

WIADOMOŚCI DROGOWE

ORGAN STOWARZYSZENIA CZŁONKÓW POLSKICH
KONGRESÓW DROGOWYCH

M. WŁ. NESTOROWICZ.

DROGI SAMOCHODOWE (AUTOSTRADY).

Wiele osób, nie wyłączając nawet fachowców drogowych, niewłaściwie używa terminu „droga samochodowa” lub „autostrada”, nazywając tem mianem drogi o nawierzchni dobrej i gładkiej, umożliwiającej nawet szybki ruch samochodowy, ale które bynajmniej nie są drogami samochodowymi w ścisłym znaczeniu tego słowa, a są zwykłemi drogami przeznaczonemi dla ogólnego użytku, zarówno dla pojazdów samochodowych jak konnych.

W Ameryce, a zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych daleko posunięta motoryzacja ruchu drogowego wywołała przystosowanie budowanych w ostatnich czasach dróg do potrzeb przede wszystkim ruchu samochodowego; ale i te drogi nie są w ścisłym znaczeniu drogami samochodowymi (autostradami).

Klasyczny typ drogi samochodowej zjawiał się stosunkowo niedawno — 10 — 12 lat temu we Włoszech.

Potężniejący z roku na rok, wciąż udoskonalany i wciąż szybszy ruch samochodowy spowodował powstanie i szybki rozwój tego typu drogi i jego udoskonalenie.

Zasadnicza różnica pomiędzy zwykłemi drogami ogólnego użytku, a drogami samochodowymi, nazywanemi z włoska autostradami (w Niemczech „Kraftfahrbahnen” lub „Autobahnen”) jest następująca:

1. Drogi samochodowe przeznaczone są wyłącznie dla ruchu pojazdów mechanicznych i zupełnie izolowane od ruchu konnego i pieszego;

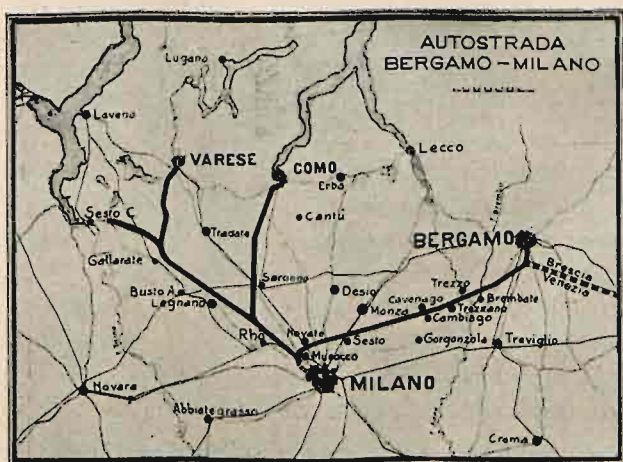
2. Wjazd na drogi samochodowe i zjazd z tych dróg odbywa się tylko w pewnych ściśle oznaczonych punktach, na których poza tem pobierana jest opłata specjalna za korzystanie z tych dróg.

3. Ze względu na bezpieczeństwo ruchu przy wielkich szybkościach, jakie są rozwijane na drogach samochodowych, winny one być odpowiednio zbudowane i przystosowane do tych warunków ruchu.

Rozpatrzmy rozwój tych dróg w różnych państwach, scharakteryzujemy typy zbudowanych i obecnie budowanych dróg samochodowych i podamy warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać.

1. Rozwój obecny dróg samochodowych.

Włochy. Kolebką dróg samochodowych — autostrad — są Włochy, które pierwsze w roku 1922-gim przystąpiły do budowy autostrad łączących Medjolan z jeziorami włoskimi: Medjolan-Como z odnogami do Varese i Seste Calende, ogólnej długości ok. 85 km. (rys. 1).

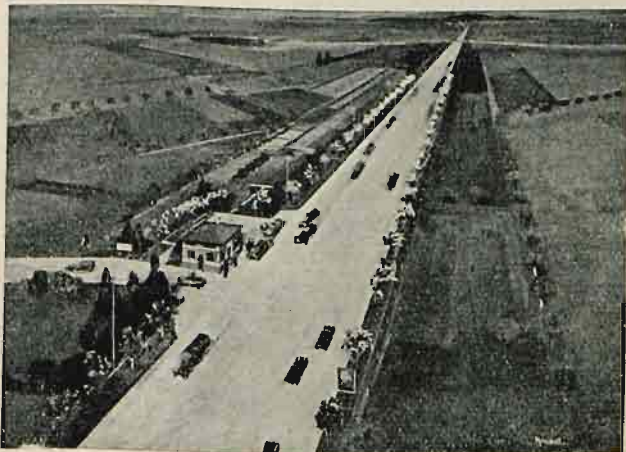


Rys. 1. Plan pierwszych autostrad włoskich.

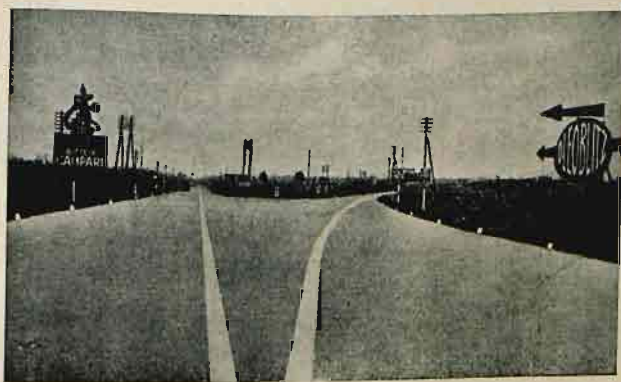
W tym celu w listopadzie 1922 roku zostało utworzone specjalne towarzystwo z udziałem rządu włoskiego.

Już we wrześniu 1924 r. został oddany do użytku odcinek Medjolan-Varese — w 15 miesięcy po rozpoczęciu robót, a całą sieć ukończono we wrześniu 1925 r. — w 26 miesięcy po rozpoczęciu robót.

O charakterze wybudowanej wtedy sieci autostrad daje pojęcie szereg zdjęć (rys. 2, 3, 4, 5, 6) oraz następujące szczegóły budowy.



Rys. 2. Widok ogólny autostrady Medjolan—Como.



Rys. 3. Rozwidlenie autostrad włoskich w Gallarate.

Normalna szerokość jezdni tych dróg wynosi 8 m z poboczami szerokości 1 m z każdej strony; jedynie na odcinku od Medjolanu do pierwszego rozwidlenia szerokość jezdni jest większa i wynosi 12 m.

Jezdnia zbudowana została z jednowarstwowego betonu grubości 18 — 20 cm. na warstwie uwałowanego żwiru lub



Rys. 4. Skrzyżowanie autostrady z drogą zwykłą.



Rys. 5. Skrzyżowanie autostrady z drogą zwykłą.

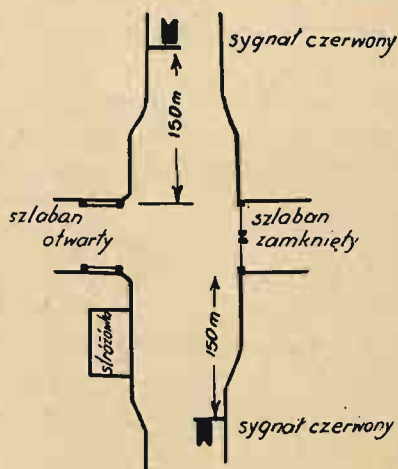


Rys. 6. Domek dróżnika na autostradzie włoskiej.

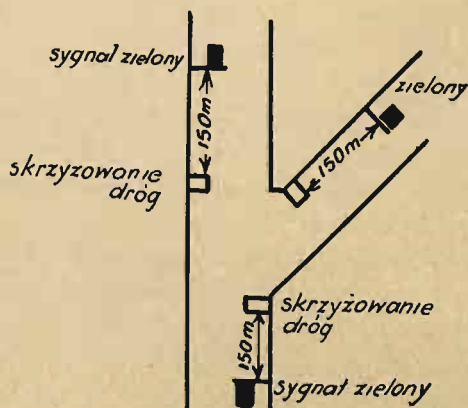
tłucznia grubości 18 — 20 cm; jezdnia betonowa podzielona została ukośniami do osi drogi szczelinami dylatacyjnymi na płyty długości przeciętnie 12 m. Szczelin podłużnych nie robiono, więc przy tej szerokości jezdni potworzyły się same. Płyta betonowa została pokryta cienką warstwą bitumu.

Skrzyżowania z drogami i kolejami są urządzone w różnych poziomach (rys. 4 i 5).

Wjazdy na autostrady są urządzone dość prymitywnie, z zamykaniami szlabanami; gdy szlabany są otwarte, specjalne czerwone sygnały na odległości 150 m od wjazdu ostrzegają jadących autostradą, że z bocznych dróg odbywa się wjazd (rys. 7).

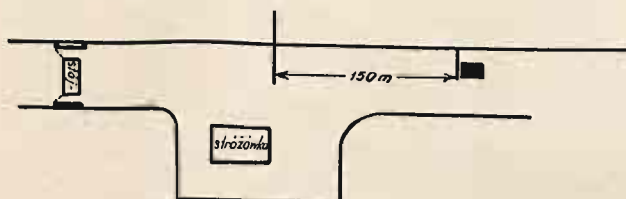


Rys. 7.



Rys. 8.

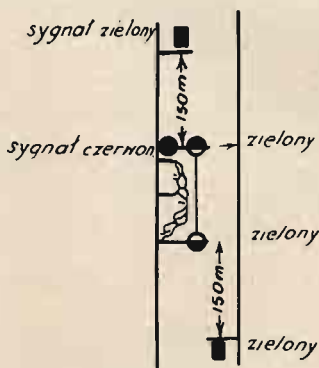
Przy rozwidleniach zielone sygnaly, ustawione również na odległości 150 m od rozwidlenia, ostrzegają o niem jadących (rys. 8). Przed końcem autostrady (wyjazdem) również zielony sygnał ostrzega o potrzebie zmniejszenia szybkości (rys. 9);



Rys. 9.

wreszcie miejsca napraw jezdni są obstawione odpowiednimi sygnałami (rys. 10).

Przy wjazdach znajdują się domy dróżnicze, w których pobierana jest opłata za przejazd lub kontrola pobranych opłat — przy zjeździe z autostrad.



Rys. 10.

Trasa składa się z długich prostych, łączonych łukami o promieniu 500 m; tylko kilka łuków ma promień mniejsze (400 m); na łukach zastosowano spadki jednostronne. Spadki podłużne nie przewyższają 3‰; pionowe załamania niwelety połączone są łukami pionowymi o promieniu 3000 m.

Za przejazd autostradami pobierana jest specjalna opłata: np. za jednorazowy przejazd od Medjolanu do jezior wynosi:

1) dla motocykla z przyczepką 7 lirów (motocykle bez przyczepki nie są dopuszczane do ruchu na autostradach);

2) dla małego samochodu osobowego lub ciężarowego poniżej 17 HP 9 lirów;

3) dla samochodów osobowych o sile od 17 do 26 HP 14 lirów;

4) dla autobusów i ciężarowych samochodów powyżej 26 HP 16 lirów.

Dla przejazdów powrotnych są przewidziane zniżki 30%; istnieją również bilety abonamentowe.

Dotychczasowe wyniki eksploatacji są takie, że dochody zaledwie pokrywają koszty eksploatacji; oprocentowanie włożonego kapitału pokrywa państwo, do którego stopniowo przechodzi kapitał zakładowy. Spadek dochodu w 1931 r. wynosi 25% w porównaniu z rokiem 1929, co tłumaczy się ogólnym kryzysem ekonomicznym.

Pobudowanie pierwszej serji autostrad dało impuls do budowy dalszej serji tych dróg.

A więc wybudowane są autostrady Medjolan-Bergamo-Brescia dług. ok. 95 km, Medjolan-Turyń dług. ok. 125 km i odcinek Padwa-Wenecja dług. ok. 25 km. Trzy ostatnie odcinki stanowią odcinki wielkiej „autostrade pedalpina” z Turynu przez Medjolan-Veronę, Padwę, Wenecję do Trjestu, której budowa ma być przeprowadzona w najbliższym czasie.

Wreszcie są już oddane do użytku autostrady Florencia-Viareggio, Neapol-Pompeja i Rzym-Ostja.

Wszystkie te autostrady pod względem technicznym są podobne do autostrad pierwszej grupy medjolańskiej.

Ostatnie autostrady odznaczają się tem, że promienie łuków są większe od 1000 m i tylko wyjątkowo stosowane są promienie 300 m, pozatem na drodze Rzym-Ostja jest urządzone oświetlenie elektryczne (3000 lamp łukowych na 20 km długości), a szerokość jezdni na tej drodze wynosi 10 m.

W chwili obecnej we Włoszech bądź otwarto do użytku, bądź znajduje się w budowie ok. 520 km autostrad.

W tej liczbie jedna z Genuy do Sierravalle, przeznaczona wyłącznie dla ruchu ciężarowego, długości 50 km; będzie ona oddana do użytku w kwietniu 1935 r.

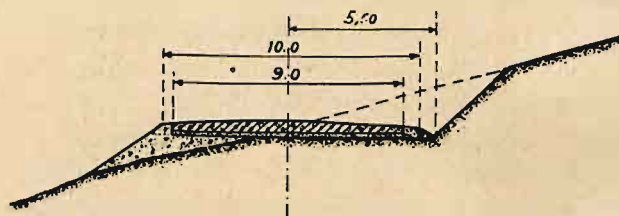
Na decyzję budowy autostrady przeznaczonej wyłącznie dla ruchu ciężarowego wpłynęła okoliczność, że mimo połączenia portu genueńskiego dwiema dwutorowymi linjami kolejowymi

z zapleczem istniejąca droga, wiodąca do zaplecza w kierunku na Turyn i Medjolan i dalej, obciążona jest ruchem do 800 samochodów ciężarowych, przeważnie z przyczepkami, na dobę, przytem w ciągu doby bywają zgęszczenia ruchu dochodzące do 300 samochodów ciężarowych z przyczepkami, idących w kolumnach, w ciągu trzech godzin.

Oczywiście o szybkim ruchu w takich warunkach niema mowy i trzeba było umożliwić ruch, oddzielając ruch osobowy od ruchu ciężarowego.

Teren, przez który prowadzi ta droga — „L'autocamionale Genova-Serravalle Scrivia” — jest górzysty, budowa więc jest kosztowna, aby stworzyć warunki możliwe dla ruchu ciężarowego.

Normalna szerokość jezdni wynosi 9 m, szerokość drogi w koronie 10 m (rys. 11). Największe spadki (na ogólnej długości



Rys. 11. Przekrój poprzeczny autostrady Genua — Serravalle.

ok. 20 km) wynoszą tylko 4‰, przeważnie są mniejsze. Droga przechodzi przez przełęcz górska, której wzniesienie wynosi 412 m nad poziomem morza (rys. 13).

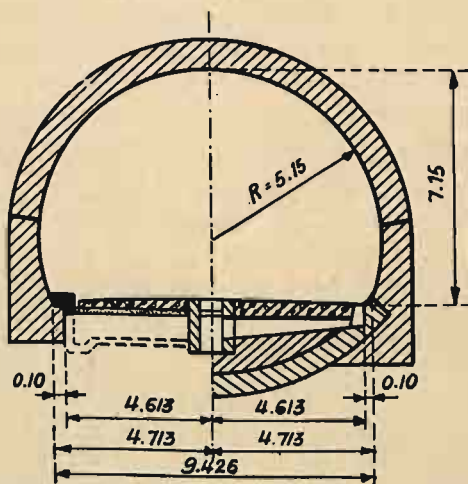
Na przełęczy budowany jest tunel długości 892 m (Galleria Littorio) (rys. 12); pierwszy odcinek od Genuy do przełęczy musi pokonać różnicę poziomów prawie 400 m.

Promienie łuków zastosowane są — mimo terenu górskiego — nie mniejsze niż 100 m.

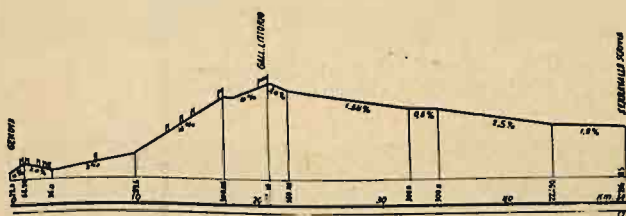
Nawierzchnia jezdni betonowa o grubości 20 cm, spoczywająca na podłożu kamiennem grubości 25 — 30 cm, oddzielona jest warstwą piasku od tego podłoża o grubości 5 cm.

Skrzyżowanie z innymi drogami w różnych poziomach.

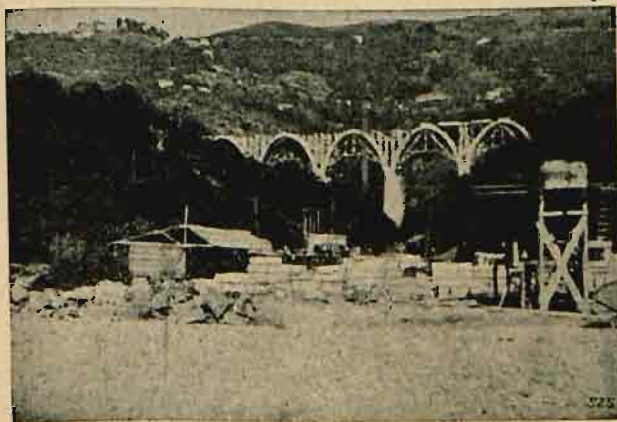
Górski charakter miejscowości wywołał potrzebę licznych budowli inżynierskich: na 50 kilometrowej długości szlaku będzie 11 tuneli ogólnej długości 2859 m, 27 mostów i wiaduk-



Rys. 12. Przekrój tunelu „Galleria Littorio”.



Rys. 13. Przekrój podłużny drogi Genua -- Serravalle.



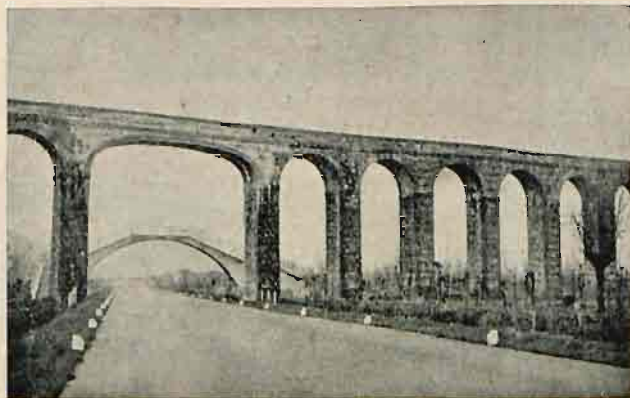
Rys. 14. Wiadukt żelazobetonowy na autostradzie Genua — Serravalle.

któw ogólnej długości 2595 m.; ilość przepustów i wiaduktów dla dróg bocznych wynosi 309. Koszty wynieść mogą około 200 milionów złotych.

Droga co 1 km. posiadać będzie rozszerzenia (place) dla postoju samochodów; co 5 km. będą domki dróżnicze ze stacjami telefonicznymi, wreszcie cała droga oświetlona będzie lampami, aby ułatwić ruch w nocy.



Rys. 15. Autostrada Rzym — Ostia.



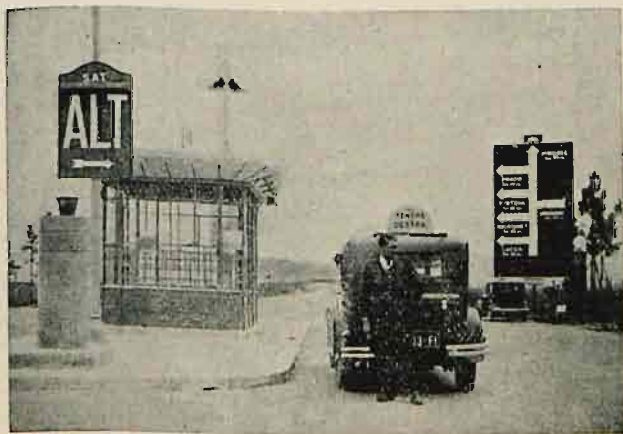
Rys. 16. Skrzyżowanie autostrady Florencja—Viareggio ze starożytnym akwaduktem; na drugim planie przejście dla pieszych.

