

Crasp.

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
im. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
w Bydgoszczy



ZESZYTY NAUKOWE

Nr 29

BUDOWNICTWO

(7)

MATERIAŁY SESJI NAUKOWEJ WYDZIAŁU BUDOWNICTWA
LĄDOWEGO

PROBLEMY DROGOWNICTWA I URBANISTYKI

Bydgoszcz 7 i 8 XII 1973 rok

— BYDGOSZCZ 1976 —

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
im. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
w Bydgoszczy



ZESZYTY NAUKOWE

Nr 29

BUDOWNICTWO

(7)

MATERIAŁY SESJI NAUKOWEJ WYDZIAŁU BUDOWNICTWA
LĄDOWEGO

PROBLEMY DROGOWNICTWA I URBANISTYKI

Bydgoszcz 7 i 8 XII 1973 rok

— BYDGOSZCZ 1976 —

REDAKTOR NACZELNY

Zbigniew Kikiewicz

REDAKTOR NAUKOWY

Zygmunt Wiśniewski

REDAKTOR TECHNICZNY

Elżbieta Rubaszkiewicz

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY

ZP UMK, zam. 585, ark. wyd. 5,2, B5, nakł. 200 egz. S-5/290, cena zł 10,—

SPIS TREŚCI

1. Czarnecki Witold: Projektowanie kombinatów i dzielnic przemysłowych a zagadnienia rekreacji 5
2. Nowicki Andrzej: Nowe tendencje określania niektórych parametrów projektowych dróg 29
3. Rzczyński Bernard: Teoria ingerencji podporządkowa - nego strumienia samochodów w strumień główny w jednopoziomowym skrzyżowaniu prostym 51
4. Szczuraszek Tomasz: Rozwiązanie wysokościowe odgałę- zień dróg 93

Witold Czarnecki

PROJEKTOWANIE KOMBINATÓW I DZIELNIC
PRZEMYSŁOWYCH A ZAGADNIENIA REKREACJI

Przewidywany wzrost ludności kraju, dalsza urbanizacja i rozwój przemysłu będą powodować dynamiczny rozwój dzielnic przemysłowych. Wśród czynników które wpływają na ich kształtowanie, ważnym jest zagadnienie rekreacji, bowiem wiąże się z warunkami pracy człowieka. W wyniku przeprowadzonej analizy, w pracy niniejszej omówiono problem zagospodarowania terenu oraz rozmieszczenia urządzeń zapewniających warunki rekreacji na obszarach przemysłowych.

1. Wstęp

Obserwacja rozwijającego się dynamicznie przemysłu oraz prognozy związane z dalszą industrializacją kraju wskazują, że w dalszym ciągu będzie następował rozwój dużych zgrupowań przemysłowych. Według sformułowań Instytutu Urbanistyki i Architektury, zaliczamy do nich:

- kombinaty przemysłowe, które stanowią wielogałęziowe zgrupowania przemysłowo-składowe o charakterze specjalistycznym, grupujące na wspólnym obszarze zakłady, których działalność

stanowi składowe elementy procesu produkcyjnego

- dzielnice przemysłowo-składowe, które są zgrupowaniem wielobranżowych zakładów przemysłowych

W obu wymienionych typach obszarów przemysłowych, jakkolwiek różniących się od siebie pod względem zagadnień procesów technologiczno-produkcyjnych, występuje szereg cech wspólnych, jak:

- znaczny obszar, zwykle powyżej 100 ha,
- duże zatrudnienie,
- pełny zestaw urządzeń inżynierskiego uzbrojenia terenu,
- konieczność zapewnienia dogodnych powiązań komunikacyjnych, kołowych i szynowych,
- konieczność zapewnienia dogodnych warunków dojazdu do pracy,
- konieczność zachowania stref izolacyjnych od zabudowy mieszkaniowej,
- lokalizacja poza obszarem terenów mieszkaniowo-usługowych i inne.

Znaczna większość czynników wpływających na kształtowanie omawianych obszarów przemysłowych /kombinatów i dzielnic/ wynikała z warunków dyktowanych przez procesy technologiczne, efekty produkcji i związane z tym wyniki ekonomiczne, natomiast w mniejszym stopniu brano były pod uwagę warunki pracy załóg.

W ciągu lat ostatnich, w równej mierze z wyżej wymienionymi czynnikami, bierze się pod uwagę zagadnienia związane z potrzebami socjalno-bytowymi załóg zatrudnionych w kombinatach i dzielnicach przemysłowych - mając na względzie dobro człowieka jako najwyższą wartość.

Wśród czynników wpływających na kształtowanie omawianych

obszarów przemysłowych a związanych z zapewnieniem możliwie najlepszych warunków pracy załogi - bardzo ważne jest zagadnienie rekreacji, występujące w równym stopniu tak w kombinatach jak i dzielnicach przemysłowych.

