łatwo np. może się zdarzyć na mokrej glinie. Szybkość traktorów czołgowych jest stosunkowo nieznaczna 3 - 4 kl/godz.

W o z y p r z y c z e p n e, ciągnięte przez traktory bywają różnych typów w zależności od rodzaju ładunków przewożonych, od jakości dróg i mostów, wreszcie od siły pociągowej traktorów.

Ilość ich może się wahać od jednego do ośmiu a nawet więcej.



Rys. 10.

Wozy przyczepne winny być skrętne, t.j. ich przednia oś winna być skrętna i sztywno na sworzniu przymocowana do traktora lub poprzedniego wozu jak wskazuje rys. 10. Tylko przy takim urządzeniu pociąg drogowy może przechodzić po względnie ostrych łukach, idąc jedną koleją.

N o ś n o ś ć wozów przyczepnych waha się od 3 do 10 tonn; przy mniejszej sile nośnej sam wóz jest lżejszy, przy większej - cięższy, bo mocniej zbudowany; w tym ostatnim wypadku obręcze kół winny być odpowiednio szersze.

Dla przewożenia ciał sypkich, jak ziemi, tłucznia, żużlu i t.p. w Ameryce używane są wozy specjalnej konstrukcji, ułatwiające wyładunek tych materiałów.

Pociągi drogowe, aczkolwiek rzadko w Polsce spotykane jeszcze, stanowią poważny czynnik ruchu, szczególnie destrukcyjnie oddziałujący na nawierzchnię dróg z tego względu, że od razu po dredze

przechodzi szereg ciężkich wozów j e d n ą k o l e j ą. - Przeważnie obręcze wozów przyczepnych są żelazne.

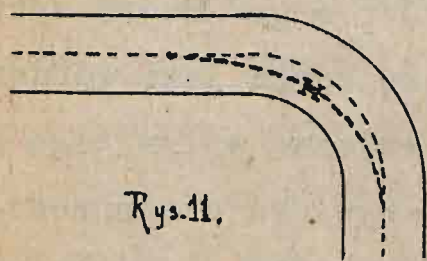
Z tych względów technika drogowa na przystosowanie nawierzchni dróg do ruchu pociągów drogowych winna zwrócić należytą uwagę, z drugiej strony do pociągów drogowych winny być zastosowane pewne przepisy, ograniczające obciążenie nawierzchni; np. przepisy francuskie, które zapewne znajdują zastosowanie w Polsce i przewidują ograniczenie obciążenia powierzchni od kół, a mianowicie dopuszczają najwyżej 150 kg. na centymetr bieżący szerokości obręczy.

W p ł y w r u c h u n a d r o g a c h n a u k s z t a ł t o w a n i e d r ó g. Mając wyżej wyłożoną ogólną charakterystykę ruchu jaki odbywa się na drogach, możemy teraz wskazać wpływ tego ruchu na budowę dróg; wpływ ten wywiera się przede wszystkim na wielkość łuków i spadków oraz na przekrój poprzeczny dróg i ich nawierzchnię.

Ł u k i n a d r o g a c h. Każda droga w planie poziomym składa się z odcinków prostych połączonych mniejszemi lub większemi łukami. Te łuki na drogach prawidłowo zbudowanych są zwykle łukami koła pewnego promienia.

Właściwie lepszym połączeniem dwóch odcinków prostych

byłby łuk paraboliczny, szczególnie 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 samochodowym nie związanym, jak na kolei żelaznej, ze ściśle oznaczoną trajektorją - linją ruchu -, można nagle 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, łagodząc nagle przejście. (Rys.11.)



Najmniejszy dopuszczalny promień łuku na drodze zależy 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