Wyniki otrzymane przez Włochy przez pobudowanie pierwszych 520 km. autostrad zachęciły rząd włoski do kontynuowania budowy autostrad: na posiedzeniu komisji finansowej senatu włoskiego na wiosnę 1934 r. omawiano w duchu po-

zytywnym projekty budowy dalszych 1900 km. autostrad. Przedewszystkiem ma być kontynuowana tak zwana „Autostrada pedalpina”, łącząca Turyn — Medjolan z Tryjestem, następnie połączenie m. Ventimiglia na granicy francusko-włoskiej z autostradą Genua—Serravalle, wreszcie połączenie północnej sieci autostrad z Rzymem i Neapolem z jednej strony, Bari i Brindisi z drugiej strony.



Rys. 17. Typowe skrzyżowanie autostrady z drogą boczną.



Rys. 18. Wjazd na autostradę Florencia — Viareggio.

Nowe zamierzenia będą urzeczywistniane w miarę możliwości finansowej; obecnie istniejące towarzystwa prywatne budowy autostrad mają być połączone ściśle z zarządem dróg i utworzyć jedno ogólne przedsiębiorstwo.

Niemcy. Drugim państwem w Europie, w którym budowa autostrad w szerokim zakresie jest zapoczątkowana, są Niemcy. Sfery fachowe już dawno tam popularyzowały ideę budowy autostrad. Kilkanaście lat temu powstało w Niemczech specjalne towarzystwo do studjów budowy dróg samochodowych (Die Studiengesellschaft für Automobilstrassenbau, w skrócie „Stufa”), które badało tę sprawę pod względem technicznym i finansowym i opracowywało różne materiały. Między innymi towarzystwo to forsowało budowę autostrady znanej pod skrótem „Hafraba” (Hannower — Frankfurt — Bazylea); budowę niektórych odcinków tej drogi rozpoczęto kilka lat temu. Ze względu na brak środków, budowa była prowadzona w dość wolnem tempie.

Do 1933 r. zaledwie trzy drogi typu autostrad były budowane w Niemczech: Kolonja-Bonn, Kolonja-Düsseldorf i Frankfurt - Mannheim (jako odcinek „Hafraba”). Na pierwszych dwóch szerokość jezdni wynosi 12 m., na ostatniej widzimy już dwie zupełnie oddzielne jezdnie każda o szerokości 7.5 m. przedzielone pasem szerokości 3 — 5 m., obsadzonym żywopłotami poprzecznymi co kilkanaście metrów w celu uniknięcia oślepiania jadących przy świetle latarni samochodowych.

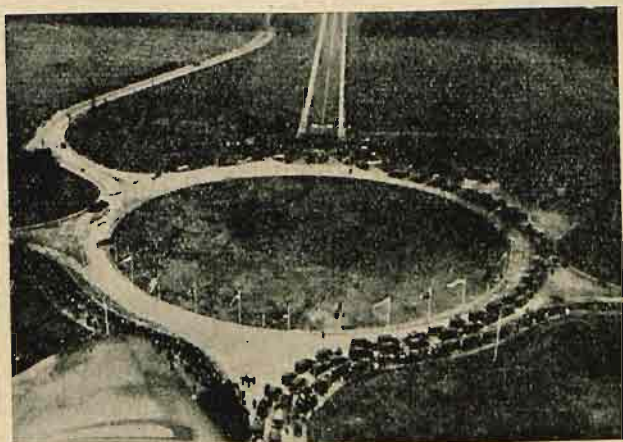
Na pierwszych dwóch drogach mamy przekrój poprzeczny dwuspadkowy, na ostatniej — jednospadkowe dla każdej jezdni ze spadkiem $1\frac{1}{2}\%$, skierowanym na zewnątrz.

Na autostradzie Kolonja-Bonn dług. 20 km. godne uwagi jest koło rozdzielcze (rys. 19) przy końcu autostrady w Kolonji, umożliwiające szybki rozdział ruchu na różne kierunki oraz jedyny na całej przestrzeni wjazd—zjazd i połączenie z przecinaną przez autostradę drogę w Wesseling (rys. 20), które przy wjeździe na autostradę i zjeździe z niej nie daje przecięć potoków ruchu („kolizyj ruchu”), — rzecz dla szybkiego ruchu i jego bezpieczeństwa bardzo ważną; urządzenia takiego niema na pierwszych włoskich autostradach.

Z wymienionych wyżej autostrad niemieckich dwie pierwsze w chwili obecnej są już ukończone, trzecia—w budowie.

Do roku 1933 budowa dróg samochodowych w Niemczech była prowadzona, jak widzimy, w skali dość skromnej.

Dopiero dojście do władzy Hitlera postawiło budowę autostrad na mocne i szerokie podstawy.



Rys. 19. Koło rozdzielcze na początku autostrady Kolonja — Bonn.



Rys. 20. Zjazd w Wesseling z autostrady Kolonja — Bonn.

W czerwcu 1933 r. wydana została ustawa o utworzeniu państwowego przedsiębiorstwa budowy i eksploatacji dróg samochodowych, które połączone zostało z przedsiębiorstwem państwowych kolei niemieckich unją osobistą w osobie generalnego dyrektora państwowych kolei niemieckich. Przedsię-

biorstwo to ma być prowadzone na zasadach handlowych i posiadać będzie szeroką autonomję.

Postanowiona została budowa przeszło 5000 km. dróg samochodowych łączących ważniejsze miasta niemieckie, jak widać z rys. 21.



Rys. 21. Sieć projektowanych autostrad niemieckich.

Jak widać z tej mapy, zamierzona jest budowa dróg, które będą biec równoległe do głównych szlaków kolejowych: Niemcy nie obawiają się konkurencji dróg samochodowych z kolejami, a liczą się z życiem i stosunkami, jakie wytworzyła lokomocja samochodowa; nie hamują sztucznie tej komunikacji, a przeciwnie, pomagają jej rozwojowi.

Polskę interesować będą trzy drogi: 1) Szczecin — Gdańsk—Królewiec, która po drodze natrafia na Województwo Pomorskie; 2) z Berlina przez Kostrzyn do granicy Polskiej (w kierunku na Poznań i Warszawę); 3) z Wrocławia do Bytomia (w kierunku na Katowice — Kraków).

W chwili obecnej — zaledwie po upływie roku od wydania ustawy o budowie autostrad— w budowie znajduje

się przeszło 1000 km. Z tempa prowadzonych robót przy budowie dróg samochodowych można wnioskować, że projektowana sieć autostrad zostanie wybudowana w ciągu 4 — 5 lat, o ile, naturalnie, jakieś przeszkody nie staną w poprzek zamierzeniom rządu niemieckiego. Opracowywanie projektów jest w pełnym biegu. Co do zasad technicznych projektowania autostrad niemieckich, dotychczas nie wydane zostały jakiegokolwiek przepisy ogólne, z tego jednak, co przenika do prasy technicznej, widać, że autostrady niemieckie po wykorzystaniu doświadczeń włoskich budowane będą z dużym udoskonaleniem. Już choćby zastosowanie dwóch równoległych jezdni, oddzielonych pasem, który jest obsadzony żywopłotami poprzecznymi, budowa dość kosztownych zjazdów i wjazdów, dająca możliwość bezpiecznego i niekrępującego wjazdu i zjazdu pojazdów z bocznych dróg, daje pojęcie o tych udoskonaleniach, jakie będą stosowane na drogach samochodowych niemieckich, i postępie w ich budowie.

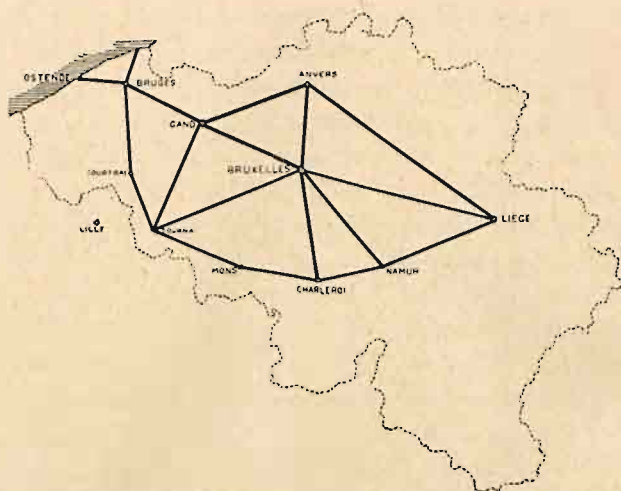
Belgia. Za przykładem Włoch i Niemiec również inne państwa zaczynają myśleć o budowie autostrad; do nich należy między innymi Belgia, która w r. 1933 posiadała już przeszło 180.000 samochodów w ruchu.

Na zjeździe w r. b., zorganizowanym przez związek drogowy belgijski, przedstawiony był przez M. P. Van Deuren'a, profesora szkoły wojskowej, ciekawy projekt autostrad w Belgii.

Projektowane przez niego autostrady o ogólnej długości 850 km (schemat na rys. 22) są przeznaczone dla ruchu samochodów ciężarowych z szybkością 70 km i dla samochodów osobowych z szybkością 110 km.

Projektowane drogi mają posiadać jezdnie o szerokości 18 m, podzieloną na dwie części, z których każda przeznaczona jest dla ruchu jednokierunkowego; podział zrobiony ma być przez słupy oświetleniowe, postawione na środku. Każda jezdnia jednokierunkowa umożliwi ruch trzech rzędów pojazdów: wolniej jadących ciężarowych — po stronie zewnętrznej, szybciej jadących samochodów, lżejszych ciężarowych i osobowych, po środku jezdni, wreszcie dla wymijających szybko jadących — po stronie wewnętrznej jezdni.

W celu omijania wszelkich przeszkód, autostrady będą zbudowane na estakadzie żelbetowej na słupach w odległości 5 m jeden od drugiego w kierunku podłużnym i poprzecznym.



Rys. 22. Projektowana sieć autostrad w Belgii.

Konstrukcja żelbetowa ze szczelinami dylatacyjnymi; skrzyżowanie takich dróg miałyby specjalne ronda (tarcze skrzyżowania) z ruchem okrężnym. Na drogach urządzone byłyby stacje dla wjazdu i zjazdu pojazdów mechanicznych oraz dla zabierania poszczególnych pasażerów do autobusów i ładunku i wyładunku towarów. Dla budynków stacyjnych, garaży, warsztatów, składów i t. p. wykorzystane byłyby z łatwością miejsca pod autostradami.

W celu ułatwienia ruchu w nocy drogi samochodowe byłyby oświetlone zapomocą lamp elektrycznych neonowych rozstawionych co 25 m o sile 100 W ze specjalnymi niesymetrycznymi reflektorami.

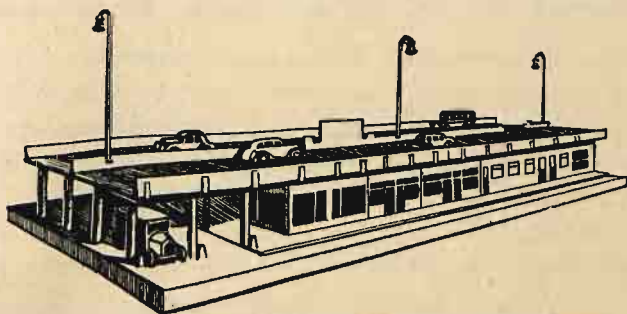
Urządzenia t. zw. obce, jak przewody telegraficzne, telefoniczne, elektryczne, rurociągi, gazociągi i t. p. zainstalowane byłyby pod autostradami.

W celu dostarczania materiału pędnego również pod autostradami byłyby zainstalowane specjalne rurociągi, któreby pędziły te materiały wprost z portu Antwerpii, gdzie pobudowane będą główne składy tych materiałów.

W odpowiednich miejscach projektowane jest urządzenie stacyj do rozdziału tych materiałów.

Model projektowanej drogi widzimy na rys. 23. Projekt prof. Van Deuren'a przewiduje zużytkowanie przestrzeni po-

między płytą nośną dróg i powierzchnią terenu na różne cele: np. po wsiach na zabudowania do użytku rolnictwa i mieszkania ludności przydrożnej; w osiedlach — na biura, pracownie, składy, garaże, restauracje oraz mieszkania robotników, zwłaszcza tych, którzy są związani z pracą na autostradach. Odpowiednie urządzenia zabezpieczałyby uzyskane pod autostradami pomieszczenia przed wstrząśnieniami i hałasami.



Rys. 23. Autostrada według projektu prof. Van Deuren'a.

Projektowana przez prof. Van Deuren'a konstrukcja miałaby według zdania jej autora wielkie walory z punktu widzenia obrony państwa; ciekawe wywody jego w tym kierunku z powodu braku miejsca pomijamy.

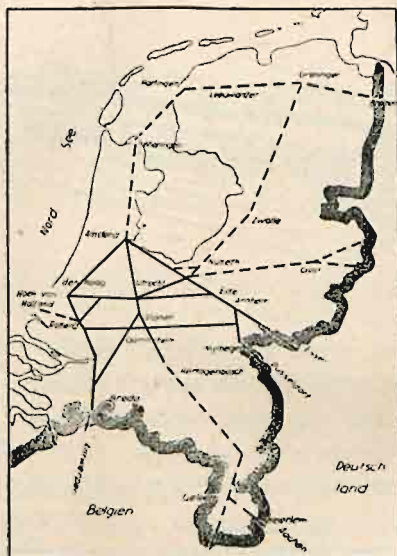
W celu urzeczywistnienia tego ciekawego projektu, mającego w Belgji wielu zwolenników, autor proponuje utworzenie specjalnego „Société Nationale des Autoroutes”, któreby koszty budowy pokryło częściowo z funduszków przeznaczonych na walkę z bezrobociem, częściowo z budżetu Ministerstwa Robót Publicznych i częściowo z opłat od przejezdnych za korzystanie z dróg, z opłat za urządzenia obce oraz za lokale pod autostradą.

Przeciętny koszt jednego kilometra projektowanej autostrady autor oblicza na 5 — 6 milionów fr. belg. włącznie z kosztem budowy mostów i przepustów, wiaduktów i t. p.

Projekt prof. Van Deuren'a pod względem technicznym pozostawia daleko w tyle projekty niemieckie; niewątpliwie daje pod względem technicznym rozwiązanie doskonalsze, ale i znacznie kosztowniejsze; może on mieć uzasadnienie tylko dla kraju wysoko uprzemysłowionego, o znacznej gęstości ludności.

Holandja. Również i Holandia ma daleko posunięte projekty budowy autostrad.

Komisja wyłoniona przez rząd holenderski „Commissie van Overleg voor de Wegen” opracowała ogólny projekt budowy autostrad. Jest tam rozważany projekt utworzenia specjalnego przedsiębiorstwa budowy autostrad: „Nederlandsche Vereeniging voor Autosnelwegen” (NEVAS). Projektowana sieć dróg samochodowych (rys. 24) jest dość gęsta. Już opracowany zo-



Rys. 24. Projektowana sieć autostrad w Holandji.

stał projekt techniczny i organizacyjny. Nadmienić należy, że normalny przekrój poprzeczny projektowanych autostrad przewiduje dwie równoległe jezdnie każda o szerokości 6.0 m., przedzielone pasem kilkometrowej szerokości, a więc wzorowany jest na nowych projektach niemieckich. Do budowy pierwszej autostrady mają Holendrzy przystąpić niebawem.

Nietylko we Włoszech, Niemczech, Belgii i Holandji sprawa budowy autostrad stała się aktualna; jest ona aktualną i w innych państwach.

W krajach, w których motoryzacja ruchu drogowego poczyniła takie postępy, że na drogach ruchu konnego niema

wcale lub odsetek tego ruchu jest znikomy, przeprowadza się ogromne roboty inwestycyjne, mające na celu przystosowanie lub przebudowę istniejących dróg do potrzeb wyłącznie ruchu samochodowego i dzięki temu tam ewolucyjnie stwarza się autostrady na najważniejszych kierunkach.

II. Warunki techniczne trasowania i projektowania dróg samochodowych.

Podane na wstępie zasadnicze różnice pomiędzy drogami samochodowymi i zwykłymi drogami użytku ogólnego wymagają zastosowania specjalnych warunków przy trasowaniu i projektowaniu dróg samochodowych, które tu rozpatrzemy.

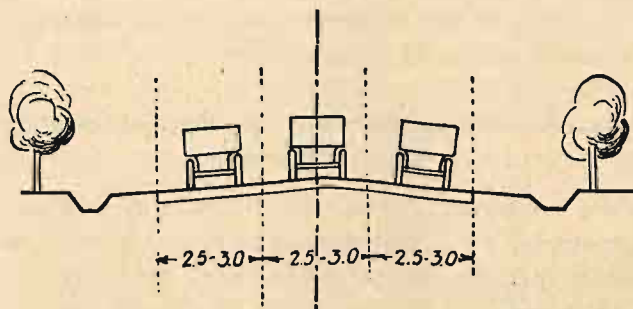
Na ukształtowanie dróg samochodowych wpływa: 1) konieczność umożliwienia szybkiego ruchu pojazdów mechanicznych, 2) zapewnienie bezpieczeństwa dla jadących autostradą pojazdów i 3) izolowanie od ruchu miejscowego.

Przed przystąpieniem do trasowania należy przeprowadzić studia w celu zbadania, jaki charakter ruchu i o jakim napięciu spodziewany jest na projektowanej autostradzie. Ważną rzeczą jest określenie, czy po wybudowaniu drogi przewagę będzie miał ruch osobowy czy ciężarowy, bo od tego zależeć będą niektóre szczegóły budowy np. wielkość dopuszczalnego spadku i t. d. Poza tem trzeba zawczasu założyć, jaka przeciętna szybkość ma być stosowana na projektowanej drodze. Np. można tę szybkość oznaczyć na 100 km/godz. dla samochodów osobowych i 60 km/godz. — dla samochodów ciężarowych. Przyjęte normy szybkości mają ogromny wpływ przy projektowaniu autostrad.

1. Normalny przekrój poprzeczny. Wymiary przekroju poprzecznego, a przede wszystkim szerokości jezdni, zależne są od spodziewanego napięcia ruchu.

Dla jednego rzędu pojazdów przy znacznych szybkościach dla swobody ruchu przy wymijaniu lub wyprzedzaniu pojazdów potrzebny jest pas jezdni o szerokości 2,5 — 3,0 m. przy obecnie praktykowanych wymiarach większych pojazdów mechanicznych (autobusów lub samochodów ciężarowych). Jeżeli mamy drogę samochodową o stosunkowo nieznacznym ruchu, minimalna szerokość jezdni powinna wynosić nie mniej niż 7,5 — 9,00 m.; jest to szerokość dla trzech rzędów pojazdów; skrajne rzę-

dy dla jazdy w obydwóch kierunkach, środkowy pas jezdni — dla wymijania pojazdów wolniej jadących po pasach skrajnych (rys. 25).



Rys. 25.

Jeżeli ruch spodziewany jest większy, szerokość 7,5—9,00 m. jest już niewystarczająca i trzeba zastosować szerokość jezdni 10,0—12,0 m. lub większej, aby wymijanie pojazdów było łatwiejsze i nie zmniejszało przeciętnej szybkości.

Większy ruch automatycznie różniczuje się w ten sposób, że na pasach zewnętrznych odbywa się ruch wolniejszy (np. samochodów ciężarowych), na sąsiednich pasach — bliżej osi drogi — odbywa się ruch szybszy (np. osobowy).

Aby kierowcy pojazdów podczas jazdy pilnowali się właściwej strony, po środku jezdni winien być zaznaczony pas dość szeroki namalowany na jezdni lub wykonany z materiału innego koloru niż pozostała jezdnia.