Wspólne omówienie tego zagadnienia dla obu wymienionych typów obszarów przemysłowych można przjąć jako uzasadnione, gdyż tak kombinaty jak i dzielnice przemysłowe, mają wiele cech wspólnych i wnioski dotyczące ich kształtowania można w znacznym stopniu generalizować.

Zagadnień rekreacji nie można rozpatrywać w oderwaniu od innych czynników wpływających na kształtowanie obszarów przemysłowych, stąd też konieczne jest przynajmniej pobieżne omówienie zagadnień wiążących się z tematem.

2. Zagadnienia przemysłu na tle rozwoju kraju

2.1. Ogólny rozwój przemysłu w Polsce i potrzeba budowy nowych zakładów przemysłowych

W okresie dwudziestolecia międzywojennego Polska była krajem rolniczo-przemysłowym, ze zdecydowaną przewagą rolnictwa, bowiem przemysł w młodym państwie powstałym po ponad 120-letniej niewoli dopiero zaczął się rozwijać. Gospodarka Polski międzywojennej opierająca się w znacznej mierze na udziale kapitału obcego nie stwarzała warunków dla planowanego rozwoju przemysłu w kraju.

Nacjonalizacja przemysłu przeprowadzona po zakończeniu drugiej wojny światowej oraz konsekwentnie wcielona w życie forma rolna, dały w warunkach ustroju socjalistycznego

zapotrzebowanie na rozwój przemysłu i możliwości tego rozwoju.

W wyniku realizacji polityki inwestycyjnej w dwudziestopięcioleciu powojennym, Polska stała się krajem przemysłowo - rolniczym. Oczywiście proces uprzemysłowienia będzie trwać nadal, bowiem przemiany zachodzące w kraju stwarzają stale nowe potrzeby.

Według przeprowadzonych badań w Komisji Planowania, ilość mieszkańców w Polsce będzie wzrastać następująco:

1969 r.	-	31,6 mln M /mieszkańców/
1985 r.	-	39,6 mln M
2000 r.	-	45,0 mln M - /38,0 - 40,0 mln M/ ¹
2050 r.	-	60,0 mln M

Zgodnie z ogólnoswiatową tendencją następuje także zmiana w proporcjach ludności zamieszkałej w miastach i na wsi. Do roku 1939 w miastach zamieszkiwało w Polsce około 30% ogółu ludności. Zrównanie ludności miejskiej i wiejskiej nastąpiło w roku 1966, a przewiduje się;

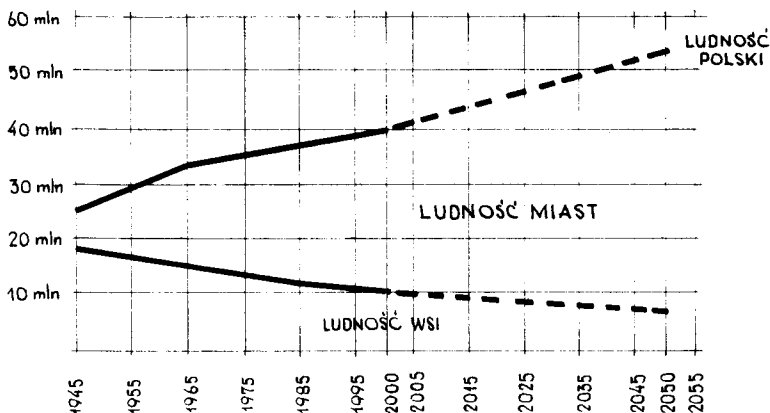
w roku 1985	-	około 62 % ludności miejskiej
w roku 2000	-	około 70% ludności miejskiej
w roku 2050	-	około 90% ludności miejskiej

W związku z powyższymi przewidywaniami zaludnienie w kraju będzie zmieniać swoje proporcje w sposób przedstawiony w tabl.1. Będą także zmieniać się proporcje zatrudnienia w rolnictwie, przemyśle i usługach. Według prognozy Komisji Planowania, oko-

^{1/} Malisz B. "Teoretyczny model sieci miast w Polsce". IUA Biuletyn 28/1969. Autor podaje przewidywany wzrost ludności w Polsce do 45 mln M w r. 2000-ym oraz postuluje konieczność rozwoju sieci miast, które będą stanowić ośrodki podregionalne. W każdym województwie - miasto wojewódzkie około 300-tysięczne oraz 3 miasta 100-tysięczne.

Tablica 1

Prognoza wzrostu ludności w Polsce z podziałem
na zamieszkałych w mieście i na wsi według
Komisji Planowania



ło roku 2000-ego w Polsce 20% ogółu zatrudnionych będzie pracować w rolnictwie, 30% w przemyśle, a 50% w usługach. Według "Rocznika Statystycznego 1968", w roku 1965 w przemyśle zatrudnionych było około 3,47 mln osób, natomiast w prognozach na rok 2000-ny przewiduje się wzrost zatrudnienia do około 6,75 mln osób.

Należy tu zaznaczyć, że wzrostu zatrudnienia nie można określać matematyczną różnicą przytoczonych cyfr, gdyż należałoby wprowadzić korektę uwzględniającą postęp techniczny w przemyśle, co pozwoli na zmniejszenie zatrudnienia w wielu zakładach przemysłowych w stosunku do stanu zatrudnienia w chwili obecnej.

W Polsce przewiduje się dalszy rozwój wielu gałęzi przemysłu, szczególnie przemysłu chemicznego, przemysłu metalowego, w tym produkcji narzędzi i maszyn rolniczych, przemysłu spożywczego i innych. Zamierzenia te wiążą się z koniecznością rekonstrukcji zakładów przemysłowych, które przekroczyły już wiek 100 lat i oczekują na budowę nowych obiektów lub przeniesienia z dzielnic śródmiejskich i mieszkaniowych do dzielnic przemysłowych.

Modernizacja, postęp techniczny, automatyzacja procesów technologicznych pozwolą na zmniejszenie zatrudnienia w istniejących zakładach przemysłowych i przesuwanie siły roboczej do nowych zakładów.

2.2. Prognoza rozwoju przemysłu

W badaniach prowadzonych od dłuższego czasu nad skonstruowaniem planu krajowego, w badaniach Głównego Urzędu Statystycznego oraz w pracach Instytutu Urbanistyki i Architektury prowadzonych w oparciu o analizę planów zagospodarowania przestrzennego wyłania się koncepcja sieci miast w Polsce.

Za wzrostem miast średniej wielkości /50 - 100 tys. M/ oraz wzrostem miast mniejszych /o wielkości obecnie 20 - 50tys M/ do rangi miast średniej wielkości - przemawiają następujące względy:

1/ równomierne rozmieszczenie tych miast w kraju, pozwoli na utworzenie silnych ośrodków kulturalnych, naukowych i gospodarczo - administracyjnych dla okolicznej ludności związanej z rolnictwem a zamieszkałej we wsiach i małych miasteczkach;

- 2/ dojazd do tak rozmieszczonych ośrodków podregionalnych z najdalej położonej miejscowości, będzie wynosić komunikacją autobusową około 30 min;
- 3/ koszt zasiedlenia jednego mieszkańca w miastach o wielkości 20 - 50 tys. M jest według badań przeprowadzonych w Instytucie Urbanistyki i Architektury najniższy i wynosi 60,8 tys. zł. /w miastach najmniejszych 71,3 a w miastach największych 91,5 tys. zł. /M/. /dane dla roku 1965/.

Słuszność rozbudowy miast średnich potwierdzają także ustalenia zawarte w postanowieniach Wydziału Budownictwa Sekretariatu Rady Wzajemnej Pomocy Gospodarczej pt. "Główne zasady planowania i rozbudowy miast", gdzie w punkcie 1.5. ustalono: "Nowe zespoły i zakłady przemysłowe należy z reguły rozmieszczać w miastach małych i średnich ...".

Według koncepcji Instytutu Urbanistyki i Architektury w roku 2000-ym miast średniej wielkości o zaludnieniu do 100tys. mieszkańców w Polsce będzie około 50.

W "Podstawowych założeniach koncepcji planu przestrzennego zagospodarowania Polski do roku 1990", przy dynamicznym rozwoju aglomeracji wielkomiejskich przyjęto także wzrost zatrudnienia ośrodków miejskich o znaczeniu regionalnym, które będą miały nie mniej niż 50 tys. M. Wśród miast województwa bydgoskiego oprócz aglomeracji /konurbacji/ Bydgosko-Toruńskiej, wymienia się: Włocławek, Grudziądz, Inowrocław, zespół Świecie-Chełmno. Już z tych niektórych informacji wynika, że zagadnienie kształtowania dzielnic przemysłowych jest problemem dużej wagi, bowiem wraz z rozwojem miast, będą też dynamicznie rozwijać się dzielnice przemysłowe.

3. Problemy rekreacji na tle ważniejszych czynników kształtujących dzielnicę przemysłową

Obserwowany w ostatnich latach wzrost postępu wszystkich dziedzin nauki, pozwala na coraz dokładniejsze określenie metodami naukowymi przewidywanego rozwoju różnych dziedzin życia człowieka. Prowadzone badania naukowe dają coraz więcej materiałów dla planowania przestrzennego, tak na okres perspektywiczny jak i kierunkowy. W tej sytuacji opracowane obecnie plany kierunkowe mogą mieć znaczenie więcej elementów określanych w sposób coraz bardziej dokładny i stać się rzeczywiście projektem a nie tylko analizą możliwości rozwoju lub wręcz "wizją przyszłości", jak to często miało miejsce przy opracowywaniu planów kierunkowych w latach 1955 - 1960. Plany kierunkowe w większości opracowywane były "na wyczucie" projektantów, bez dokładniejszych analiz i studiów tematu; określały przeważnie przybliżone możliwości rozwoju poszczególnych jednostek osadniczych, a nie rozwiązywały konkretnego, przewidywanego etapu rozwoju kierunkowego, który możnaby określić metodami naukowymi.