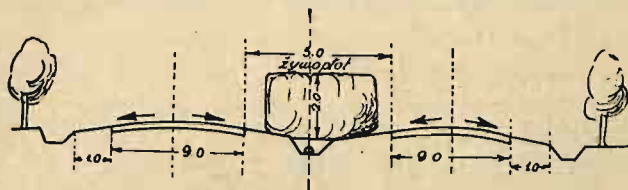
Pas taki jest niezbędny, zwłaszcza na łukach, aby automatycznie przestrzegał o niedopuszczalności „ścinania łuków”.

Przy typie przekroju jak na rys. 25 jezdnie ma w odcinkach prostych spadki dwustronne niewielkie ($1\frac{1}{2}$ — 2%), zupełnie wystarczające dla odwodnienia gładkich jezdni. W łukach o promieniach mniejszych należy przechodzić do przekroju jednospadkowego z pochyleniem, skierowanym ku środkowi łuku, zależnym od szybkości, jaką chcemy utrzymać na łukach.

Zwykły typ przekroju poprzecznego (rys. 25) dla drogi samochodowej o ożywionym ruchu nie jest jednak odpowiedni: kierowcy pojazdów mimo niewielkiego stosunkowo spadku poprzecznego mimowoli starają się jechać bliżej środka jezdni, aby mniej odczuwać przechylenie poprzeczne pojazdu, a na lu-

kach—mimo istnienia środkowych pasów na jezdni— „ścinają” je i nie pilnują się właściwej strony: praktyka ruchu na włoskich autostradach i na autostradzie Kolonja—Bonn dostatecznie o tem przekonała.

Te przyczyny, jak również trudności, jakie napotyka ruch na drodze podczas ciemności, gdy pojazdy jadące w przeciwnych kierunkach wzajemnie się oślepiają i, przyćmiewając światła reflektorów, muszą zwalniać bieg, spowodowały, że Niemcy przy budowie autostrady Frankfurt — Darmstadt („Hafraba”) postanowili budować dwie niezależne jezdnie, oddzielone dość szerokim — 5,0 m. — pasem, przeznaczone każda dla ruchu tylko w jednym kierunku (rys. 26). Pas, rozdzielający jezdnię ma



Rys. 26.

na celu izolowanie ruchu w każdym kierunku; pozatem nie będzie miało miejsca oślepianie jadących w przeciwnych kierunkach, ponieważ pas ten co kilkanaście metrów będzie obsadzony poprzecznymi żywopłotami.

To ostatnie może nie być racjonalne w tych miejscach, w których w zimie mogą się tworzyć zasypy śnieżne, gdyż żywopłoty na pasie rozdzielającym jezdnie mogą przyczynić się do ich powstawania.

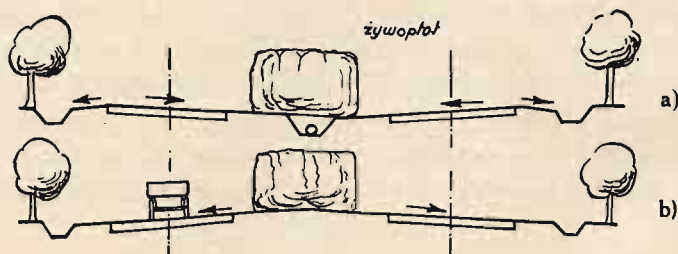
Przy dwujezdniowej drodze samochodowej komplikuje się sprawa odwodnienia.

Jeżeli każdej jezdni nadać zwykły przekrój dwuspadkowy, wtedy na środkowym pasie trzeba przewidzieć urządzenie ścieku lub rowu dla odwodnienia (rys. 26).

Również potrzebny jest środkowy ściek lub rów, jeżeli jezdniom nadać spadek jednostronny (pulpitowy) skierowany ku środkowi drogi (rys. 27a).

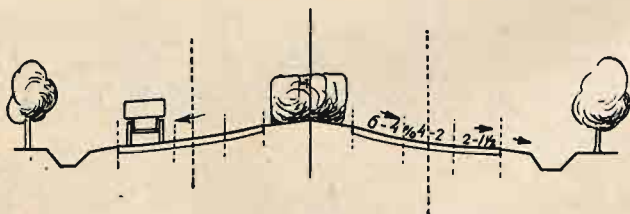
O ile spadek jednostronny jezdni skierowany jest na zewnątrz drogi (rys. 27b) odpada wtedy potrzeba urządzenia ścieku między jezdniami.

Przy przekroju poprzecznym typu przedstawionego na rys. 25 jadący mimowoli w celu uniknięcia przechylenia poprzecznego pojazdu będą się starać jechać środkiem; tak samo środkiem będą jechać, gdy droga będzie miała przekrój poprzeczny jak na rys. 27a lub 27b, gdyż nic automatycznie nie przypomina o potrzebie trzymania się właściwej strony (prawej).



Rys. 27.

W ostatnim czasie zjawił się pomysł (opatentowany!) aby jezdniom nadawać (rys. 28) spadki w kierunku od osi drogi ku brzegom drogi o wielkości zmiennej: np. przy samym brzegu jezdni na pasie wewnętrznym większy spadek (np. 6 — 4%), na



Rys. 28.

następnym pasie mniejszy (4 — 2%), wreszcie na zewnętrznym pasie najmniejszy (2—1 1/2%). Otrzymamy przekroje poprzeczne jezdni o powierzchni wklęsłej; naturalnie przejście od większych spadków do mniejszych winno być łagodne. Przy takim przekroju pojazdy automatycznie trzymać się będą zawsze strony właściwej (prawej, gdyż po prawej stronie będą miały najmniejsze przechylenie poprzeczne; przy wymijaniu pojazdy, zataczając przy zwiększeniu szybkości łuki, których środek jest po stronie zewnętrznej drogi (przy jeździe po prawej stronie), będą więcej przechylone ku środkowi tych łuków i przez to znajdować się będą w warunkach korzystnych.

Warunki odwodnienia jezdni o przekroju poprzecznym, jak na rys. 28, są gorsze, niż na płaskich spadkach poprzecznych, pozatem należy spodziewać się nierównomiernego zużycia nawierzchni, gdyż na zewnętrznych pasach jezdni zawsze będzie największy ruch. Wreszcie przy przejściu z odcinków prostych na odcinki w łuku o mniejszych promieniach, na których zastosowany być powinien spadek poprzeczny jezdni w kierunku do środka łuku, zaprojektowanie odcinków przejściowych będzie napotykać na pewne trudności.

Łuki. Drogi samochodowe ze względu na pożądaną przejrzystość winny być trasowane możliwie długimi odcinkami prostymi; łuki łączące odcinki proste winny posiadać promienie możliwie duże. Ze względu na znaczne wartości siły odśrodkowej przy przechodzeniu przez odcinki w łuku z wielką szybkością, zwłaszcza przy mniejszych promieniach, winno się zwrócić poważną uwagę na racjonalne ukształtowanie nawierzchni w łukach i urządzenie odcinków przejściowych.

Nie wchodząc w szczegółowe teoretyczne rozważania racjonalnego projektowania łuków dla ruchu samochodowego, zatrzymamy się na rozważaniach praktycznych.

Ze względu na dążenie przy budowie autostrad, aby szybkość na łukach nie była redukowana, stosujemy promienie możliwie większe. Praktycznie wyraża się to dla terenów płaskich w promieniach większych od 1000 m; wyjątkowo stosujemy promienie mniejsze, 400 — 500 m. O ile warunki miejscowe zmuszają do stosowania promieni mniejszych, może zająć potrzeba redukcji na takich łukach szybkości; w tym celu wystawione być powinny odpowiednie znaki ostrzegawcze z podaniem tej szybkości, jaka będzie dopuszczalna ze względu na bezpieczeństwo ruchu na wywracanie i zsuwanie pojazdów pod wpływem siły odśrodkowej.

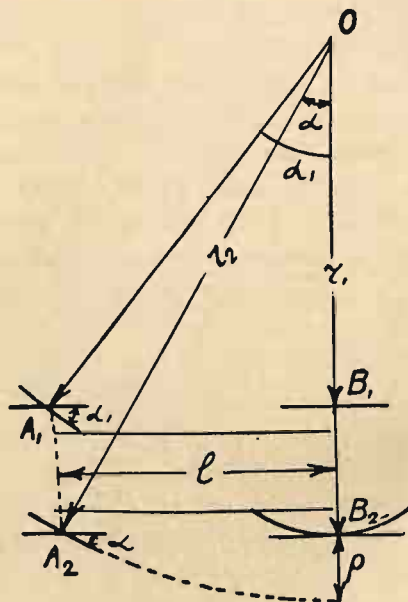
Dla terenów z silniejszą rzeźbą (pagórkowatych lub górskich) powyższe normy już są za wysokie i w pewnych wypadkach trzeba będzie zastosować promienie mniejsze. Naturalnie i w t, m wypadku trzeba starać się, aby redukcja szybkości na łukach o promieniu mniejszym była możliwie mniejsza; na drogach samochodowych górskich lub podgórskich częściej będziemy się spotykać z koniecznością redukcji szybkości. Ze wzglę-

dów praktycznych powinniśmy dążyć, aby w tym wypadku promień nie był mniejszy niż 75 — 100 m.

Rozpatrzmy teraz kolejno elementy koniecznego przystosowania odcinków w łuku do szybkiego ruchu pojazdów mechanicznych.

Poszerzenie jezdni. Jest ono konieczne ze względu na swobodę ruchu w łukach przy mniejszych promieniach.

Na rys. 29 mamy schemat samochodu w łuku.



Rys. 29.

Poszerzenie pasa jezdni (p) jakie potrzebne jest dla samochodu w łuku określa się różnicą (OA_2 i OB_2) promieni łuków, jakie zataczają koła przednie (A_2) i tylne zewnętrzne (B_2).

$$\text{Poszerzenie} \quad p = \frac{l}{\sin \alpha} - l \cot \alpha \quad (1)$$

Na zasadzie wzoru (1) możemy obliczyć potrzebne poszerzenia dla jezdni w łuku.

O ile jezdni przeznaczona jest dla n samochodów w rzędzie, poszerzenie ogólne jezdni $= np$, gdyż poszerzenia dla różnych samochodów, zataczających łuki o promieniach mniejszych i większych w zależności, czy są bliżej lub dalej środka

koła, są praktycznie równe wobec małych różnic tych promieni w stosunku do promienia osi jezdni.

Dla przykładu liczbowego weźmiemy najdłuższy samochód — autobus — którego rozstaw osi $l = 6.0$ m.

W tablicy poszerzeń (tablica I) mamy wartości poszerzeń dla jednego pasma jezdni dla autobusów.

T a b l i c a I.
Poszerzenie pasma jezdni (dla 1 pojazdu) na łukach.

Promienie łuku w m	$p = \frac{l}{\sin \alpha} - l \cot \alpha$
R = 25	$p = 0,73$
50	0,31
100	0,25
150	0,12
200	0,10
300	0,08
400	0,05
500	—

Dla przewożenia długich kłoców drzewa i innych długich przedmiotów przy pomocy samochodów ciężarowych z doczezną osią, możnaby obliczyć potrzebne poszerzenie w sposób analogiczny, jak na rys. 29; dla autostrad nie robimy tego, gdyż takie transporty zdarzać się mogą na tych drogach wyjątkowo i wtedy można godzić się na pewną mniejszą swobodę ruchu na łukach.

Z powyższego widzimy, że potrzeba poszerzenia jezdni odpada przy promieniach większych od 300 — 400 m.

Spadki poprzeczne jezdni na łukach. Drugim elementem ukształtowania jezdni autostrad na łukach, na który trzeba zwrócić uwagę, są spadki poprzeczne jezdni. Siła odśrodkowa dąży do przewrócenia lub zsunięcia pojazdu.

Warunki ruchu pojazdów mechanicznych w łuku są skomplikowane i ze względu na brak, miejsca nie będą tu traktowane szczegółowo. Ze względu, że samochody osobowe rozwijać mogą na autostradach największe szybkości, ograniczymy się tu na przytoczeniu przykładu liczbowego największych dopuszczalnych szybkości dla samochodu osobowego, pomijając wywody teoretyczne, które będą przytoczone w innej publikacji;

z powyższego przykładu liczbowego wysnujemy wnioski praktyczne.

Zakładamy, że droga w łuku ma przekrój dwuspadkowy o pochyleniu jednakowym 2% od osi jezdni w obydwie strony; nawierzchnia twarda gładka (np. betonowa), współczynnik tarcia posuwistego między nawierzchnią a obręczą gumową pneumatyczną $\mu = 0.5$, gdy nawierzchnia jest sucha, $\mu = 0.25$ gdy jest mokra.

Obliczenie przeprowadzone dla samochodu o rozstawie kół $n = 1.4$ m, odległości środka ciężkości samochodu od nawierzchni $H = 0.8$ m.

Szybkości krytyczne obliczone są w przypuszczeniu: 1) wywracania samochodu (gdy wypadkowa siły odśrodkowej i wagi samochodu przechodzi przez punkty oparcia o nawierzchnię kół idących po zewnętrznej stronie łuku ($d = \frac{1}{2}n$) i 2) zsuwania (siła odśrodkowa = tarcia kół o nawierzchnię w kierunku promienia łuku); przytem określane są oddzielnie szybkości krytyczne w wypadku zsuwania dla nawierzchni suchej (gdy $\mu = 0.5$) i oddzielnie dla nawierzchni mokrej (gdy $\mu = 0.25$).

Ponieważ droga w łuku ma pochylenie 2% po stronie wewnętrznej łuku (wypadek A) do wewnątrz łuku, a po stronie zewnętrznej łuku (wypadek B) nazewnątrz łuku, warunki ruchu po stronie wewnętrznej i zewnętrznej są różne; oczywiście po stronie zewnętrznej są mniej korzystne; aby określić, wzajemny stosunek warunków ruchu po stronie wewnętrznej i zewnętrznej ruchu, obliczamy szybkości krytyczne, przy których nastąpić może wywracanie i zsuwanie samochodu — oddzielnie dla ruchu po stronie wewnętrznej łuku (wypadek A) i oddzielnie dla ruchu po stronie zewnętrznej łuku (wypadek B).

Wzory na szybkości krytyczne (pomijamy ich wyprowadzenie):

Wypadek A.

1) na wywracanie:

$$V \text{ km/godz.} = 3,6 \sqrt{r \cdot g \cdot \frac{h \cdot H + n \cdot d}{n \cdot H + h \cdot d}}$$

gdzie

r — promień łuku

$g = 9,81$ m

$n = 1,4$ m — rozstaw kół
 $h = 0,02 \times 1,4$ m
 $H = 0,8$ m — wysokość środka ciężkości pojazdu nad jezdnią
 $d = \frac{1}{2} \times 1,40$ m.

2) na zsuwanie:

$$V \text{ km/godz.} = 3,6 \sqrt{r \cdot g \cdot \frac{\mu + s}{1 - \mu \cdot s}}$$

gdzie

r — pr. łuku
 $g = 9,81$
 $\mu = 0,5$ lub $0,25$ — współczynnik tarcia posuwistego między nawierzchnią i obręczą koła.
 $s = 0,02$, — spadek poprzeczny.

Wypadek B. (oznaczenia te same, co we wzorach dla wypadku A).

3) na wywracanie:

$$V \text{ km/godz.} = 3,6 \sqrt{\frac{g \cdot r \cdot \frac{n}{s} \left(d - \frac{H \cdot h}{n} \right)}{\sqrt{H^2 + d^2 + \frac{n^2}{s^2} \left(d - \frac{H \cdot h}{n} \right)}}}$$

4) na zsuwanie:

$$V \text{ km/godz.} = 3,6 \sqrt{g \cdot r \cdot \frac{\mu - s}{1 + \mu \cdot s}}$$

Na zasadzie powyższych wzorów została zestawiona tabela II, z której wysnuwamy następujące wnioski:

Możliwość zsunienia samochodu dopuszcza znacznie mniejsze szybkości, zwłaszcza, gdy nawierzchnia jest mokra, niż możliwość wywrócenia. Gdy nawierzchnia jest mokra, krytyczna szybkość jest prawie o połowę mniejsza, niż krytyczna szybkość przy wywracaniu samochodu.

Stosunkowo nieznaczna jest różnica szybkości krytycznych zarówno przy wywracaniu jak zsuwaniu samochodów przy ruchu po stronie zewnętrznej łuku (wyp. B) w stosunku do szybkości krytycznych dla ruchu po stronie wewnętrznej (wyp. A.). Oczywiście różnica ta znacznie by wzrosła, gdyby spadek poprzeczny s był większy, np. 4% — 6% .

Tablica II krytycznych szybkości na łukach w km/godz.

Promień łuku w m.	Rodzaj nawierzchni i obręczy kół	Wypadek A (ruch po stronie wewnętrznej łuku).			Wyp. B. (ruch po stronie zewnętrznej łuku).		
		Szybkość krytyczna na wywracanie	Szybkość krytyczna na zsuniecie: nawierzchnia sucha ($\mu = 0,5$)	Szybkość krytyczna na zsuniecie: nawierzchnia mokra ($\mu = 0,25$)	Szybkość krytyczna na wywracanie	Szybkość krytyczna na zsuniecie: nawierzchnia sucha ($\mu = 0,5$)	Szybkość krytyczna na zsuniecie: nawierzchnia mokra ($\mu = 0,25$)
15	Nawierzchnia twarda, gładka. Obręcze gumowe pneumatyczne.	40,9	31,8	22,7	39,6	30,1	20,9
25		52,8	41,0	29,3	51,1	38,9	27,0
50		74,7	58,0	41,4	72,3	55,0	38,1
100		105,7	82,1	58,6	102,3	77,7	53,9
150		129,4	103,9	71,8	125,3	95,2	66,1
200		149,5	116,1	84,8	144,6	109,9	76,3
300		183,1	142,2	101,5	177,1	134,6	93,4
400		211,5	164,2	117,2	204,5	155,5	107,9
500		236,5	183,5	131,0	228,6	173,8	120,9

Szybkości krytyczne, podane w tablicy II, w rzeczywistości dla bezpieczeństwa ruchu winny być zmniejszone do szybkości dopuszczalnych: zmniejszenie winno wynosić nie mniej niż 15% — 20% szybkości krytycznej.

Mając tablicę szybkości dopuszczalnych, otrzymaną przez stosowne zmniejszenie szybkości krytycznych z tablicy II i oznaczwszy szybkość, jaką pragniemy utrzymać w łuku dla najgorszych warunków, gdy nawierzchnia jest mokra (np. 80 km/godz.), oznaczyć łatwo możemy dolną granicę wielkości promieni łuków, do której w łukach stosować będziemy takie same przekroje poprzeczne, jakie stosujemy w odcinkach prostych. Np. z tabl. II widzimy, że taką granicą przy $V = 80$ km/godz. na nawierzchni mokrej jest promień $r = 400$ m.

Łuki o promieniu mniejszym powinny mieć spadek jednostronny o takim samym pochyleniu jak na odcinku prostym (łuki o promieniu od 400 do 300 m; natomiast łuki o promieniu mniejszym niż 300 m powinny mieć nie tylko spadek jed-

nostronny, ale i pochylenie tego spadku (s) odpowiednio większe, niż na odcinkach prostych.

Potrzebne pochylenie dla wymaganej szybkości łatwo może być obliczone z wzorów, które służyły do zestawienia tablicy II.

Odcinki przejściowe. Przy promieniach większych od $r = 400$ m nie potrzebne są poszerzenia jezdni; również przy tych promieniach spadki poprzeczne jezdni, stosowane w odcinkach prostych, mogą być stosowane również i w łukach w założeniu, że szybkość bezpieczna w czasie, gdy nawierzchnia jest mokra, wynosi do 80 km/godz.

W tych wypadkach przejście od odcinka w prostej do odcinka w łuku nie wymaga urządzania odcinków przejściowych. Ze względu na to, że przy promieniach $r > 400$ m siła odśrodkowa jest nawet przy szybkościach $V = 100 - 120$ km/godz. stosunkowo nieznaczna, stosujemy łuki koła bez krzywych przejściowych w celu złagodzenia nagłego wzrostu siły odśrodkowej od O do jej wartości w łuku o promieniu r .