Taka sytuacja wynika z następujących przyczyn:

- 1/ dotychczasowy brak zatwierdzonego planu krajowego, który ustaliłby wytyczne w zakresie rozwoju poszczególnych miast;
- 2/ brak ustalonych metod projektowania planów kierunkowych oraz zakresu koniecznych studiów, które powinny być przeprowadzone w ramach tego opracowania;
- 3/ brak kadry fachowej, która mogłaby współpracować z Pracowniami Urbanistycznymi;

4/ trudności organizacyjne i kadrowe występujące w ostatnich latach w służbie planowania przestrzennego.

Stan ten oczywiście wpływa w sposób zasadniczy na projektowanie dzielnic przemysłowych jako elementów planów etapowych i perspektywicznych rozwoju miast, a także na projektowanie planów szczegółowych. Występuje wyraźnie brak powiązania planu szczegółowego dzielnicy przemysłowej z planem kierunkowym, a tym samym po krótkim czasie traci on na aktualności.

Istnieje więc pilna konieczność wprowadzenia nowych metod w projektowaniu dzielnic przemysłowych w ścisłym powiązaniu i w oparciu o wytyczne z planu perspektywicznego i kierunkowego.

3.1. Czynniki kształtujące dzielnicę przemysłową

Konieczność przeprowadzenia prac studialnych przy projektowaniu dzielnic przemysłowych, z udziałem specjalistów z dziedziny nauk socjalnych, lekarskich oraz psychologii, ekonomii itd. jest zagadnieniem bezspornym, jednak z wielu przyczyn nie realizowanym. Dla uzyskania prawidłowych wyników w projektowaniu planów szczegółowych dzielnic przemysłowych nie wystarczą już obecnie tylko wytyczne z planu kierunkowego, a przy ich opracowywaniu - współpraca z urbanistą fachowców branż dotychczas reprezentowanych tzn. specjalistów programowania, komunikacji, zieleni i uzbrojenia. Plan szczegółowy dzielnicy przemysłowej powinien być podbudowany prowadzonymi pracami studialnymi przez specjalistów z dziedzin dotychczas nie reprezentowanych w zespołach autorskich pracowni urbanistycznych.

Szeroko pojęte badania przy projektowaniu dzielnic przemysłowych mają szczególne znaczenie, gdyż tereny te stwarzają

gorsze warunki bytu człowieka, a zatrudnieni ludzie spędzają tam większą część dnia i nawet przy skróceniu czasu pracy pobyt w warunkach uciążliwych dla człowieka będzie wynosił co najmniej 6 godz./dobę. Dlatego też prowadzenie wszechstronnych badań i studiów jest potrzebne i celowe^{2/}. Analizując przykładowo niektóre dziedziny rozpatrywane w planie szczegółowym dzielnicy przemysłowej, wśród ważniejszych czynników wpływających na jej rozwój należy wymienić:

1. Zaganiaenia komunikacji

W tej grupie zagadnień występuje szereg problemów, m. in. konieczność zapewnienia prawidłowych powiązań z resztą miasta ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązania węzłów komunikacyjnych oraz zapewnienie rezerwy terenowej dla kierunkowego rozwoju komunikacji. Należy także uwzględnić możliwość wprowadzenia nowych środków komunikacji masowej i indywidualnej zgodnie z coraz większymi wymaganiami człowieka odnośnie wygody i szybkości przemieszczania się z miejsca na miejsce. Prowadzenia wszechstronnych badań wymaga problem przeciwdziałania szkodliwym skutkom wzrastającej ilości pojazdów. Szczególnie winno się zwrócić uwagę na wpływ hałasu i zanieczyszczenia powietrza przez spaliny. Dla przeprowadzenia studiów w tym zakresie konieczne jest wprowadzenie do współpracy lekarzy i psychologów oraz akustyków.

^{2/} Przykładowo wg badań Wydziału Gospodarki Wodnej i Ochrony Powietrza PWRN w Bydgoszczy /Informator Nr 4 z 1971r./ do rejonów zagrożonych - w woj. bydgoskim - należy zaliczyć miasta: Bydgoszcz z Solcem Kujawskim, Nakło, Inowrocław, Janikowo, rejon Piechcin - Bielawy - Barcin, Gniewkowo, Toruń, Chełmżę, Świecie n/W., Chełmno, Grudziądz z Mniszkiem oraz Włocławek z Brzeziem.

Przy prowadzonych badaniach nad przyszłościowym rozwiązaniem środków transportu dla przewozu osób jak też surowców i produktów, konieczna jest współpraca urbanisty i specjalistów mechaników, aby określić przewidywane kierunki rozwoju środków komunikacji oraz potrzebne rezerwy terenowe dla ich wprowadzenia.

2. Zagadnienia infrastruktury

Zagadnienia te wiążą się ściśle z układem komunikacji i tworzą szkielet dzielnicy przemysłowej poprzez realizację sieci uzbrojenia podziemnego i nadziemnego.

3. Zagadnienia gospodarki wodnej

Bardzo istotne znaczenie w projektowaniu dzielnic przemysłowych mają sprawy związane z gospodarką wodną szczególnie wód powierzchniowych, która wiąże się z możliwościami produkcyjnymi wielu gałęzi przemysłu, a także wpływa na kształtowanie mikroklimatu dzielnicy. W tym zakresie należy zapewnić współpracę geologów i hydrologów.

4. Zagadnienia ekonomiczne

Ze wszystkimi wyżej wymienionymi specjalistami powinien współpracować ekonomista w szerszym niż dotychczas zakresie, gdyż każda z wymienionych dziedzin wpływa na rozwiązanie projektu, koszt inwestycji, ich amortyzację itd.

5. Zagadnienia socjalne

Zagadnienia te stanowią odrębną, specyficzną dziedzinę czynników powiązanych z bytem załogi zakładów przemysłowych składających się na kombinat lub dzielnicę przemysłową. Wśród

tych zagadnień możemy wyodrębnić dwie zasadnicze grupy:

- związane bezpośrednio z miejscem pracy a wiążące się z zapewnieniem różnego rodzaju pomieszczeń jak szatnie, stołówki pomieszczenia sanitarne itp;
- związane z rekreacją, co wiąże się z projektowaniem zieleni i urządzeń do odpoczynku na terenie poszczególnych zakładów przemysłowych, dzielnicy lub kombinatu przemysłowego oraz strefy izolacyjnej, między dzielnicą a miastem.

To ostatnie zagadnienie będzie przedmiotem dalszych rozważań, zgodnie z przyjętym tematem.

3.2. Koordynacja

Poruszane wyżej niektóre grupy problemów mających wpływ na kształtowanie dzielnicy przemysłowej, wymagają szczególnie wnikliwych prac koordynacyjnych w czasie projektowania i realizacji dzielnicy przemysłowej w ramach działalności generalnego projektanta, inwestora zastępczego i generalnego wykonawcy dzielnicy przemysłowej oraz jednostki finansującej te zamierzenia inwestycyjne. W świetle zagadnień poruszonych wyżej na czołowe miejsce wysuwa się zagadnienie koordynacji prac, występujące w dwóch zasadniczych fazach kształtowania dzielnicy przemysłowej - w projektowaniu i realizacji.

3.2.1. Projektowanie

W projektowaniu urbanistycznym prowadzonym w Polsce przez pracownie podporządkowane Radom Narodowym, wskutek wielu czynników do których należą: brak etatów, brak specjalistów i inne,

brak jest ciągłej koordynacji i poczynań inwestycyjnych na etapie projektowania, która w przypadku dzielnicy przemysłowej nie może kończyć się z chwilą zatwierdzenia planu ogólnego miasta, ani też w momencie zatwierdzenia planu szczegółowego dzielnicy przemysłowej^{3/}.

Bardzo istotny jest moment, w którym rozpoczynają pracę projektanci poszczególnych zakładów przemysłowych, którzy otrzynują do opracowania poszczególne zadania projektowe i reprezentują interesy konkretnych inwestorów, natomiast mają zbyt małe możliwości zaznajomienia się z planem miasta i jego potrzebami gospodarczymi.

Ponieważ proces budowy miasta jest procesem ciągłym, wyłaniającym wciąż nowe problemy, dla opanowania tego zagadnienia konieczne jest stałe działanie pracowni urbanistycznej pełniącej rolę koordynatora tych zagadnień. Realizacja dzielnicy przemysłowej wymaga systematycznej pracy zespołu generalnego projektanta, który byłby rzecznikiem potrzeb miasta, koordynatorem prac wszystkich projektantów zakładów przemysłowych, oraz prowadziłby stałe studia nad rozwojem dzielnicy przemysłowej, wprowadzając nowe, wynikające w miarę postępu prac, elementy w planie szczegółowym.

Rola generalnego projektanta dzielnicy przemysłowej jako koordynatora całości prac projektowych jest bardzo istotna, a praca jego przyniosłaby niewątpliwie znaczne korzyści. Z jednej strony uzyskałoby się możliwości prowadzenia według ustalonej koncepcji generalnej - projektowania poszczególnych ele-

^{3/} Jednym z nielicznych, pozytywnych przykładów kompleksowej realizacji jest budowa dzielnicy przemysłowej Służewiec w Warszawie.

mentów dzielnicy przemysłowej jakimi są zakłady przemysłowe, z drugiej zaś strony możliwość stałego konfrontowania potrzeb dzielnicy przemysłowej jako całości z potrzebami miasta, analizowania występujących zależności i wpływów oraz wprowadzania nowych rozwiązań wynikających z przeprowadzonych studiów.