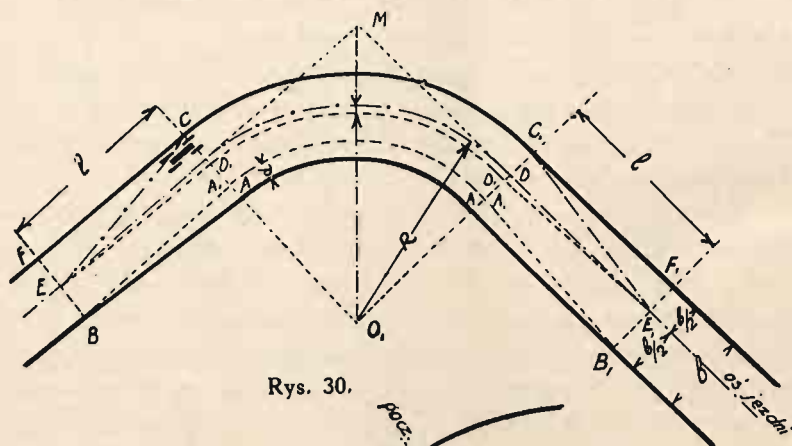
Przy promieniach łuków mniejszych od 400 m przy wymaganej w łukach szybkości 80 km/godz. (przy nawierzchni mokrej) lub większej musimy zastosować 1) odpowiednie poszerzenie jezdni i 2) jednostronny spadek o pochyleniu s do środka łuku o wielkości jak na odcinku prostym lub o większej w zależności od wielkości promienia łuku. W tych wypadkach zajdzie potrzeba zaprojektowania odcinków przejściowych między odcinkiem prostym i początkiem łuku.

Racjonalne zaprojektowanie takich odcinków przejściowych bynajmniej nie jest proste, zwłaszcza, gdy mamy przekroje poprzeczne złożone z dwóch równoległych jezdni (rys. 26, 27) i wymaga starannego opracowania.

Przy mniejszych promieniach łuków (< 400 m), i żądaniu przystosowania odcinków w łukach o takich promieniach do znacznych szybkości (np. 80 km/godz. przy mokrej nawierzchni), siła odśrodkowa jest znaczna i przejście od odcinka w prostej, gdy jest ona $= 0$, do odcinka w łuku musi być stopniowe. Na drogach samochodowych, na których samochody ze względu na bezpieczeństwo ruchu muszą pilnować się swoich pasm i nie mogą ścinać łuków, przy mniejszych promieniach łuków stosowanie specjalnych krzywych przejściowych lub wo-

góle specjalnych krzywych zamiast łuku koła jest pożądane, gdyż na takich specjalnych krzywych siła odśrodkowa jawia się stopniowo.

Najprymitywniejsze przejście od odcinka w prostą do odcinka w poszerzonym łuku podane jest na rys. 30.



korzystnych względem działania siły odśrodkowej, należy aby miał przechylenie poprzeczne do środka łuku; trzeba więc aby tylne koła najdłuższego samochodu (np. autobusu o dług. 6,0 m) znalazły się poza linią przełomu spadku poprzecznego CE . w momencie, gdy przednie są na początku łuku (rys. 31). Ponieważ przy skrajnem położeniu samochodu biegnącego po zewnętrznej stronie łuku odległość m zewnętrznego koła pojazdu ze względu na bezpieczeństwo ruchu nie może być mniejsze niż 25 — 30 cm, przeto linia przełomu spadku w tem miejscu nie powinna znajdować się w odległości większej niż 20 — 25 cm od brzegu zewnętrznej krawędzi jezdni aby w chwili gdy przednie koła pojazdu znajdują się na początku łuku, tylne zewnętrzne znalazło się przedtem lub w ostatecznym wypadku jednocześnie na grzbiecie EC . Ztąd możemy praktycznie określić długość odcinka przejściowego l : jeżeli a jest długość samochodu, m — odległość dopuszczalna tylnego koła samochodu od krawędzi jezdni pomniejszona o 5—10 cm, b — szerokość jezdni w odcinku prostym, długość odcinka przejściowego

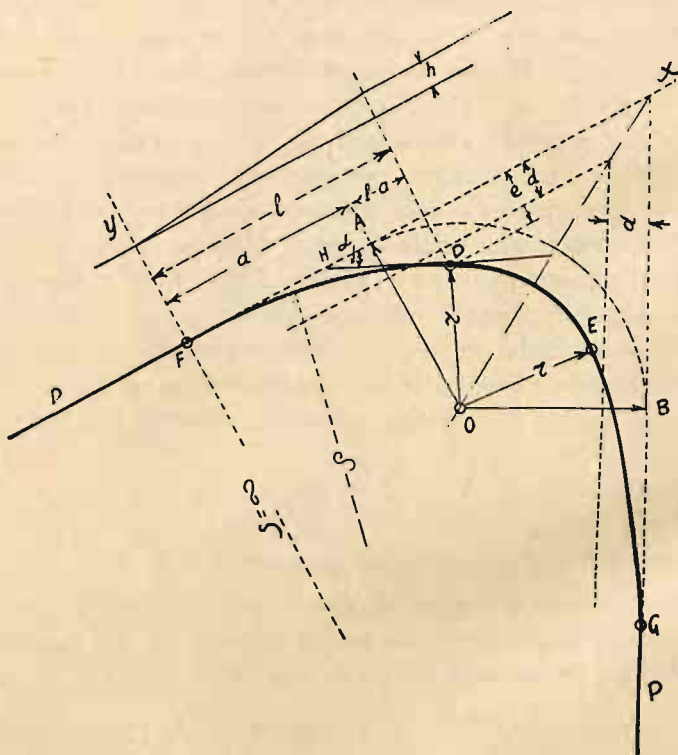
$$l = \frac{a \cdot b}{2m}$$

Np. przy $a = 6,0$ m, $m = 0,25$ mamy $l = 12b$.

Poszerzenie d jezdni zrobione jest całkowicie po stronie wewnętrznej łuku; jeżeli na jezdni oznaczony jest pas oznaczający połowę szerokości, na łuku pas ten powinien być przesunięty z położenia DD_1 w położenie $D^1D_1^1$ w odległości $\frac{d}{2}$ bliżej środka jezdni, na odcinkach przejściowych pas ten winien być przesunięty z położenia ED i E_1D_1 w położenie ED^1 i $E_1D_1^1$.

Połączenie odcinka prostej z łukiem koła przy pomocy prostej wstawki BA i ED^1 daje załamania w punktach E i D_1 i B i A przy łukach o mniejszych promieniach widoczne i przykre dla oka; ruch pojazdów na odcinku przejściowym winien być przez odpowiednie kierowanie pojazdu tak regulowany, aby przejście od przekroju BF , t. j. od promienia $r = \infty$ do przekroju CA , t. d. do promienia $r = R$, było stopniowe; kierowcy zresztą robią to automatycznie, odpowiednio „ścinając” łuk na odcinkach przejściowych.

Lepsze połączenie odcinka prostego z odcinkiem w łuku o pewnym promieniu r jest przy pomocy łuku paraboli na odcinku przejściowym pewnej długości l ; łuk paraboli od początku odcinka przejściowego posiada krzywiznę wzrastającą stopniowo od ∞ do wartości r (rys. 32).



Rys. 32.

Zamiast połączenia dwóch prostych odcinków (P,P) łukiem koła AB o promieniu AO , będziemy mieć połączenie o łukach parabolicznych FD i EG (przejściowych) oraz o łuku koła DE , zakreślonym promieniem nieco zmniejszonym $r = AO - d$.

Łuk paraboliczny winien mieć krzywiznę zmienną: $\rho = \infty$ w p. F i G i $\rho = r$ w p. D i E . Pozatem połączenie łuku parabolicznego z łukiem koła w p. D i E winno być takie, aby w tych punktach styczna do łuku parabolicznego i łuku koła była wspólna (DH).

Ogólne równanie krzywej, której promień ρ zmienia się od ∞ do r ¹⁾.

$$\rho = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}} \quad (1)$$

Jeżeli postawimy warunek, aby krzywizna łuku przejściowego była w stosunku prostym do odciętych, będziemy mieć zależność następującą:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{x}{l.r}$$

z równania (1) mamy

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} = \frac{x}{l.r} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Przy } \frac{dy}{dx} = 0 \text{ otrzymujemy } \frac{d^2y}{dx^2} &= \frac{x}{l.r}, \\ \frac{dy}{dx} &= \frac{x^2}{2lr}, \\ y &= \frac{x^3}{6lr} \end{aligned} \quad (3)$$

Łuk przejściowy jest łukiem paraboli sześcienniej. Równanie (3) można przedstawić

$$y = C \cdot x^3, \text{ gdzie } C = \frac{1}{6l.r} \quad (4)$$

Z równania (4) otrzymamy

$$e = C \cdot l^3.$$

Aby móc zbudować łuk przejściowy musimy posiadać następujące dane:

1. $\text{tg} \alpha$.

Mamy z (4) zależność dla kąta, jaki tworzy styczna do łuku przejściowego z osią odciętych

$$\text{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = 3cx^2 = \frac{x^2}{2l.r}$$

¹⁾ Handbūch der Ingenieur - Wissenschaften. 2 Aufl. 5 Teil 1 Band. Str. 143.

W p. D wspólna dla łuku koła o promieniu r i łuku paraboli styczna DH w punkcie H z osią odciętych tworzy kąt α .

W tym wypadku dla $x = l$ mamy $\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{2r}$

2. $d = l - r (1 - \cos \alpha)$.

3. Wartość a . Określić możemy na zasadzie oznaczeń, jakie wyprowadzimy z tego, że w p. D styczna do łuku przejściowego jest identyczną ze styczną do łuku koła, który się zaczyna w p. D .

Mamy zależności

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l - a}{r + d - e} = \frac{l}{2r}$$

$$\text{skąd } a = l \left(1 - \frac{r + d - e}{2r} \right)$$

4. Długość l łuku przejściowego należy zadać z góry. Np. Petersen ¹⁾ w celu uniknięcia przy przejeździe po łuku przejściowym wstrząśnięć pojazdu radzi, żeby długość łuku przejściowego była taka, aby pojazd znajdował się na łuku nie mniej niż 3,6 sek. Jeżeli więc szybkość, jaka ma być dopuszczalna na łuku, wynosi

$$v = 80 \text{ km/godz.} = 22,22 \text{ m/sek. wtedy } l = \simeq 80 \text{ m.}$$

$$v = 100 \text{ km/godz.} = 27,77 \text{ m/sek. } l = \simeq 100 \text{ m.}$$

$$v = 120 \text{ km/godz.} = 33,33 \text{ m/sek. } l = \simeq 120 \text{ m.}$$

Ze względu na przełomy powierzchni jezdni na odcinku przejściowym, można długość łuku przejściowego przyjąć $l = 12b$ gdzie b — jest szerokość jezdni (rys. 31); przy $b = 9 \text{ m.}$, $l = 208 \text{ m.}$ Takie jednak długości łuku przejściowego nie zawsze dadzą się zastosować w terenie, w którym odcinki w łukach znajdują się w bliskim sąsiedztwie.

Prof. De Vries-Broekmann określa długość odcinka przejściowego pod kątem widzenia przegięcia pojazdu, jakie następuje przy przechodzeniu po krzywej powierzchni jezdni skutkiem zmiany poprzecznych spadków: uzależnia on długość łuku przejściowego od szybkości i przechyłki poprzecznej według wzoru:

$$l = h \cdot i$$

gdzie l — długość łuku przejściowego

¹⁾ R. Petersen. Die Gestaltung der Bogen im Eisenbahngleise.

h — wielkość przechyłki poprzecznej, i — wartości z tablicy:

$i =$	100	125	150	175
przy $v =$	20 m/sek	25 m	30	35
	(72 km/godz)	(90 km/godz)	(108 km/g)	(126 km/godz)

Na innych zasadach długość łuków przejściowych obliczają inż. Ertl i Birkel ¹⁾. Zasad — dla braku miejsca — nie przytaczamy, podajemy rezultat ostateczny: długość łuku przejściowego

$$l = 2 g \cdot \frac{1}{c} ; c = \frac{5}{8} \cdot \frac{P_v \cdot s}{J}$$

gdzie $g = 9,81$

P_v — waga przypadająca na oś przednią

s — rozstaw osi pojazdu

J — moment bezwładności względem środka osi tylnej pojazdu.

Widzimy w tym wzorze zależność długości l od g , rodzaju pojazdów t.j. jego wymiarów i wagi, nie widzimy zależności od promienia łuku, współczynnika tarcia i szybkości.

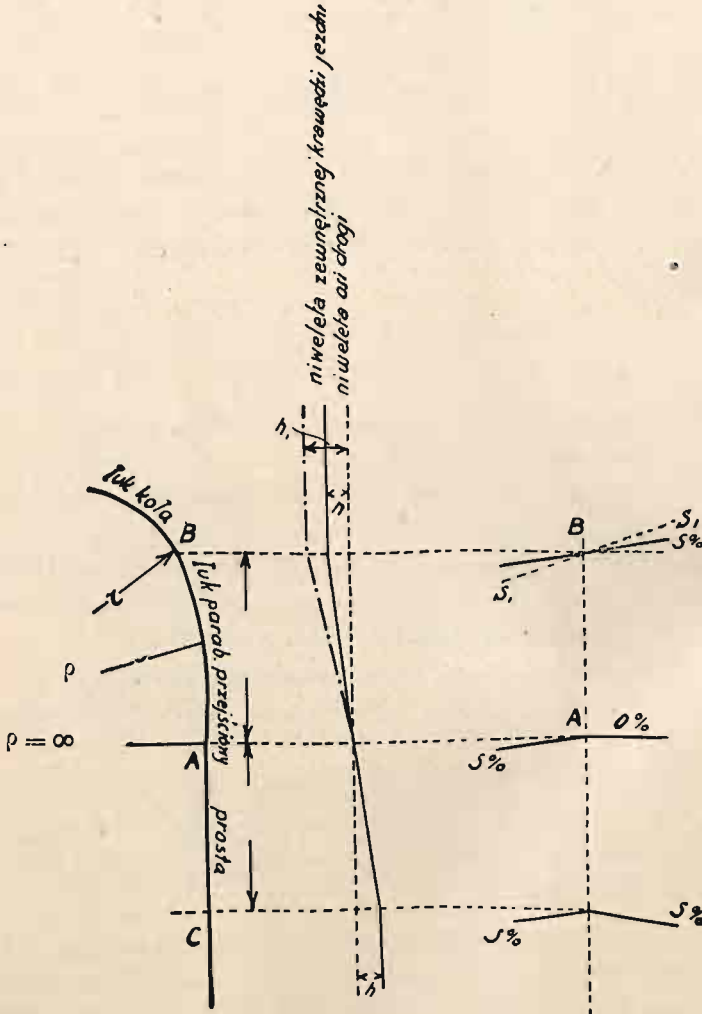
Np. dla 16 tonowego samochodu ciężarowego przy $P_v = 5,0$
 $s = 7,60$ m. $J = 29200$, dla łuków wszystkich promieni
 $l = \sim 24,0$ m.

Widzimy więc znaczne rozbieżności w określaniu długości łuków przejściowych; sprawa wymaga porównania różnych sposobów określenia długości łuku przejściowego i dalszego opracowania tej materji.

Ukształtowanie powierzchni jezdni na łuku przejściowym. Dla uproszczenia rozpatrzmy wypadek, gdy droga przechodzi w odcinku poziomym: niweleta osi drogi będzie poziomą w prostej i w łuku; jeżeli mamy nawierzchnię dwuspadową w prostej o spadku poprzecznym $s\%$, w łuku kołowym spadek jednostronny będzie s lub s_1 — większy od spadku poprzecznego w prostej, o ile to wpływa z wielkości promienia łuku i szybkości, jaką chcemy dopuścić w łuku.

¹⁾ Die Planung von Fernverkehrsstrassen 1933 r.

Przejdzie od przekroju dwuspadowego w prostej (p. C na rys. 33) do przekroju ze spadkiem jednostronnym, który musi już być na początku łuku o promieniu r w p. B, winno być



Rys. 33.

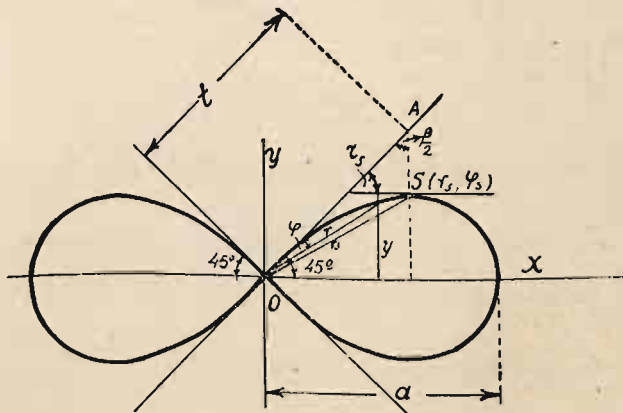
zrobione stopniowo na odcinku CB , przytem C winno być przed początkiem łuku przejściowego, tak, aby na początku łuku przejściowego w p. A. spadek poprzeczny na zewnątrz był przynajmniej $= 0$; niweleta zewnętrznej krawędzi jezdni podana jest na rysunku 33 linią ciągłą, jeżeli spadek jednostronny

w łuku promienia r ma mieć wielkość $s\%$ i przerywaną (kreska-kropka), gdy ma być większy — $s_1\%$.

Długość odcinka AC (l_1) w celu zmniejszenia wstrząszeń pojazdu przy większych szybkościach nie powinna być zbyt krótka; pożądana jest długość $l_1 = l$, aby przełomy niwelety były możliwie łagodne; przy mniejszych długościach odcinków l_1 i l , które mogą się zdarzyć z powodu warunków miejscowych, załamania niwelety winny być złagodzone.

Powierzchnia jezdni na odcinku od C do B po stronie zewnętrznej jest powierzchnią krzywą, wymagającą przy budowie dokładnego oznaczenia na gruncie poszczególnych punktów ze względu na jej odwodnienie; wymaga to szczególnej staranności w opracowaniu rysunków roboczych zwłaszcza, gdy odcinek w łuku przyściowym znajduje się nie na poziomie, a na spadku.

Zastosowanie zamiast łuku koła — krzywej w postaci lemniskaty. W ostatnich czasach zaczęto stosować zamiast łuku koła z przejściowym łukiem paraboli sze-



Rys. 34.

ścienniej — łuki w postaci lemniskaty (rys. 34). Lemniskata ma krzywiznę o promieniach krzywizny stopniowo zmniejszających się, poczynawszy od $R = \infty$ w p. O.

Równanie lemniskaty:

$$r = a\sqrt{\sin 2\varphi} \quad (1)$$

W równaniu r — długość promienia od O do przecięcia się z krzywą. a — półos krzywej (parametr), φ — kąt między

promieniem r i styczną do lemniskaty w p , O (pod 45° do osi x).

Styczna do lemniskaty w dowolnym jej punkcie tworzy ze styczną do lemniskaty w punkcie O kąt τ ; między τ i φ jest zależność

$$\tau = 3\varphi.$$

Dla punktu lemniskaty S , przy którym styczna do krzywej jest równoległa do osi xx

$$\tau_s = \left(90^\circ - \frac{\beta}{2}\right)$$

$$\varphi_s = \frac{\tau_s}{3} = \frac{90^\circ - \frac{\beta}{2}}{3} = 30^\circ - \frac{\beta}{6}$$

z ΔASO mamy:

$$\frac{r_s}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{t}{\sin \left(\varphi_s + \frac{\beta}{2}\right)} \quad (2)$$

Z równania (1) mamy

$$a = \frac{r_s}{V \sin 2\varphi_s} \quad (3)$$

Powyższe równania pozwalają zastosować lemniskatę zamiast łuku koła (rys. 35).