3.2.2. Realizacja

W fazie tej uczestniczy wielu kontrahentów. Są to: inwestorzy poszczególnych zakładów przemysłowych, instytucje reprezentujące miasto /gospodarkę komunalną/ oraz przedsiębiorstwa wykonawcze. Zagadnieniem zasadniczym w tej fazie jest koordynacja zamierzeń związanych z uzbrojeniem podziemnym, budową dróg oraz obiektów wspólnych dla dzielnicy przemysłowej jak elektrociepłownia, oczyszczalnia ścieków i inne.

W tej fazie występują także zagadnienia koordynacji potrzeb przemysłu z potrzebami miasta. I tu też ustanowienie generalnego inwestora dzielnicy przemysłowej, dysponującego odpowiednimi środkami finansowymi na zasadzie antycypacji oraz możliwościami wyprzedzania pewnych zamierzeń przez przygotowania terenów dla przyszłych inwestorów, łączenie inwestycji towarzyszących i pomocniczych, dałoby w konsekwencji możliwość otrzymania prawidłowych rozwiązań przestrzennych w dzielnicy przemysłowej nie ulegających wąskim interesom poszczególnych inwestorów.

4. Rekreacja w zabudowie przemysłowej i strefach ochronnych

Koncentracja zakładów przemysłowych w dużych zgrupowaniach, dająca niewątpliwie znaczne efekty ekonomiczne poprzez lepsze

wykorzystanie infrastruktury, możliwość uzyskania powiązań technologicznych między poszczególnymi zakładami, łatwiejsze powiązania komunikacyjne itp., pogarsza jednocześnie warunki pracy załóg. Negatywną stroną koncentracji przemysłu - patrząc pod kątem warunków pracy osób w nim zatrudnionych - jest występująca równolegle koncentracja:

- stężeń zanieczyszczenia atmosfery,
- występujących hałasów,
- gorszych warunków dojazdu do pracy i inne.

Stan taki powoduje wzrost zmęczenia występującego w czasie pracy. Stąd też, tak ze względu na zdrowie człowieka jak i wyniki jego pracy, zapewnienie możliwości regeneracji sił poprzez stworzenie warunków wypoczynku w czasie planowanych przerw i bezpośrednio po jej zakończeniu oraz zapobieganie zmęczeniu w czasie dojazdu do pracy - jest zagadnieniem wielkiej wagi.

Wśród urządzeń i obszarów zapewniających możliwość rekreacji należy wymienić:

- ciągi komunikacyjne piesze i kołowe,
- tereny rekreacji w sąsiedztwie budynku produkcyjnego na działce zakładu przemysłowego,
- tereny strefy izolacyjnej w sąsiedztwie dzielnicy /kombinatu/ przemysłowej.

Konfrontując wymienione wyżej grupy terenów związanych z możliwością zapewnienia rekreacji z potrzebami pracownika zatrudnionego w przemyśle, można stwierdzić:

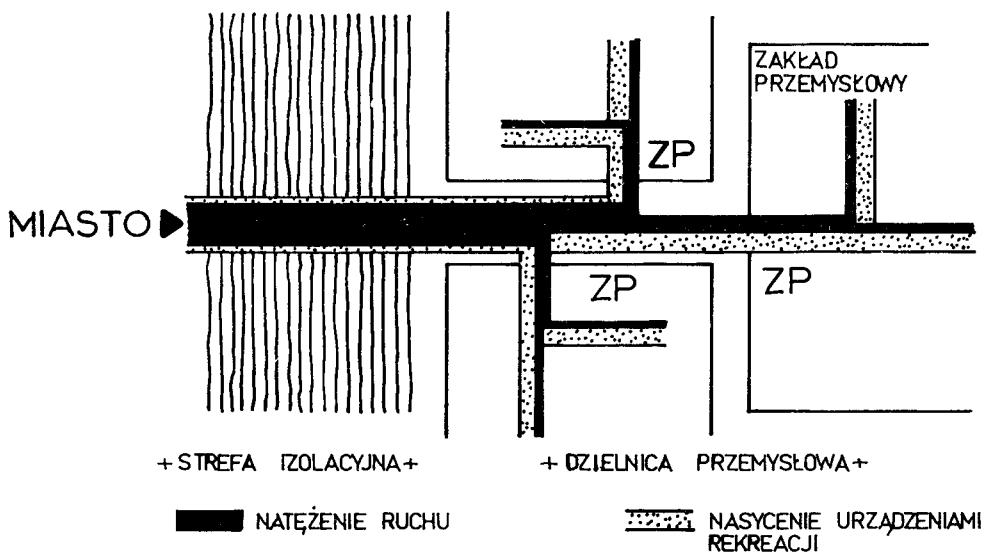
1/ ciągi komunikacji kołowej i pieszej są stale użytkowane przez pracowników, prawidłowy sposób ich zagospodarowania jest bardzo istotny dla stworzenia możliwości chwilowego odprężenia

w czasie dojścia do pracy oraz po jej zakończeniu;