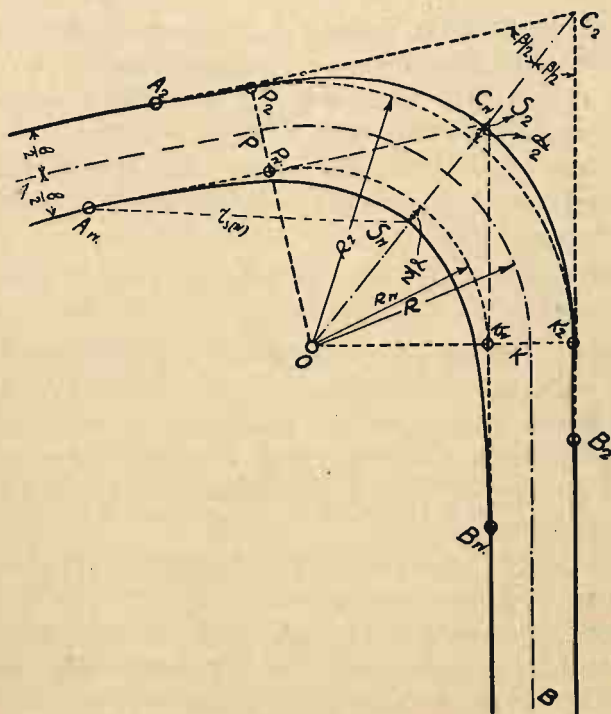
Proste odcinki AP i KB połączone są łukiem koła o promieniu R ; promień zewnętrznej krawędzi jezdni $R_z = R + \frac{b}{2}$;

promień wewnętrznej krawędzi jezdni $R_w = R - \frac{b}{2}$; poszerzenie łuku (według tablicy I) $= d$; poszerzenie to w połowie wykonywamy nazewnątrz, w połowie dowewnątrz: otrzymamy punkty S_w i S_z , przez które przeprowadzimy lemniskaty wewnętrzzną i zewnętrzną (linje pełne na rys. 35).

Położenie punktów S_w i S_z określi się w sposób następujący:

$$C_w S_w = \frac{R_w}{\sin \frac{\beta}{2}} - \left(R_w - \frac{d}{2}\right) = \frac{R_w}{\sin \frac{\beta}{2}} - R_w + \frac{d}{2}$$

$$C_z S_z = \frac{R_z}{\sin \frac{\beta}{2}} - \left(R_z + \frac{d}{2} \right) = \frac{R_z}{\sin \frac{\beta}{2}} - R_z - \frac{d}{2}$$



Rys. 35.

Parametr lemniskaty wewnętrznej określamy z równania

$$a_w = \frac{r_s}{\sqrt{\sin 2 \varphi_s}} = \frac{C_w S_w \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \varphi_s \sqrt{\sin \varphi_s}} =$$

$$= \frac{\left(\frac{R_w}{\sin \frac{\beta}{2}} - R_w + \frac{d}{2} \right) \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \varphi_s \sqrt{\sin 2 \varphi_s}}.$$

Parametr lemniskaty zewnętrznej:

$$a_z = \frac{r_z}{\sqrt{\sin 2 \varphi_s}} = \frac{C_z S_z \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \varphi_s \sqrt{\sin 2 \varphi_s}} = \frac{\left(\frac{R_z}{\sin \frac{\beta}{2}} - R_z - \frac{d}{2} \right) \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \varphi_s \sqrt{\sin 2 \varphi_s}}$$

Z równania (2) obliczyć możemy długość stycznych $t_z = C_z A_z$ i $t_w = C_w A_w$, przez co określimy położenie punktów A_z i A_w — początków lemniskat zewnętrznej i wewnętrznej.

Mając punkty A_z i S_z oraz A_w i S_w — możemy łatwo znaleźć punkty pośrednie obydwóch połówek lemniskat.

Aby można było łatwo wytykać lemniskaty na gruncie — potrzebne są odpowiednie tablice, które wkrótce mają być wydane; narazie wielu inżynierów stosuje łuki lemniskatowe drogą graficzną zapomocą szablonów wyciętych z kartonu dla różnych promieni.

Wzniesienia (spadki). Interesują nas granice wzniesień lub spadków ze względu na ich racjonalność.

Wielkość wzniesień na drogach przeznaczonych dla ruchu tylko pojazdów mechanicznych, jak wiadomo, ogranicza się z jednej strony ze względu na zczepność (adhezję) kół pojazdów mechanicznych z nawierzchnią, z drugiej strony ze względu na siłę pociągową pojazdów mechanicznych, rozwijaną na kołach ciągnących.

Jeżeli przez P oznaczmy siłę pociągową rozwijaną przez koła ciągnące pojazdu mechanicznego lub pociągu drogowego, Q_c — wagę przypadającą na koła ciągnące pojazdu mechanicznego, przez μ — współczynnik tarcia posuwistego między nawierzchnią i obręczą koła pojazdu, mamy zależność

$$P \geq \mu Q_c \quad (1)$$

Współczynnik μ jest określany drogą doświadczalną i zależy od rodzaju nawierzchni i jej stanu (sucha, wilgotna, zabłociona, pokryta śniegiem lub lodem), rodzaju opon, stopnia przepływności powietrza w dętkach i t. d.

Dla typów nawierzchni używanych do budowy autostrad (bitumicznych, betonowych, gładkich bruków i t. p.) w ogólności można przyjąć

$\mu = 0,5$ do $0,3$ przy nawierzchni suchej

$\mu = 0,4$ do $0,2$ przy nawierzchni mokrej

$\mu = 0,15$ do $0,03$ przy nawierzchni pokrytej śniegiem lub lodem.

Przy obliczaniu wielkości największych wzniesień, na których możliwy jest ruch ze względu na zczepność (adhezję) na-

leżałoby przyjąć $\mu = 0.25$, w przypuszczeniu, że, gdy nawierzchnia znajduje się w specjalnie niekorzystnych warunkach (np. pokryta jest śniegiem lub lodem), ładunek jest zmniejszany.

Z drugiej strony siła pociągowa P , jak wiadomo, znajduje się w następującej zależności od mocy silnika:

$$\frac{P \cdot v}{75} = N \cdot \eta \quad (1)$$

We wzorze (1)

v — szybkość pojazdu m/sek.

N — moc silnika w koniach mechanicznych

η — współczynnik pracy użytecznej, wynoszący w samochodach od 0,60 do 0,80.

Z wzoru powyższego otrzymujemy:

$$P = \frac{75 \cdot N \cdot \eta}{v} \quad (2)$$

Siła pociągowa pojazdu mechanicznego przy ruchu przewyższać musi różne opory, a mianowicie:

1. W_1 — podstawowy opór ruchu, t. j. tarcie potoczyste.

$W_1 = \varphi \cdot Q$; Q — całkowita waga pojazdu, ewentualnie z przyczepkami

φ — współczynnik oporu ruchu

2. W_2 — opór przy pokonywaniu wzniesienia o pochyleniu $s = \operatorname{tg} \alpha$, gdzie α — kąt pochylenia podłużnego nawierzchni drogi do poziomu.

$$W_2 = Q \cdot s.$$

3. W_3 — opór powietrza — dość znaczny przy większych szybkościach:

$$W_3 = a \cdot S \cdot v^2,$$

gdzie a — współczynnik doświadczalny

S — powierzchnia przekroju poprzecznego (konturu zewnętrznego) pojazdu

v — szybkość w m/sek.

4. W_4 — opór siły bezwładności przy ruszaniu z miejsca lub zmianie szybkości;

$$W_4 = b \cdot \frac{Q}{g} \cdot \frac{dv}{dt},$$

gdzie Q — całkowita waga pojazdu; $g = 9.81$.

$\frac{dv}{dt}$ — przyspieszenie ruchu, które w przybliżeniu można

określić:

dla samoch. osob. = 2,0 — 3,0 m/sek.

i dla samoch. cięż. = 0,8 do 1,5 m/sek.

$b = 1.10$ dla sam. ciężar., — współczynnik uwzględniający przewyżczenie bezwładności obracających się części samochodu (kół, korbowodu i t. p.).

5. W_5 — dodatkowy opór w łuku; opór ten dotychczas najmniej zbadany; niektórzy badacze proponują wzór

$$W_5 = \frac{a \cdot Q}{R},$$

gdzie a — współczynnik doświadczalny.

Q — całkowita waga pojazdu.

R — promień łuku.

Aby ruch pojazdu mechanicznego miał miejsce, siła pociągowa P musi przewyżczyć wszystkie rodzaje oporów, t. j. musi być przynajmniej

$$P = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5.$$

Podstawiamy dla P i W_1 , W_2 , W_3 , W_4 i W_5 wyrażenia z poprzednio wymienionych wzorów

$$\begin{aligned} \frac{75 \cdot N \cdot \eta}{v} &= \varphi Q + Qs + a \cdot S \cdot v^2 + \\ &+ b \cdot \frac{Q}{g} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{a \cdot Q}{R} \end{aligned} \quad (3)$$

Z wzoru (3) możemy obliczyć największą wielkość wzniesienia s .

$$s = \frac{75 \cdot N \cdot \eta}{Q \cdot v} - \varphi - \frac{a \cdot S \cdot v^2}{Q} - \frac{b \cdot \frac{dv}{dt}}{g} - \frac{a}{R} \quad (4)$$

Przy określaniu największego wzniesienia dopuszczalnego na drogach samochodowych należy przy obliczeniach przyjmować pod uwagę największe samochody ciężarowe lub samochody ciężarowe z przyczepkami, ponieważ największa dopuszczalna wielkość wzniesienia dla tego rodzaju pojazdów mechanicznych będzie mniejsza, niż dla samochodów osobowych.

Przy obliczaniu największych dopuszczalnych wzniesień dla samochodów ciężarowych, opór powietrza (W_3) jest mały, gdyż szybkość tych pojazdów przy pokonywaniu wzniesień, jest mała (< 40 km/godz.); możemy przeto we wzorze (4) pominąć wyraz odpowiadający oporowi powietrza; pomijamy również opory W_4 i W_5 , zakładając, że ruch odbywa się na odcinku prostym i ruch pod górę mamy równomierny.

Wzór (4) dla obliczenia maksymalnego wzniesienia uprości się i będzie następujący

$$s = \frac{75 \cdot N \cdot \eta}{Q \cdot v} - \varphi \quad (5)$$

Przykład liczbowy. Dla przykładu liczbowego niestety nie mogą być przyjęte samochody produkowane w kraju z powodu nieotrzymania odpowiednich danych mimo starań piszącego w tym kierunku. Wzięte zostały przykłady dla samochodów ciężarowych zagranicznych.

a) Samochód ciężarowy 5 tonnowy: $N = 40$ HP, $\eta = 0,80$, $Q = 4000 + 5000 = 9000$ kg.; $v = 2$ m/sek.; $Q_c = 0,7 \cdot 9000 = 6300$ kg.; $\varphi = 0,02$ i $\mu = 0,25$.

$$s = \frac{75 \cdot 40 \cdot 0,80}{9000 \cdot 2} - 0,02 = 0,11 \text{ czyli } 11\% \text{ wzniesienie.}$$

W tym wypadku zczepność (adhezja) samochodu $= 9000 \cdot 0,7 \cdot 0,25 = 1575$ kg. $> P$ ponieważ $P = Q (\varphi + s) = 9000 (0,02 + 0,11) = 1170$ kg.; ruch na wzniesienie 11% może się odbywać z szybkością 2 m/sek nawet, gdy nawierzchnia jest mokra ($\mu = 0,25$).

b) Samochód 5 tonnowy z 4 przyczepkami: $N = 50$ HP, $\eta = 0,80$; $v = 1,5$ m/sek.; waga samochodu z obciążeniem

$4000 + 5000 = 9000 \text{ kg.}$; $Q_c = 0,7 \cdot 9000$; waga 1 przyczepki z obciążeniem $Q_1 = 1.500 + 2.000 = 3.500$; $\varphi = 0,02$; $\mu = 0,25$.

$$s = \frac{75 \cdot 50 \cdot 0,8}{(9000 + 4 \cdot 3.500) \cdot 1,5} - 0,02 = 0,06$$

W tym wypadku zczepność (adhezja) samochodu $= 9000 \cdot 0,7 \cdot 0,25 = 1575 \text{ kg.}$ $< P$, ponieważ $P = Q (\varphi + s) = 23.000 (0,02 + 0,06) = 1840 \text{ kg.}$ samochód ciężarowy będzie „buksować” i ruch w składzie i z obciążeniem wymienionym wyżej na wzniesienie 6% nie może się odbywać.

W wypadku tym siła pociągowa na wzniesieniu powinna być mniejsza, niż siła adhezji o pewien %, np. o 15%.

Siła pociągowa P nie powinna być większa niż 1575 — $0,15 \cdot 1575 = \sim 1335 \text{ kg.}$

$$\begin{aligned} \text{Z wzoru } P &= Q (\varphi + s); \text{ w którym } P = 1335 \\ Q &= 23000 \\ \varphi &= 0,02 \end{aligned}$$

otrzymujemy

$$s = \frac{P}{Q} - \varphi = 0,057 - 0,02 = 0,037.$$

W tym wypadku wielkość wzniesienia została przystosowana do wielkości adhezji, a nie mocy silnika, przeto moc silnika nie będzie wykorzystana w całości.

Powyższe przykłady liczbowe dają pojęcie o tem, jakie maksymalne wielkości wzniesień mogą być stosowane na autostradach ze względu na możliwość ruchu samochodów. Te jednak możliwe maksymalne wzniesienia nie powinny być stosowane na autostradach z powodów następujących:

Z wąskiego punktu widzenia kosztów budowy dróg samochodowych stosowanie wzniesień obliczanych w sposób wskazany wyżej jest pożądane ze względu na możliwość zmniejszenia kosztów budowy; z praktyki możnaby przyjąć przy przeciętnych warunkach trasowania, że przy powiększeniu największego dopuszczalnego wzniesienia do $s = 10\%$ zamiast $s = 5\%$ osiągnąć możemy oszczędność na robotach ziemnych wynoszącą 10 — 20% całkowitych kosztów budowy.

Przy ożywionym ruchu na drodze samochodowej będzie to oszczędność pozorna, gdyż powiększenie rocznych wydatków na ruch z powodu większych wzniesień może być znacznie większe, niż oszczędzone roczne wydatki na oprocentowanie i amortyzację kosztów robót związanych ze zmniejszeniem spadków na drodze: przy większych wzniesieniach wzrasta ilość zużytych materiałów pędnych oraz powiększa się czas potrzebny na przebycie większych wzniesień, co też pośrednio przyczynia się do powiększenia kosztów ruchu; wreszcie w pewnych wypadkach zajść może potrzeba zmniejszenia ładunków pojazdów lub pociągów drogowych, co też wpływa na powiększenie kosztów transportów.

Z powyższych względów przy budowie dróg samochodowych wielkość wzniesień nie powinna przekraczać 3 — 4‰.

Jeżeli warunki terenowe są trudne i zachowanie tego warunku wywołać może znaczne powiększenie kosztów budowy, należy opracować warianty przy zastosowaniu różnych wzniesień, np. 4‰ — 5‰ — 7‰ i dla tych wariantów przeprowadzić obliczenie kosztów rocznych drogi, t. j. obliczyć koszty oprocentowania i amortyzacji kapitału, który będzie włożony w budowę drogi i koszty utrzymania każdego materiału oraz koszty ruchu. Da to możność racjonalnego porównania wariantów.

Obliczenie zużycia materiałów pędnych, stanowiącego główną pozycję kosztów ruchu na pewnym odcinku drogi, może być przeprowadzone w sposób następujący: doświadczeniem określa się ilość materiałów pędnych spalanych na 1 konia mechanicznego dla pewnego typu pojazdów mechanicznych w ciągu godziny. Niech ta ilość wyniesie z kg (np. 0,25 kg w samochodach osobowych). Całkowita ilość materiału pędnego (Z) zużytego w ciągu czasu t potrzebnego na przejście elementu odcinka o długości L i wzniesieniu s przy mocy silnika A .

$$Z = z \cdot A \cdot t \quad (1)$$

$$\text{Ponieważ } A = \frac{P v}{75 \eta}$$

$$P = W = Q (\varphi + s) \\ v t = L$$

Podstawiając w równanie (1) otrzymamy:

$$Z = z \cdot A \cdot t = z \cdot \frac{P v}{75 \eta} \cdot t = \frac{z \cdot Q (\varphi + s) \cdot L}{75 \eta}$$

Oznaczając $\frac{z}{75 \eta} = n$ — stałe dla danego typu pojazdów.

$$Z = n \cdot Q (\varphi + s) \cdot L \quad (2)$$

Dla całego odcinka drogi, składającego się z szeregu elementów z różnym pochyleniem do poziomu, ilość zużytego materiału pędnego:

$$\Sigma Z = n \Sigma Q (\varphi \pm s) \cdot L \quad (3)$$

Na spadkach przy $s = \varphi$ i $s > \varphi$ silnik się wyłącza i zużycie materiału pędnego na takich odcinkach = 0; nie przyjmuje się pod uwagę bardzo małego zużycia materiału pędnego podczas wyłączenia silnika.

Gdy w powyższy sposób określimy ilość materiałów pędnych, jaka będzie zużyta na poszczególnych warjantach, a z drugiej strony określone będą koszty budowy poszczególnych warjantów, będziemy mogli zrobić wniosek, który z warjantów jest lepszy.

Obliczenie czasu przejścia pojazdu mechanicznego na odcinku, którego przekrój podłużny jest wiadomy.

W pewnych wypadkach na wybór warjantu może mieć wpływ nie tyle koszt ruchu, ile czas potrzebny na jego przebycie: ma to miejsce wtedy, gdy ruch na drodze jest przeważnie osobowy.

Obliczenie czasu przejścia może być zrobione w sposób następujący: określamy czas potrzebny do przejścia poszczególnych elementów odcinka.

Jeżeli pierwszy element odcinka ma długość L_1 i pochylenie do poziomu s_1 (s_1 może być: 1) dodatnie, gdy jest wzniesienie; 2) = 0, gdy mamy odcinek poziomy i 3) ujemne, gdy mamy spadek), a szybkość na tym odcinku wynosi v_1 m/sek, czas potrzebny do przejścia tego elementu wyniesie $t_1 = \frac{L_1}{v_1}$

z drugiej strony $v_1 = \frac{75 \cdot A \eta}{Q (\varphi + s_1)}$,

Na drugim odcinku

$$t_2 = \frac{L_2}{v_2}, \text{ gdzie } v_2 = \frac{75 \cdot A \cdot \eta}{Q(\varphi + s_2)}$$

Na trzecim odcinku

$$t_3 = \frac{L_3}{v_3}, \text{ gdzie } v_3 = \frac{75 A \eta}{Q(\varphi + s_3)} \text{ i t. d.}$$

Czas potrzebny na przejście całego odcinka.

$$\Sigma t = \Sigma \frac{L}{v} = \Sigma \frac{L \cdot Q(\varphi + s)}{75 A \eta} = \frac{Q}{75 A \eta} \Sigma L \cdot (\varphi + s)$$

$$\frac{Q}{75 A \eta} = m$$

$$\Sigma t = m \Sigma L (\varphi + s).$$

Gdy pojazd mechaniczny idzie po spadku i $s = \varphi$, silnik winien być wyłączony, gdyż na takim spadku szybkość nadana pojazdowi będzie stała; jeżeli spadek $s > \varphi$, pojazd po wyłączeniu silnika zaczyna się poruszać coraz szybciej — z przyspieszeniem; względy bezpieczeństwa wymagają, aby szybkość pojazdu nie przekroczyła pewnej normy np. v_b m/sek., czas przejścia przez takie elementy odcinka, na których spadek $s > \varphi$, będzie obliczany podług bezpiecznej szybkości V_b , którą osiągniemy przy pomocy hamowania

$$t = \frac{L}{v_b}$$

Czas przejścia pojazdu przez dany odcinek w jednym kierunku zwykle bywa inny, niż czas przejścia pojazdu przez tenże odcinek w kierunku odwrotnym.

Przy porównywaniu warjantów na czas potrzebny do ich przejścia miarodajny jest czas przeciętny dla obydwóch kierunków.

Specjalne wymagania przy budowie autostrad. Ze względu na cel, w jakim buduje się drogi samochodowe, i warunki, w jakich ma się na nich odbywać ruch, przy projektowaniu autostrad należy uwzględnić szereg warunków specjalnych, nie wymaganych na drogach o ruchu miesza-

nym, przeznaczonych dla użytku ogólnego miejscowego, bez specjalnych opłat za korzystanie z nich.