- 2/ tereny rekreacyjne na działce zakładu przemysłowego, w sąsiedztwie budynków produkcyjnych powinny stwarzać możliwość krótkiego wypoczynku w czasie planowych przerw w pracy. Tereny te szczególnie intensywnie mogą być wykorzystane w okresie wiosny, lata i jesieni. Natomiast możliwości wykorzystania w okresie zimowym, wymagają przeprowadzenia odrębnych badań;
- 3/ tereny strefy izolacyjnej między dzielnicą czy kombinatem przemysłowym a terenami mieszkalnymi nie mogą służyć dla odpoczynku chwilowego w czasie pracy, tak ze względu na odległość od granicy większości zakładów pracy, jak też i fakt że zwykle te tereny nie są prawidłowo zagospodarowane. Wykorzystanie tych obszarów dla rekreacji po zakończeniu pracy jest także problematyczne, bowiem tereny rekreacyjne położone w dzielnicach czy osiedlach mieszkaniowych będą stwarzać korzystniejsze warunki tak pod względem czystości powietrza, mniejszego hałasu, dogodniejszych powiązań komunikacyjnych, więzi społecznej, niż tereny w sąsiedztwie przemysłu.

Tak więc rola strefy izolacyjnej pod względem możliwości wykorzystania rekreacyjnego sprowadza się raczej do zagadnień estetyczno - wizualnych, które powinny stwarzać warunki odprężenia osobom przechodzącym czy przejeżdżającym, natomiast nie muszą zapewniać możliwości długotrwałego wypoczynku.

Przedstawiona wyżej próba klasyfikacji wiąże się ściśle z projektowaniem i urządzeniem terenów zielonych na tych obszarach, a także z obiektami małej architektury. Teoretyczny schemat rozmieszczenia tych urządzeń podano na rysunku 1. Największej



Rys. 1. Schemat intensywności nasycenia urządzeniami rekreacyjnymi

ilości urządzeń zapewniających możliwość rekreacji wymagają tereny w granicach zakładów przemysłowych, gdzie pracownicy mogą spędzać chwile odpoczynku, natomiast najmniej tych urządzeń może występować na terenie strefy izolacyjnej, między dzielnicą mieszkaniową a przemysłową, bowiem tylko tam ma miejsce szybki przejazd lub przejście, zwykle bez zatrzymywania się

4.1.1. Zieleń a tereny rekreacyjne

Konieczność ścisłego powiązania terenów rekreacyjnych z zazielenianiem wynika z naturalnych cech zieleni, która:

- korzystnie oddziałuje na ustrój psycho - fizyczny człowieka,
- stanowi mechaniczny filtr dla zanieczyszczeń, oczyszczający się po każdym opadzie atmosferycznym^{4/},
- głuszy hałas.

Projektowanie terenów rekreacyjnych powinno więc następować w wyniku wspólnej pracy architekta - urbanisty, projektantów zieleni, projektantów architektury ogrodowej z udziałem socjologa, artysty plastyka oraz przedstawicieli innych specjalności.

Problem ten nie jest jeszcze w sposób zadowalający rozwiązywany przy modernizacji istniejących zakładów przemysłowych czy przy budowie nowych. W wielu istniejących zakładach brak nie tylko jakichkolwiek możliwości wypoczynku ale często także i zieleni. W nowych zakładach przemysłowych sytuacja jest o wiele lepsza, jednakże dbałość o wypoczynek pracowników ogranicza się z reguły do urządzenia trawników oraz zasadzenia krzewów i nielicznych drzew.

Na podstawie poczynionych spostrzeżeń można stwierdzić, że problem terenów rekreacyjnych, ich zazielenienia, zapewnienia oprawy plastycznej, konieczność stworzenia warunków wypoczynku

^{4/}Według prof. dr St. Zycha zanieczyszczenie powietrza pod koronami drzew zmniejsza się w okresie ulistnionym o 20 - 40%, a w stanie bezlistnym o 13 - 18% w stosunku do miejsc odkrytych.

oraz wynikające stąd korzyści nie są jeszcze w sposób dostateczny doceniane.

Ogólne zagrożenie zdrowia zatrudnionych w przemyśle jest bardzo duże, proces uprzemysławiania wciąż postępuje naprzód, należy więc w trosce o dobro człowieka w szerszym zakresie realizować urządzenia i tereny rekreacji, umożliwiające regenerację sił.

5. Podsumowanie

Dynamiczny rozwój przemysłu i dalszy jego wzrost jest dobrodziejstwem dla obywateli; zapewnia wzrost dochodów, podnoszenie się stopy życiowej, warunków bytowych, kulturalnych, socjalnych itp. wpływa jednocześnie w sposób negatywny na środowisko naturalne, co ze szczególną ostrością występuje na obszarach koncentracji zakładów przemysłowych jakimi są dzielnice przemysłowe. Oczywiście najbardziej zagrożeni są zatrudnieni w obrębie terenów przemysłowych i zagadnienie ochrony ich zdrowia, zapewnienie możliwości wypoczynku, regeneracji sił musi być w tym większym stopniu brane pod uwagę im bardziej rozbudowuje się przemysł.