1. Izolacja od ruchu miejscowego jest pierwszą właściwością autostrad i polega na zupełnem oddzieleniu tych dróg od ruchu miejscowego; osiąga się przez bezwarunkowe skrzyżowanie z wszelkimi drogami i kolejami w różnych poziomach; wjazd na autostrady i zjazd z nich odbywać się może wyłącznie tylko w niektórych punktach (stacjach), na których pobierana jest opłata za przejazd lub kontrolowane uiszczenie opłat przez opuszczających autostradę.

Zasadniczo autostrady izolowane są poza „stacjami” przez głębokie rowy i gęste żywopłoty; w tych miejscach, co do których zachodzi obawa, że na jezdnię mogą się przedostać ludzie lub zwierzęta i zahamować szybkość ruchu lub wywołać wypadki, np. w pobliżu wiosek lub miast,—autostrady winny być ogrodzone.

Ta izolacja od ruchu miejscowego wymaga budowy wiaduktów nad przecinaniami drogami lub przeprowadzania ich nad autostradami, a więc odpowiedniego w tych miejscach zaprojektowania niwelety autostrady.

2. Widzialność zarówno boczna jak pionowa jest również niezbędnym warunkiem dla autostrad ze względu na wielkie szybkości, do których autostrady winny być przystosowane.

Niezbędna widzialność boczna lub pionowa zależna jest od długości, na której może być zahamowany pojazd jadący z maksymalną szybkością dopuszczalną na danej drodze.

Pomijając wyprowadzenie wzoru dla długości drogi hamowania, niezbędnej dla zatrzymania samochodu jadącego z szybkością v , przytaczamy ostateczny wzór

$$L = \frac{v^2}{2g \left(\mu \cdot \frac{Q_c}{Q} + \varphi \pm s \right)} \quad (1)$$

Wzór ten wyprowadzony jest dla wypadku, gdy w ha mulce nie są zaopatrzone wszystkie koła.

W wzorze tym: L — długość drogi hamowania w m.

μ — współczynnik tarcia posuwistego między oponą koła pojazdu i nawierzchnią

Q_e — ciężar przypadający na koła hamowne
 Q — ciężar pojazdu
 φ — współczynnik oporu
 s — wzniesienie (+ s) lub spadek (— s)
 $g = 9,81 \text{ m}$.

Gdy hamulce są na wszystkich kołach samochodu wtedy $Q_e = Q$ i wzór (1) uprości się

$$L = \frac{v^2}{2g(\mu + \varphi \pm s)} \quad (2)$$

Do tej długości dodać trzeba jeszcze pewną długość k , jaką przejdzie pojazd od chwili, gdy kierowca zobaczy konieczność zahamowania do chwili, gdy rozpocznie hamowanie; przeciętnie wynosi to długość, jaką przejdzie pojazd przy szybkości, jaką miał w chwili rozpoczęcia hamowania, w ciągu 0,75 sek.; mieścić się tu będzie i pewien zapas odległości, gdyż zahamowany pojazd musi stanąć przed przeszkodą o kilka metrów.

Wzór (1) ostatecznie przedstawiać się będzie

$$L = \frac{v}{2g\left(\mu \cdot \frac{Q_e}{Q} + \varphi \pm s\right)} + k, \quad (1')$$

gdy hamulców niema na wszystkich kołach

$$i \quad L = \frac{v^2}{2g(\mu + \varphi \pm s)} + k, \quad (2')$$

gdy hamulce są na wszystkich kołach (samochody osobowe).

Dla k przy różnych szybkościach hamowanego samochodu mamy tablicę III.

Tablica III.

$v \text{ km/godz} =$	20	40	60	80	100	120
$k =$	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0

Według wzoru (2') obliczymy długości hamowania samochodu osobowego przy następujących założeniach: $\mu = 0,5$ przy

nawierzchni suchej i $\mu = 0,25$ przy nawierzchni mokrej, $\varphi=0,2$; k według tablicy III. Samochód osobowy posiada hamulce na wszystkich kołach: bierzemy typ zwykłego szybkiego samochodu osobowego.

Otrzymamy tablicę IV długości drogi hamowania przy rozmaitych szybkościach.

Tablica IV długości drogi hamowania.

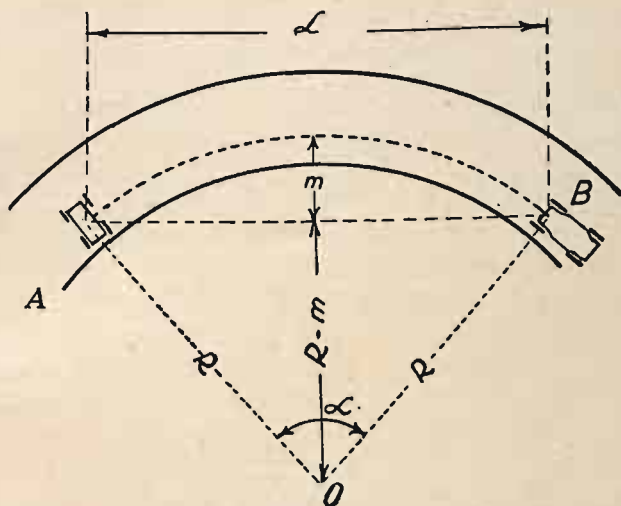
Szybkość		Na wzniesieniu				Na odcinku poziomym		Na spadku			
		$s = +0,08$		$s = +0,04$		$s = 0,00$		$s = -0,04$		$s = -0,08$	
km/godz	m/sek	$\mu = 0,5m$	$\mu = 0,25$	$\mu = 0,5m$	$\mu = 0,25$	$\mu = 0,5$	$\mu = 0,25$	$\mu = 0,5$	$\mu = 0,25$	$\mu = 0,5$	$\mu = 0,25$
40	11.1	19	27	20	29	21	33	22	36	23	41
60	16.7	36	53	38	58	40	65	42	74	45	87
80	22.22	58	88	61	98	64	98	68	126	73	117
100	27.77	86	133	91	158	96	167	103	192	110	223
120	33.33	119	186	126	207	134	224	143	260	154	322

Długości podane w tablicy IV przy różnych szybkościach są miarodajne przy określaniu widzialności bocznej i pionowej.

Widzialność boczna, t. j. widzialność na łukach określona zostanie nieco inaczej, niż na drogach zwykłych, przeznaczonych dla ruchu mieszanego, mających łuki o promieniach stosunkowo małych i o szerokości jezdni stosunkowo małej.

Przedewszystkiem przypuszczamy, że pojazdy mechaniczne zawsze będą jechać po stronie właściwej i nie zajdzie potrzeba hamowania przed pojazdem jadącym naprzeciwko z dużą szybkością.

Widzialność na autostradach (tyczy się to zarówno widzialności bocznej jak pionowej) określać będziemy w założeniu, że samochód jadący z największą możliwą szybkością napotyka na przeszkodę nieruchomą, której nie może wyminąć (np. samochód unieruchomiony stojący w poprzek jezdni) i musi się zatrzymać (rys. 36).



Rys. 36.

Aby nie nastąpiła katastrofa, niezbędne jest, aby kierowca pojazdu *B* mógł zauważyć przeszkodę przynajmniej w odległości *AB*, odpowiadającej łukowi *AB*, którego długość wystarcza dla zupełnego zahamowania pojazdu *B*.

Ponieważ na autostradach stosujemy duże promienie, znacznie większe, niż na zwykłych drogach, przeto długość cięciwy *AB* stosunkowo mało będzie się różnić od długości łuku *AB*; możemy w przybliżeniu przyjąć, że długość cięciwy *AB* = długości łuku *AB* = długości drogi niezbędnej dla zahamowania pojazdu *B* jadącego z szybkością *v* m/sek., t. j. długości drogi obliczonej według wyżej podanego wzoru (2'), przy założeniu, że nawierzchnia jest mokra, t. j. że $\mu = 0,25$, że samochód osobowy ma hamulce na wszystkich kołach, jedzie z największą możliwą szybkością po stronie wewnętrznej łuku.

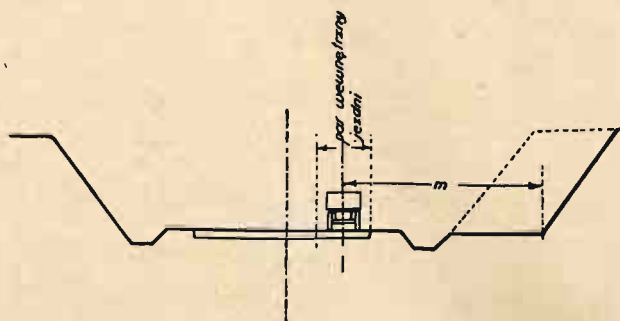
Aby widzialność była dostateczna, na odległości *m* (rys. 36) nic nie powinno przeszkadzać kierowcy samochodu *B* w zauważeniu przeszkody.

Ta odległość *m* może być wyrażona w sposób następujący:

$$m = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}}.$$

Stąd wniosek, że na tej odległości muszą być na wewnętrznej stronie łuku usunięte wszystko, co przeszkadza widzialności: np. drzewa, parkany, skarpa wykopu i t. p.

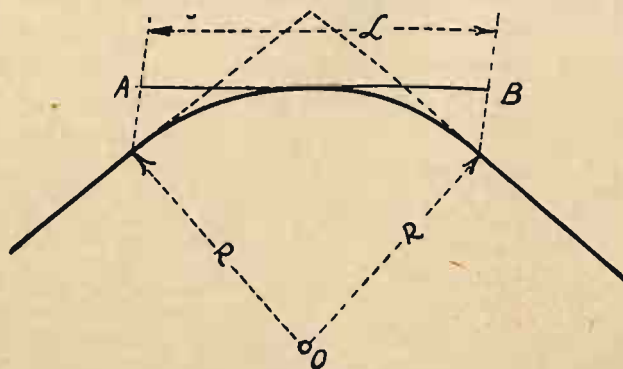
Jeżeli, np., droga przechodzi w wykopie, wykop po stronie wewnętrznej łuku winien być poszerzony tak, jak to jest wskazane na rys. 37, na odległość m od środka wewnętrznego pasa jezdni, po którym przebiega pojazd, jadący po wewnętrznej stronie jezdni.



Rys. 37.

3. Widzialność pionowa. Nie mniej ważne jest zabezpieczenie widzialności pionowej przy załamaniach niwelety drogi.

Widzialność tę osiągnąć można przez zastosowanie odcinków drogi poziomych lub o małym pochyleniu, przedzielających spadki odwrotne lub też przez połączenie spadków odwrotnych łukiem kołowym lub parabolicznym w płaszczyźnie pionowej.



Rys. 38.

Pierwszy sposób dla dróg samochodowych nie nadaje się, gdyż załamania nagle w płaszczyźnie pionowej wywołują wstrząsy pojazdów i przy większych szybkościach znaczne wahania resorów; zawsze przeto w tym wypadku stosować będziemy pionowy łuk kołowy lub paraboliczny (rys. 38).

Łuk ten powinien być zatoczony takim promieniem, aby linia AB była równa długości hamowania samochodu osobowego, jadącego z największą szybkością; h — wysokość oka kierowcy nad nawierzchnią drogi; wysokość przeszkody dla uproszczenia obliczeń przyjęta $= h$.

Długość drogi hamowania obliczamy według wzoru, podanego wyżej:

$$L = \frac{v^2}{2g(\mu + \varphi \pm s)} + h$$

Ponieważ hamowanie rozpoczęte w p. A. częściowo odbywa się na wzniesieniu o zmiennej wielkości, a częściowo na spadku również o zmiennej wielkości, obliczamy go w przypuszczeniu, że hamowanie odbywa się na odcinku poziomym, co daje nam rezultat zbliżony do rzeczywistości.

Jak widzimy z tablicy IV, widzialność winna wynosić około 225 m, dla odcinków poziomych i około 260 m na spadkach 4% praktykowanych na autostradach — przy szybkości samochodu 120 km/godz. Taka widzialność pionowa winna być przewidywana przy projektowaniu autostoad.

Przy określaniu promieni pionowych łuków koła, jakie winny być stosowane, przedewszystkiem należy obliczyć wielkości tych promieni pionowych, przy których skutek siły odśrodkowej może nastąpić oderwanie samochodu od nawierzchni: nastąpi to wtedy, gdy na łuku pionowym o promieniu R rozwinie się przy przejściu samochodu z szybkością v m/sek. siła odśrodkowa większa lub równa ciężarowi pojazdu Q , t. j.

$$\frac{mv^2}{R} \geq Q$$

$$\frac{Q}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \geq Q$$

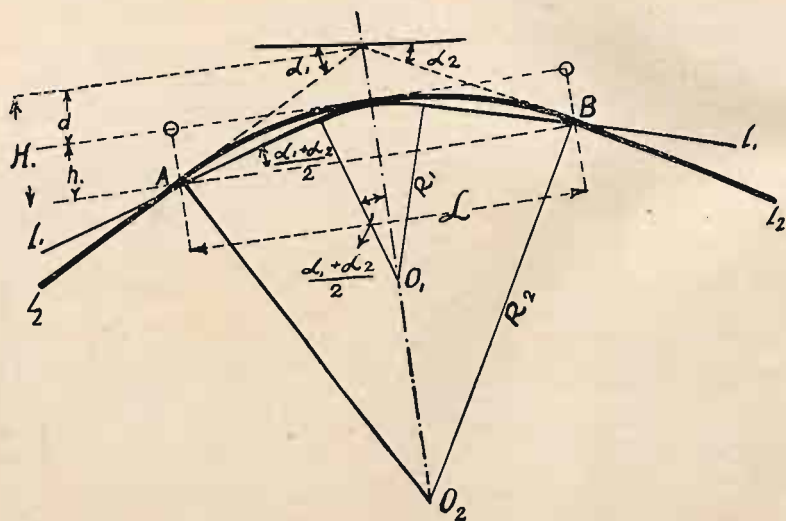
$$R = \frac{v^2}{g};$$

Przechodząc do szybkości wyrażonej w km/godz., mamy:

$$R = \frac{v^2}{(3,6)^2 \cdot g} = \frac{v^2}{(3,6)^2 \cdot 981} = \frac{v^2}{127,2}.$$

Z wzoru tego otrzymamy tablicę dla wielkości promieni pionowych, przy których może nastąpić oderwanie się pojazdów od nawierzchni; hamowanie w tych warunkach będzie niemożliwe, gdyż waga samochodu będzie równoważona siłą odśrodkową w kierunku pionowym. W rzeczywistości ze względu na potrzebną widzialność równą w przybliżeniu długości hamowania (L) stosowane promienie pionowe będą znacznie większe.

W pracy inż. St. Lenczewskiego - Samotyji¹⁾ znajdujemy wzory na obliczenie promienia minimalnego i maksymalnego ze względu na widzialność na długości L .



Rys. 39.

Wzór ogólny promienia pionowego minimalnego, dającego widzialność na odległości L może być zastosowany zarówno w wypadku spadków odwrotnych (rys. 39), jak spadków w jedną stronę skierowanych.

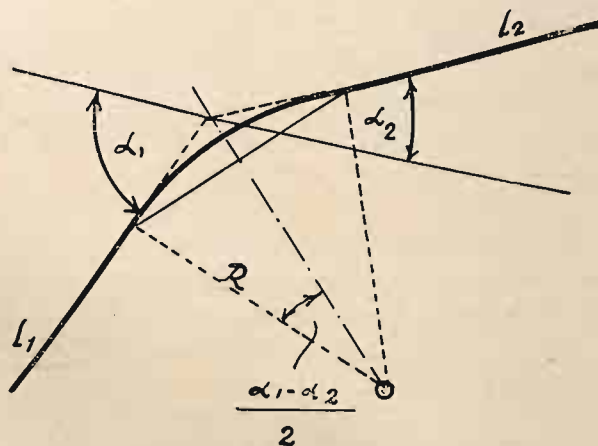
¹⁾ „O załamaniach niwelety w przekroju podłużnym drogi”. Warszawa 1931 r.

$$R_1 = \frac{d \cdot \cos \left(\frac{\alpha_1 \pm \alpha_2}{2} \right)}{1 - \cos \left(\frac{\alpha_1 \pm \alpha_2}{2} \right)}, \text{ gdzie } d = \frac{L}{4} (s_1 \pm s_2) - h \quad (1)$$

$$\text{gdzie } s_1 = \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$s_2 = \operatorname{tg} \alpha_2$$

We wzorze tym znak (+) trzeba zastosować w wypadku spadków odwrotnych (rys. 39), znak (—) — dla wypadku



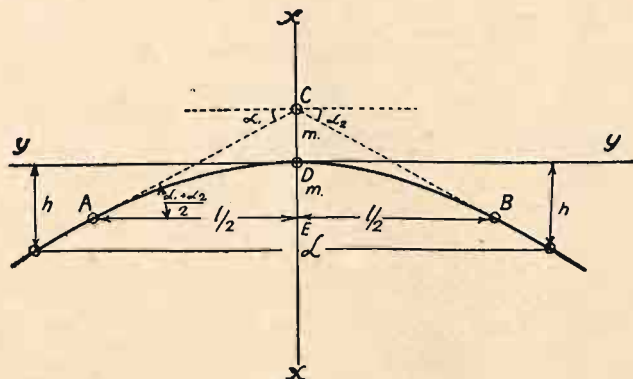
Rys. 40.

spadków w jedną stronę skierowanych (rys. 40). Dla promienia maksymalnego R_2 (na rys. 39) mamy wzór

$$R_2 = \frac{L^3}{8h} + \frac{h}{2} \quad (2)$$

Jeżeli dla L weźmiemy wartość z tablicy IV dla szybkości maksymalnych ($v = 100 - 120$ km/godz.), wtedy z tablic podanych w pracy inż. St. Lenczowskiego-Samotyji (tablica V) otrzymamy wartości dla R_1 i R_2 . Z tablicy tej widać, że przy większych szybkościach musimy stosować dość duże promienie pionowe — od 5000 do 9000 m.

Zamiast łuku kołowego lepiej jest stosować zaokrąglenie w postaci łuku pionowego parabolicznego, gdyż wtedy przejście od prostej niwelety do krzywej jest łagodniejsze.



Rys. 41.

Równanie paraboli według inż. St. Lenczewskiego (rys. 41).

$$y^2 = \frac{4mx}{\left(\frac{s_1 \pm s_2}{2}\right)^2} \quad (3)$$

Znak $+$ we wzorze (3) gdy spadki są odwrotne.

Znak $-$, gdy spadki skierowane są w jedną stronę.

Widzialność drogi będzie, gdy $m \leq h$ i $l \leq L$.

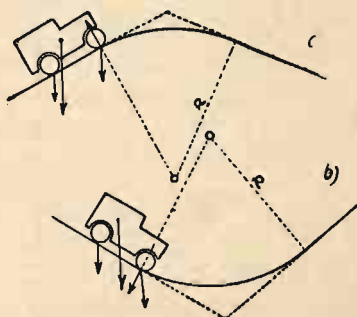
Gdy $x = h$ i $l = L$, mamy równanie

$$y = \frac{L^2}{4h} \cdot x \quad (4)$$

Będzie to wypadek analogiczny do wypadku, gdy określamy R_2 — największy promień pionowy (rys. 39).

Równania (3) i (4) dają nam możliwość zaprojektowania przejść parabolicznych na załamaniach niwelety.

4. Łagodzenie załamania niwelety. Mogą być wypadki, gdy widzialność na załamaniach pionowych niwelety jest dostateczna; wtedy łagodzenie tych załamania winno być zrobione nie ze względu na widzialność, a ze względu na dążność do uniknięcia wahań pionowych resorów pojazdów, które to wahania mogą mieć miejsce przy znacznych szybkościach podczas przebiegu przez załamanie niwelety: wahania powstają w momencie, gdy przednie koła przejdą przez załamanie, a tylne znajdują się przed załamaniem; następuje wtedy albo nagle opuszczenie się przednich kół lub podniesienie, co wywołuje wahania całego pudła.



Rys. 42.

Załamania mogą być wypukłe lub wklęsłe (rys. 42).

Złagodzenie załamania przy pomocy łuku koła lub paraboli jest konieczne na pewnej długości S przed punktem załamania niwelety.

Długość S zależy od promienia łuku koła, jakim należy wykonać złagodzenie załamania niwelety, promień zaś koła zależy od tego, jakiej wielkości nagłą zmianę obciążeń (powiększenie lub zmniejszenie) bez szkody dla siebie wytrzymują resory szybkobieżnych samochodów.

Jeżeli samochód rozwija szybkość $v = 120 \text{ km/godz.} = 33,33 \text{ m/sek.}$, wtedy przy przejściu przednich kół samochodu na łuk łagodzący pionowy rozwija się siła odśrodkowa.

$$\frac{Q_p \cdot v^2}{g \cdot R}, \text{ gdzie } Q_p \text{ — waga przednich kół samochodu}$$

$v \text{ m/sek.}$ — szybkość samochodu

$g = 9,81$

R — promień łuku pionowego w m.

Gdy koła tylne jeszcze nie weszły na łuk pionowy, siły odśrodkowej na kołach tylnych nie ma.

Siła odśrodkowa w wypadku a (rys. 42) zmniejsza obciążenie Q_p , w wypadku b (rys. 32) — powiększa: i w jednym i w drugim wypadku wywołuje wahania pionowe resorów.

Praktyka daje nam stosunek nagłej zmiany obciążeń, przy którym wynikające wahania resorów nie są szkodliwe ani niebezpieczne. Np. dla przeciętnych resorów można przyjąć za dopuszczalne nagłe wahania obciążeń dochodzące do $\pm 25\%$ obciążenia normalnego.

Jeżeli więc siła odśrodkowa dla przednich kół na łuku pionowym = 0,25 obciążenia przednich kół, wtedy wahania resorów nie są szkodliwe; mamy równanie

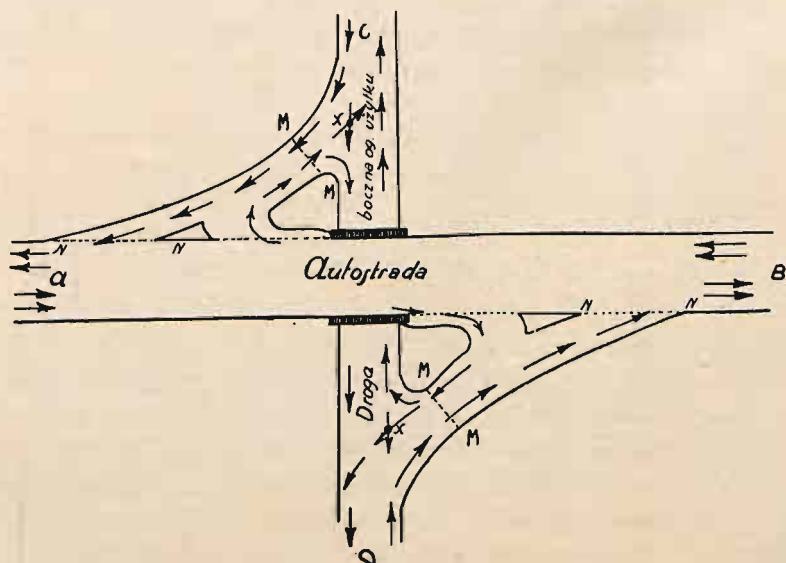
$$\frac{Q_p \cdot v^2}{g \cdot R} = 0,25 Q_p; \text{ z kąd } R = \frac{v^2}{0,25 \cdot 9,81}$$

Przy $v = 33,33 \text{ m/sek.}$: $R = \sim 450 \text{ m.}$

Z tego przykładu widzimy, że ze względu na wstrząśnienia, jakim podlegają pojazdy, przebiegające z wielką szybkością przez załamania niwelety, należy stosować łuki o stosunkowo niewielkim promieniu w porównaniu do promieni, jakie stosować należy ze względu na widzialność pionową drogi.

I w tym wypadku zastosowanie zamiast łuku koła łuku parabolicznego jest racjonalniejsze, gdyż przejście z prostej na łuk (pionowy) jest łagodniejsze.

Zjazdy, wjazdy i skrzyżowania autostrad. Zjazdy i wjazdy na boczne drogi z autostrad winny być inaczej urządzone niż na zwykłych drogach użytku ogólnego. Przedewszystkiem musi być zachowany warunek, aby przy wjeździe na autostradę z bocznych dróg ogólnego użytku lub



Rys. 43.

przy zjeździe potok pojazdów jadących autostradą nie był przecinany przez wjeżdżające lub zjeżdżające pojazdy.

Jako przykład takiego najprostszego urządzenia może służyć schematycznie przedstawiony zjazd — wjazd na boczną drogę przedstawiony na rys. 43.

Kierunki ruchu oznaczone są strzałkami. Skrzyżowanie autostrady z drogą ogólnego użytku jest, oczywiście, w 2 poziomach. Na autostradzie niema kolizyj ruchu, na drodze ogólnego użytku z ruchem znacznie wolniejszym i rzadszym jest ona dopuszczona w punktach *X, X*. Aby uniknąć wypadków, punkty te winny być widzialne zarówno dla zjeżdżających i wjeżdżających na autostradę, jak dla jadących drogą ogólnego użytku (*CD*).

Osiąga się to przez nadanie odpowiedniej długości wjazdom i odpowiednie ukształtowanie terenu w pobliżu skrzyżowania.

Oprócz tego winna być osiągnięta odpowiednia widzialność z odpowiedniej odległości wjeżdżających na autostradę, aby jadący autostradą widzieli tych, którzy chcą się włączyć do potoku pojazdów, jadących autostradą; gdyby widzialność ta z powodu ukształtowania terenu była trudna do osiągnięcia, możnaby zaprojektować specjalną sygnalizację automatyczną, zapalającą sygnały ostrzegawcze (zielone), ustawione na odpowiedniej odległości przed wjazdem (200 — 300 m), przez nacisk koła pojazdu wjeżdżającego na odcinek wjazdowy (np. w punkcie *MM*) i gaszącą je przy pomocy takiego samego urządzenia, gdy pojazd już wjeżdża na autostradę (np. w punkcie *NN*).

Inny przykład wjazdu na autostradę widzimy na rys. 20. Jest to istniejący już wjazd na autostradę Kolonja—Bonn w miejscowości Wesseling, na którym widzialność jest zabezpieczona w stopniu dostatecznym.

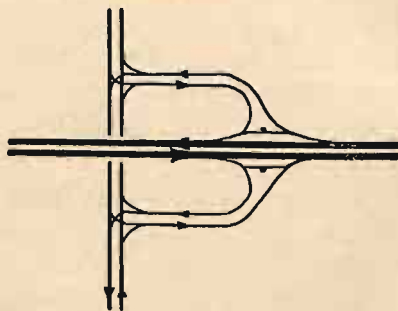
Ponieważ autostrady stwarzają te arterie magistralne ruchu samochodowego, na których koncentrować się będzie ruch dalekobieżny, z konieczności wjazdu — zjazdy i skrzyżowania autostrad stopniowo przeobrażają się w „stacje” autostradowe — na podobieństwo stacyj kolejowych.

Dla tego też przy projektowaniu tych urządzeń trzeba przewidzieć odpowiednie urządzenia i budynki potrzebne do normalnego funkcjonowania ruchu, a więc szlabany i budynki

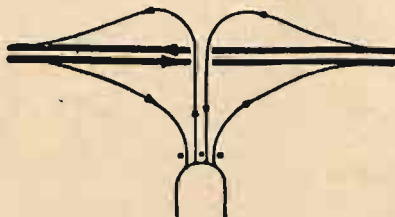
do pobierania opłat za przejazd, stacje benzynowe, dworzec autobusowy z odpowiednimi pomieszczeniami, do którego pobliskie osiedla dostarczałyby pasażerów i towary, pomieszczenia dla policji drogowej i pogotowi ratunkowych dla ludzi i maszyn, mieszkania dla personelu administracyjnego, miejsca dla postoju pojazdów, oczekujących na przyjazd autobusów i t. d.

Istnieje już obszerna literatura na temat racjonalnego urządzania zjazdów i skrzyżowań.

Między innemi jest ciekawa praca W. Arntz'a z Kolonji p. t. „Zugänge und Knotenpunkte der Reichsautobahnen” 1934 r., podająca szereg schematycznych rozwiązań. Na rysunkach z tej pracy wybranych (rys. 44 — 50) grube linje oznaczają kierunki ruchu na autostradach, cienkie linje — na drogach dojazdowych lub łączących; przerwa linji przy przecięciu z drugą oznacza skrzyżowanie w różnych poziomach.

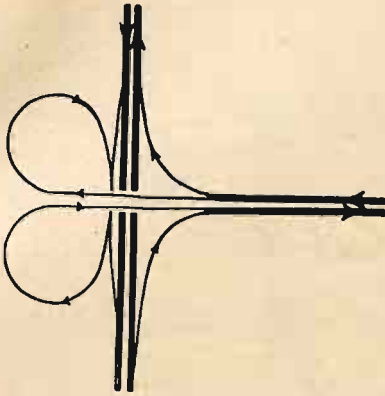


Rys. 44.

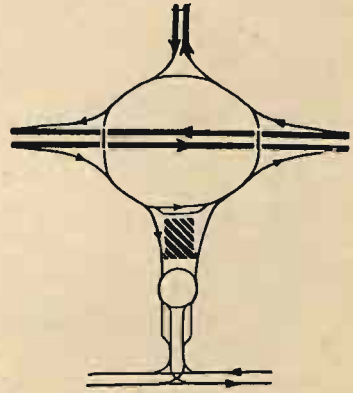


Rys. 45.

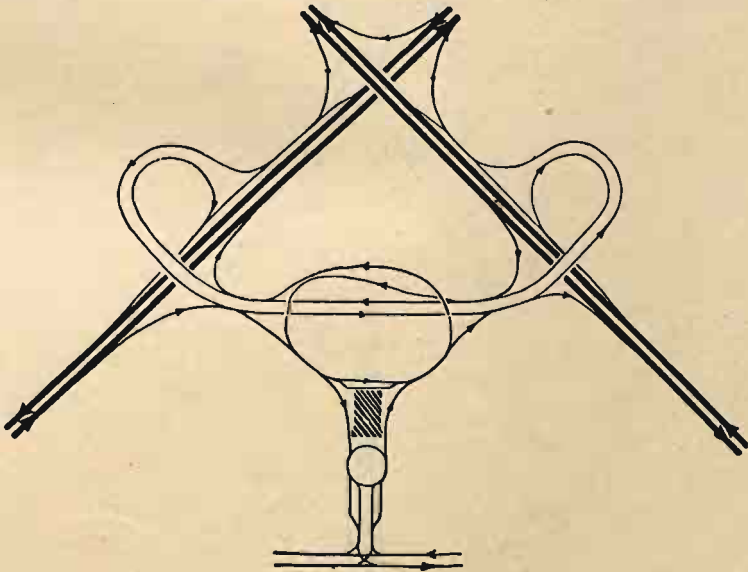
Rys. 44 — 45 daje schematy wjazdu z dróg ogólnego użytku na autostrady, rys. 46 — 53 podaje schematyczne skrzyżowania dwóch i więcej autostrad i połączenie z drogami ogólnego użytku.



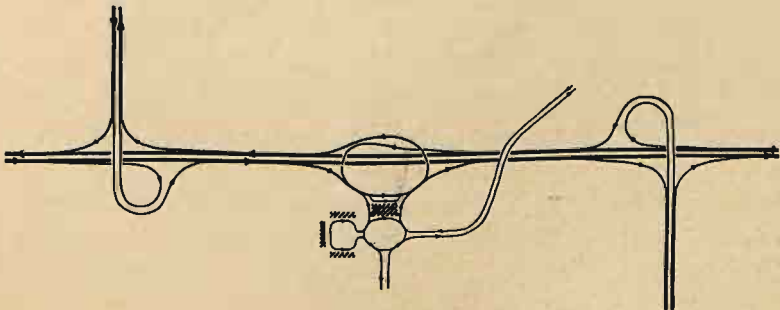
Rys. 46.



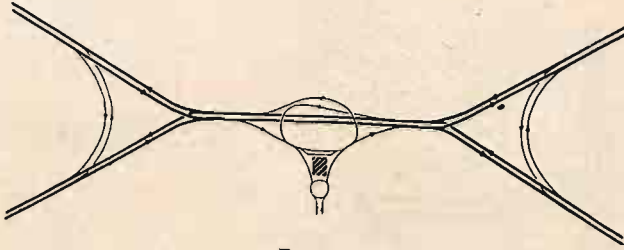
Rys. 47.



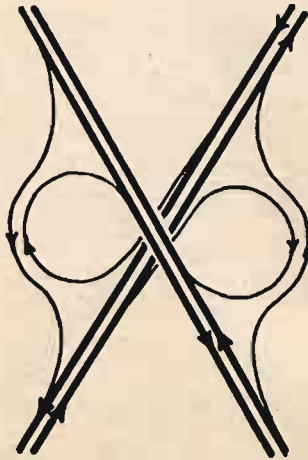
Rys. 48.



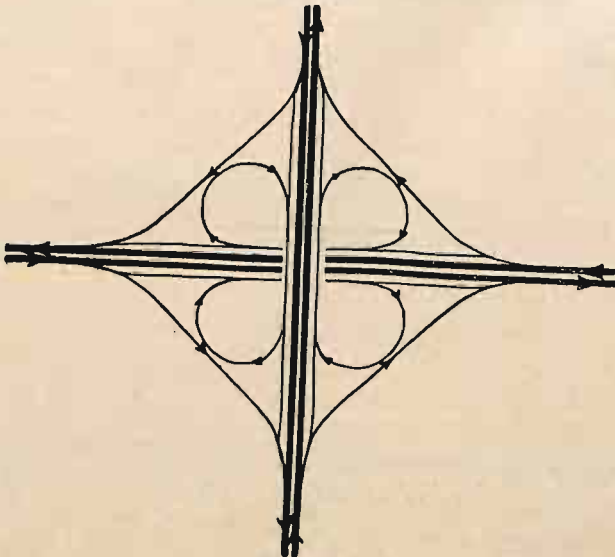
Rys. 49.



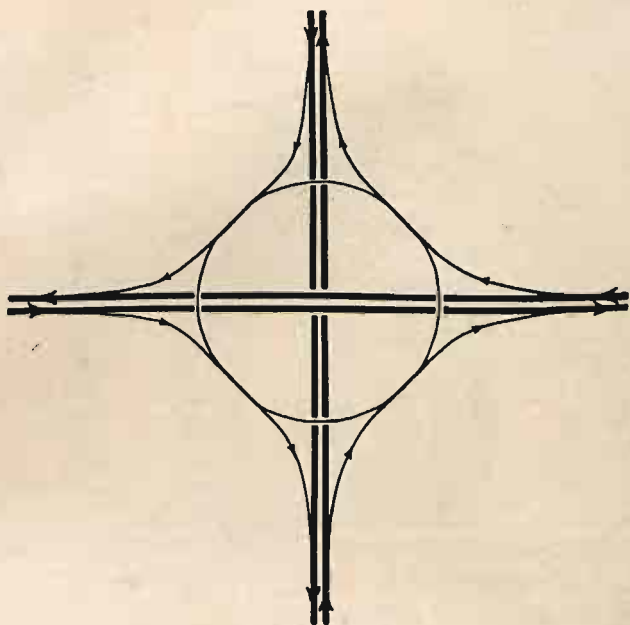
Rys. 50.



Rys. 51.



Rys. 52.



Rys. 53.

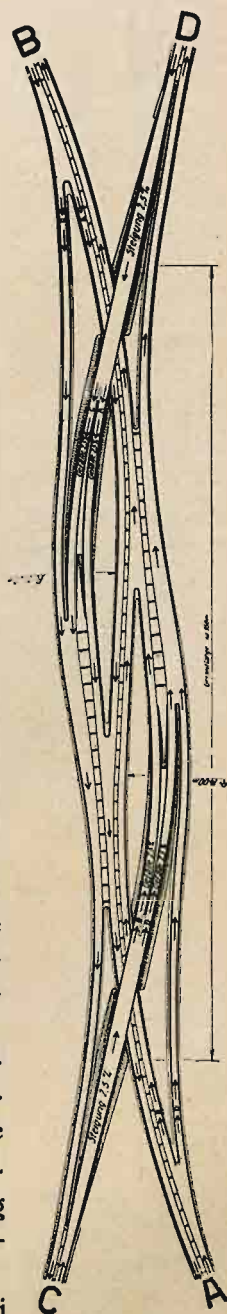
Ciekawe rozwiązanie skrzyżowania dwóch autostrad podaje inż. W. Blöcker w pracy „Kreislösung oder Linienlösung” (rys. 54), które jest częściowym rozwiązaniem węzła podanego na rys. 50.

Rys. 55—60 podają nam szczegółowe opracowanie wjazdów na autostrady, skrzyżowanie autostrad, urządzenie placów wjazdowych i niektóre typy dworców autobusowych na autostradach.

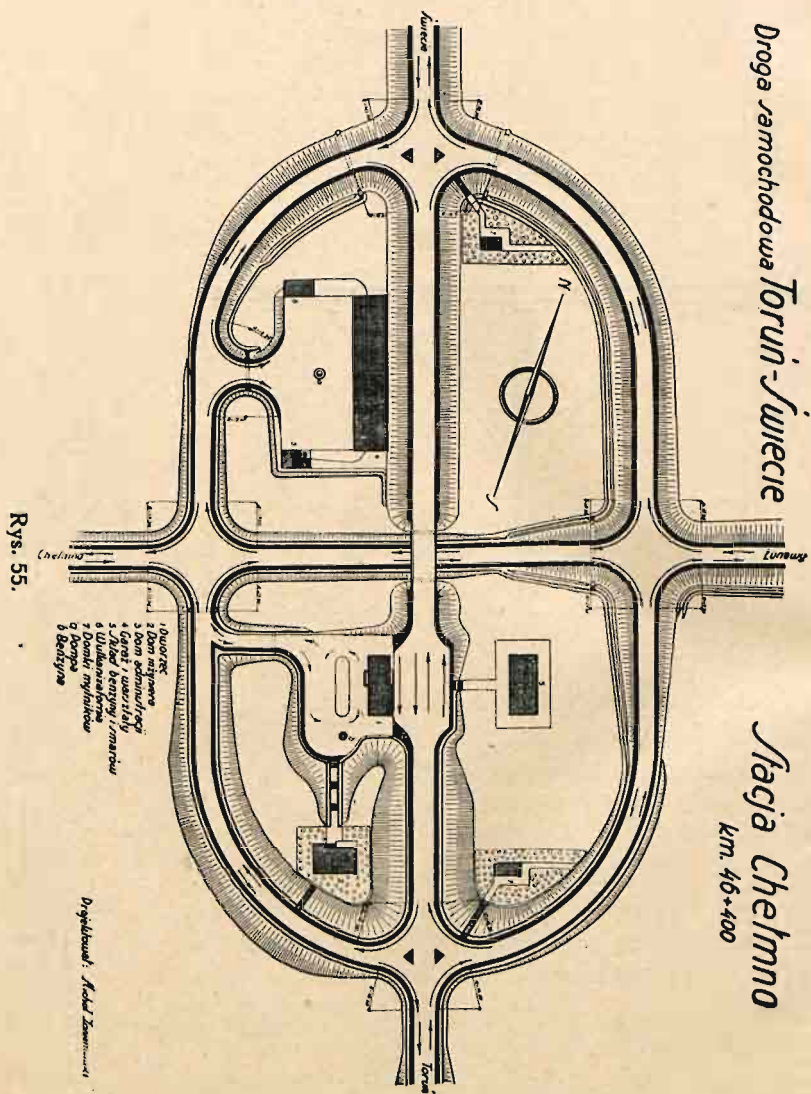
Rysunki te stanowią szczegóły prac dyplomowych — projektów budowy dróg samochodowych, wykonywanych od kilku lat na wydziale Inżynierji lądowej Politechniki Warszawskiej.

Projekty autostrad wykonywane są według map warstwicowych w podziałce 1 : 25000, które istnieją dla pewnych okolic Rzpłitej.

Rys. 55 przedstawia typowy wjazd z drogi ogólnego użytku na autostradę.

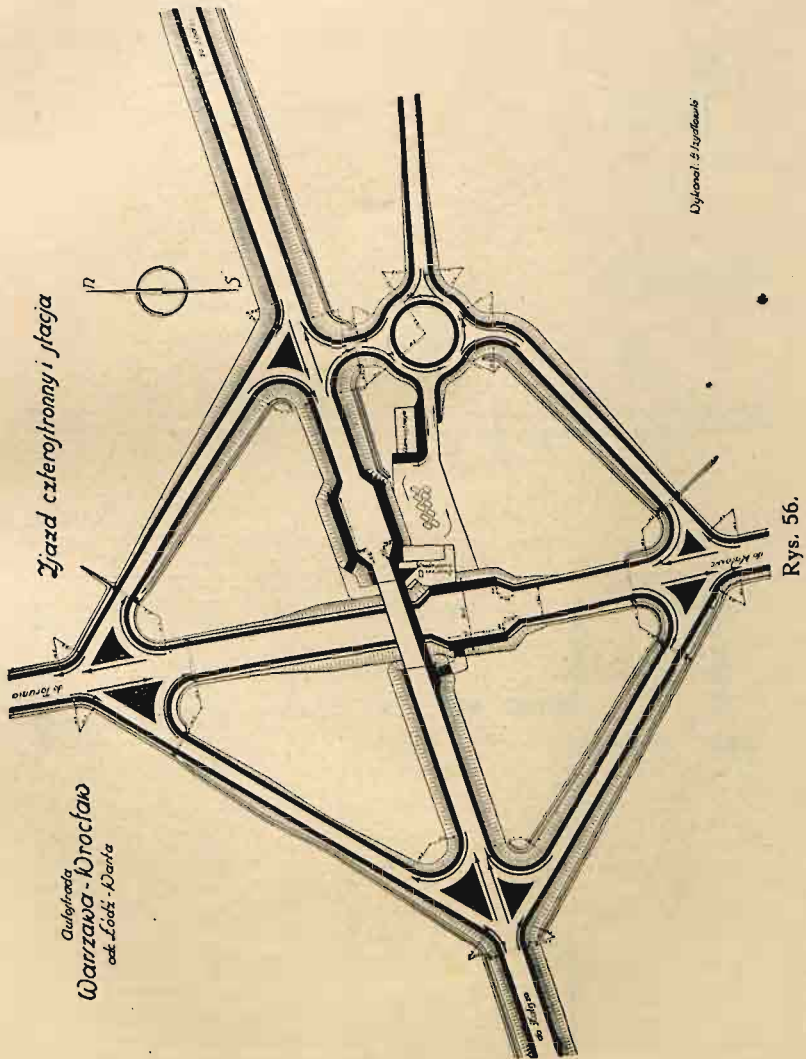


Rys. 54.



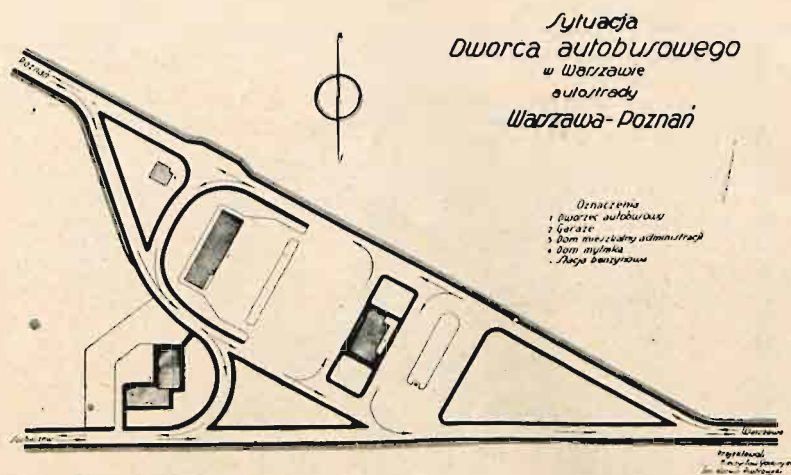
Rys. 56 przedstawia skrzyżowanie dwóch autostrad przy-
tem podane jest rozwiązanie sytuacji dworca autobusowego
dla autostrad.

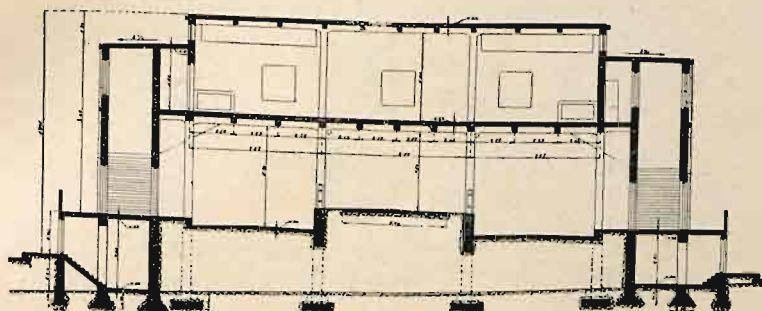
Rys. 57 przedstawia plan sytuacyjny początku autostrady,
a rys. 58 i 59 rzut poziomy i widok projektowanego tam dworca.



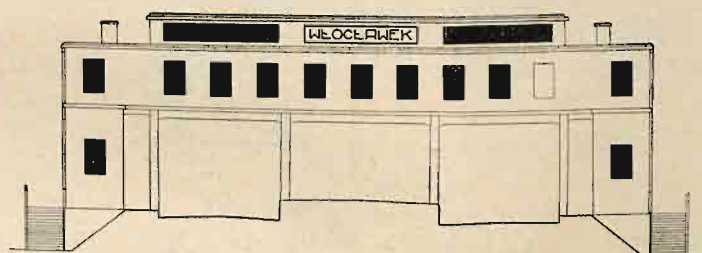
Wreszcie rys. 60, 61 podają więcej skomplikowane rozwiązanie zjazdu z autostrady (we Włocławku) oraz dworca autobusowego zbudowanego nad autostradą, na której — pod dworcem — przewidziane są specjalne tory na przystanki.

Zadrzewianie autostrad. Jest ogólne zdanie, że na koronie autostrad nie należy sadzić drzew ze względu na





Przekrój A-B



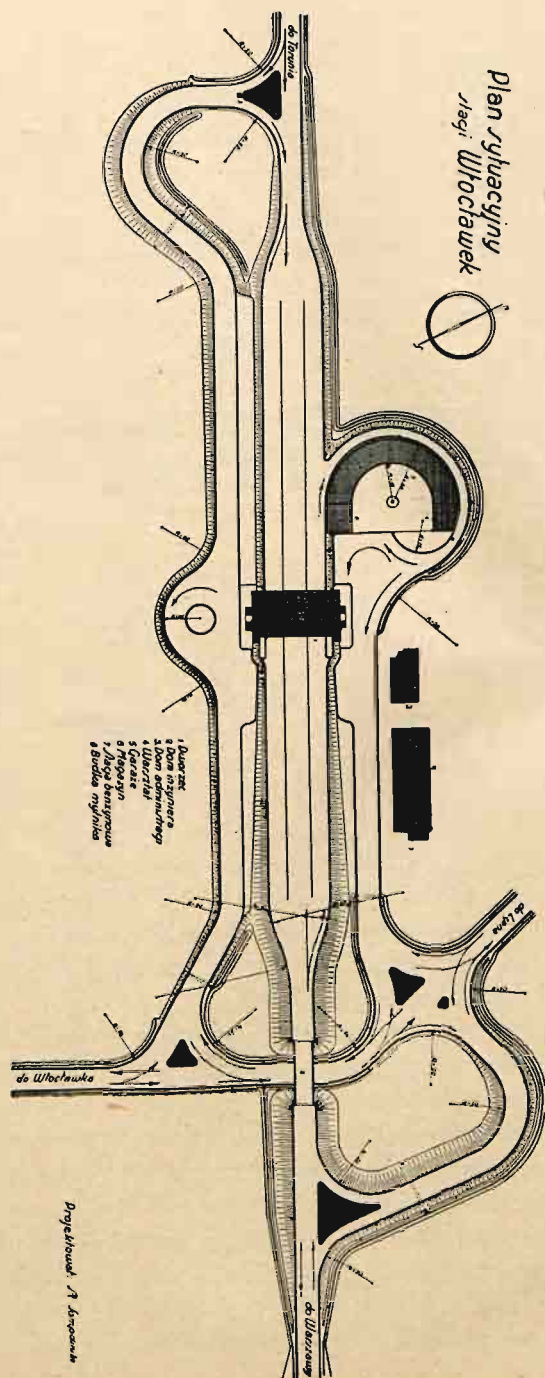
Elewacja wchodnia

Rys. 60.

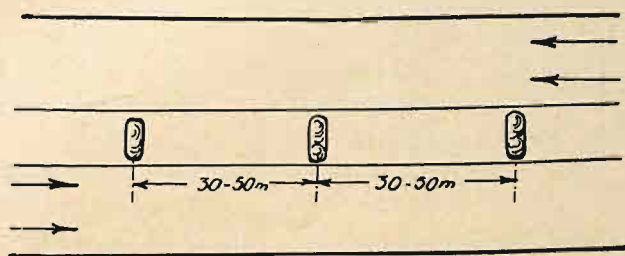
łatwiejsze wysychanie jezdni i możliwe wypadki przy szybkiej jeździe. Jedynie na pasach kilkumetrowych, dzielących jezdnię na części przeznaczone dla różnych kierunków, projektowane jest obsadzenie tych pasów żywopłotami poprzecznymi co kilka-kilkanaście metrów rozstawionymi w celu zmniejszenia przykrego dla kierowców oślepiania w czasie nocnym przez jadące naprzeciw pojazdy (rys. 62). Może to jednak powodować powstawanie zasp śnieżnych.

Ponieważ na autostradach, na których jezdnia będzie podzielona na dwie części, ruch odbywać się będzie tylko w jednym kierunku, dla ułatwienia ruchu w czasie nocy zamiast żywopłotów poprzecznych, które w zimie mogą powodować zaspę śnieżną, możnaby podczas jazdy autostradą nakładać na latarnie samochodowe specjalne zasłony od lewej strony, któreby zapobiegały rozchodzeniu się światła na lewą stronę.

Przy zadrzewianiu dróg samochodowych, trzeba zwracać uwagę, aby zadrzewienie było tego rodzaju, żeby korony nie wypadały nad jezdnią, gdyż to utrudnia szybkie wysychanie,



Rys. 61.



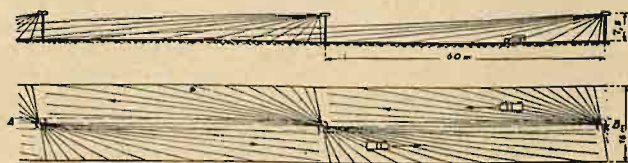
Rys. 62.

a pozatem przez spadek liści lub owoców na nawierzchnię może wywoływać wypadki przez zarzucanie pojazdów.

Wreszcie zadrzewianie nie powinno być stosowane po stronie wewnętrznej łuku w razie, gdy ono zmniejsza widzialność drogi.

Oświetlenie dróg samochodowych. Z powodu trudności w ruchu, jakie wytwarzają się w nocy, gdy jadące naprzeciwko siebie pojazdy wzajemnie się oślepiają, w ostatnich czasach zaczęto oświetlać autostrady na całej ich długości. Na rys. 15 widzimy autostradę Rzym-Ostia, oświetloną lampami elektrycznymi łukowemi.

Autostrada dla samochodów ciężarowych Genua-Serravalle-Scrvia również będzie oświetlona. Prowadzone są specjalne studia, aby opracować taki typ lamp, których światło nie raziłoby w oczy kierowców. Tak np. na rys. 63 mamy pomysł



Rys. 63.

typu lamp, ustawianych po środku jezdni ze specjalnemi reflektorami, które rzucają światło tak, aby jadących nie oślepiać.

Jest rzeczą oczywistą, że oświetlenie jest wskazane tylko na takich drogach, na których ruch jest bardzo gęsty.

Nawierzchnia autostrad. Przy wyborze nawierzchni dla autostrad odpadają te trudności, jakie się nasuwają

przy wyborze nawierzchni dla dróg z ruchem mieszanym: na autostradach niema miejsca dla tych niszczycieli nawierzchni drogowych, jakimi są kopyta końskie i obręcze żelazne. Autostrady wymagają nawierzchni gładkiej, takiej, aby współczynnik oporu ruchu (φ) był możliwie najmniejszy i aby była ona wytrzymała na duże obciążenia dynamiczne kół z miękkimi obręczami.

Praktyka dotychczasowa wskazuje na beton, jako materiał najodpowiedniejszy, o ile został w odpowiedni sposób połączony.

Na szeregu autostrad włoskich została zastosowana nawierzchnia betonowa grubości 15 — 20 cm — spoczywająca na mocnym dobrze odwodnionym podłożu.

Podłoże zbudowane zostało bądź z uwalcowanego żwiru, bądź z tłucznia grubości 15 — 20 cm.

Nawierzchnia betonowa jest dość szorstka, nawet gdy jest wilgotna.

Technika budowy nawierzchni betonowych w ostatnich czasach zrobiła olbrzymie postępy zarówno pod względem jej konstrukcji jak wykonania. Niema tu miejsca na opis tych postępów, dość wspomnieć racjonalne konstruowanie szczelin konstrukcyjnych i dylatacyjnych poprzecznych i podłużnych, przekroju poprzecznego (pogrubianie boków), różne wzmocnienia przy pomocy wkładek żelaznych i t. d.

Szybkie i dokładne wykonywanie płyt betonowych umożliwione jest przy pomocy różnych maszyn, począwszy od ruchomych specjalnych betoniarek, i kończąc na maszynach do wykończania.

Technika uszczelniania betonu i zmniejszania nasiąkliwości przynosi z roku na rok nowe pomysły.

Pozatem nawierzchnie betonowe mają w Polsce tę dodatkową stronę, że materiały do nawierzchni tej w Polsce, dzięki dostatecznie rozbudowanemu przemysłowi cementowemu, są w 100% krajowe i są do dyspozycji w nieograniczonej ilości.

Na drugim miejscu wśród nawierzchni odpowiednich dla autostrad są nawierzchnie bitumiczne.

Dla Polski są one postawione na drugim miejscu, ponieważ produkcja odpowiednich lepiszcz bitumicznych

krajowych jest dość ograniczona i przy większym zapotrzebowaniu niewystarczyłaby, a ceny ich niewątpliwie poszłyby znacznie w górę. Poza tem przemysły polskie wytwarzające materiały bitumiczne (asfalt — przemysł naftowy, smoły drogowe — przemysł koksowniczy i gazowy) naogół traktują dotychczas produkcję materiałów drogowych bitumicznych, jako produkcję uboczną; przeważnie nie prowadzą w odpowiednim zakresie ani nie interesują się studjami w kierunku ulepszania tych materiałów, co jest zresztą przyczyną stosunkowo małego stosowania tych materiałów do budownictwa drogowego.

Nawierzchnie bitumiczne wymagają, jak i nawierzchnie betonowe, starannej i fachowej roboty; mowa tu o nawierzchniach t. zw. ciężkich i półciężkich, spoczywających na mocnem pewnem podłożu bądź kamiennem bądź betonowem (z chudszego betonu).

Wreszcie na trzeciem miejscu dla warunków polskich należałoby postawić bruk drobnokostkowy na odpowiedniem podłożu kamiennem lub betonowem (np. z chudszego betonu 1 : 6).

Aczkolwiek nawierzchnia drobnokostkowa jest odpowiednią dla autostrad i jest bardzo długotrwała, zwłaszcza przy ruchu pojazdów z gumowymi obręczami, postawiona jest na trzeciem miejscu, ponieważ Polska posiada stosunkowo mało materiałów odpowiednich do wyrobu drobnej kostki i bruk z kostki drobnej ze względu na daleki przewóz będzie zawsze kosztowny; z drugiej strony produkcja kostek nie będzie mogła być dowolnie rozszerzana, ponieważ z dobytego kamienia w kamieniołomach w najlepszym razie (np. z bazaltu) można wyrobić najwyżej 20 — 25% kostki, a reszta stanowić będzie odpadki, na które może nie być odbiorców: powodować to może wysoki koszt drobnej kostki.

Naturalnie przy wyborze rodzaju nawierzchni winny być przeprowadzone specjalne studja, uwzględniające miejscowe materiały i dostawę tych materiałów, które trzeba sprowadzać na miejsce robót; studja te dadzą nam materiał, jaka nawierzchnia dla danego odcinka jest najodpowiedniejsza zarówno pod względem technicznym jak ekonomicznym.

*
*
*

W powyższym krótkim zarysie podaliśmy garść wiadomości i rozważań technicznych o tym nowym rodzaju dróg, jakimi są autostrady.

Niewątpliwie mają one wielką przyszłość i zjawienie się ich stanowić będzie taki przełom w budownictwie drogowym i w komunikacji drogowej, jak sto kilkadziesiąt lat temu zjawienie się dróg bitych, a sto lat temu — kolei żelaznych.

Powstaje pytanie: czy w Polsce potrzebne są autostrady i czy aktualną rzeczą jest zajmowanie się nimi.

Niejednen na to pytanie odpowie: jeżeli Polska nie może zdobyć się na należyte utrzymanie istniejących dróg, przedwczesnem jest myśleć o budowie autostrad przy małej ilości pojazdów mechanicznych.

Tak jednak nie jest.

W Polsce gospodarka drogowa musi ruszyć z martwego punktu, a środki na nią muszą się znaleźć nawet przy obecnych czasach kryzysowych.

Życie gospodarcze i względy ogólnopństwowe zmuszą do wydatniejszego udziału Skarbu Państwa i samorządów w wydatkach na gospodarkę drogową: nawet przy obecnych dochodach państwa i samorządów przekonstrowanie budżetów, ustalenie kolejności pod względem pilności i ważności różnych zamierzonych inwestycji niewątpliwie dałoby możliwość przeznaczenia na drogi poważniejszych środków.

Z pewnością niektóre budowy zbyt kosztownych gmachów lub urządzenia techniczne, aczkolwiek pożyteczne i potrzebne, mogłyby być odłożone na lepsze, tłustsze lata.

Motoryzacja ruchu drogowego, w ostatnich czasach zahamowana nie tylko przez kryzys ale i przez nieodpowiednie posunięcia w polityce motoryzacyjnej, również w najkrótszym czasie musi ruszyć z martwego punktu.

Wydaje się nam, że wszystko przemawia za tem, że o autostradach w Polsce należy myśleć i odpowiednio projekty opracowywać.

Są to zbyt poważne i kosztowne rzeczy, aby je improwizować w ostatniej chwili.

Sprawa budowy autostrad wypłynie bardzo niedługo, bo budowane przez Niemcy autostrady nie mogą się kończyć na granicy polskiej.

Już inni o tem myślą.

Istnieje wniesiony do Międzynarodowego Biura Pracy przy Lidze Narodów projekt budowy 37.000 km autostrad w Euro-

pie Zachodniej, opracowany przez słynnego budowniczego autostrad włoskiego senatora Poricellego (rys. 64).

W projekcie tym i Polska nie została pominięta; przewidziano w nim kilka autostrad na terenie Polski.



Rys. 64.

Narazie w dziedzinie projektowania autostrad w Polsce niema nic prócz akademickich projektów 1000 — 1200 km autostrad na terenie Polski—prac dyplomowych studentów wydziału Inżynierji Politechniki Warszawskiej.

Opracowanie projektów sieci autostrad wymaga dłuższego czasu.

W Niemczech zajmowano się tą sprawą od kilkunastu lat; dało to możność ruszenia całą parą odrazu i prawdopodobnie błędów się nie popełnia.

W ciągu pierwszego roku przystąpiono do budowy 1000 km autostrad!

Należałoby sprawą budowy autostrad w Polsce zacząć się zajmować.

Uważamy za konieczne, aby na najbliższym Kongresie Drogowym Polskim rozważania o budowie autostrad w Polsce zostały postawione na porządku dziennym.