Wśród zagadnień związanych z ochroną zdrowia zatrudnionych w dzielnicach i kombinatach przemysłowych - problem rekreacji należy do grupy najważniejszych, a rozważania nad tym tematem nasuwają szereg wniosków. W pierwszym rzędzie w procesie projektowania należy rozpatrywać to zagadnienie z udziałem specjalistów różnych branż jak: lekarz, socjolog, psycholog, aby zapewnić możliwość wszechstronnego przeanalizowania problemu.

Po wtóre, szczegółowych badań wymaga problem intensywności nasycenia urządzeniami zapewniającymi warunki rekreacji oraz ich lokalizacja w powiązaniu z miejscem pracy, zielenią na terenie zakładów przemysłowych a także dzielnic i kombinatów przemysłowych.

Wstępnie można określić, że intensywność nasycenia urządzeń zapewniających warunki rekreacji, powinna być odwrotna do wykresu natężenia ruchu jaki przewiduje się dla danego obszaru przemysłowego^{5/}.

Następnym problemem w każdym przypadku wymagającym decyzji indywidualnych, jest zagadnienie możliwości wykorzystania na cele rekreacyjne terenów stref izolacyjnych. O ile wewnątrz dzielnicy lub kombinatu prawidłowe urządzenie terenów rekreacyjnych może zapewnić chwilowy wypoczynek w lepszych warunkach zdrowotnych i psychicznych bądź przynajmniej odmiennych niż w miejscu pracy, a więc zapewniających odprężenie zatrudnionym, to urządzenie terenów rekreacji w strefie izolacyjnej, z przeznaczeniem wykorzystywania po pracy, jest uzależnione od stopnia szkodliwości i uciążliwości zakładów znajdujących się w sąsiedztwie. Niewątpliwie korzystniejsze jest lokalizowanie terenów rekreacyjnych w sąsiedztwie miejsca zamieszkania, tak ze względu na warunki zdrowotne jak i zagadnienia więzi społecznej.

^{5/} Programy wyposażenia "ośrodków rekreacji" wymagają odrębnych opracowań. Przykładowo można wymienić takie obiekty, jak: baseny pływackie, sale sportowe, boiska itp. oraz obiekty z dziedziny usług kulturalnych.

Projekt zestawu urządzeń rekreacyjnych na wolnym powietrzu nie może być rozpatrywany w oderwaniu od zieleni, powinien też uwzględniać elementy tzw. "małej architektury", form rzeźbiarskich, aby zapewnić jak najlepsze otoczenie w czasie odpoczynku, tworzące atmosferę sprzyjającą odprężeniu oraz regeneracji sił psychicznych i fizycznych.

Reasumując, zapewnienie warunków wypoczynku w obrębie obszarów przemysłowych jest konieczne z uwagi na szkodliwy wpływ otoczenia na człowieka, który tam przebywa. Jednocześnie nakłady poniesione na zagospodarowanie terenów rekreacyjnych, zapewniających zatrudnionym możliwość zmiany otoczenia, odprężenia, warunki do wypoczynku czynnego lub biernego, wywierają dodatni wpływ na ekonomię produkcji, wydajność pracy i zmniejszenie absencji.

Literatura

1. Dziegielewski T.: Wytyczne programowania i projektowania pomieszczeń wypoczynkowych w zakładach przemysłowych. IUA, Zeszyt 186, Warszawa 1972.
2. Leszczycki S., Eberhard P., Herman S.: Prognozy rozwoju i przemian głównych ognisk osadnictwa w Polsce do roku 2000. Powielacz.
3. Malisz B.: Teoretyczny model sieci miast w Polsce. IUA Biuletyn 28/1969.

4. Płachecki B.: Planowanie i zabudowa miejskich dzielnic przemysłowych IUA - zeszyt 143, Warszawa 1967.
5. Płachecki B.: Tereny przemysłowe w miastach IUA 1970.
6. Rocznik statystyczny. GUS 1972.
7. Zych S.: Zanieczyszczenia atmosfery i rola zieleni w jej oczyszczaniu a warunki zdrowotności w miastach. Referat 1962.

PROBLEMS OF RECREATION IN CULTIVATION OF INDUSTRIAL
PLANTS AND DISTRICTS

Summary

:

Forecast increase of population, farther urbanization and development of industry, will cause dynamic increase of an industrial district. Among the components or factors which influence development of them, important is the problem of recreation because it is connected with the conditions, of men's work.

In the result of carried out analysis, the problem of cultivation at an area and distribution of arrangements securing recreation conditions on the industrial areas were discussed in this article.

**ПРОБЛЕМЫ ЗОН ОТДЫХА В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ
КОМБИНАТОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ**

Резюме

Предвиденное увеличение населения страны, дальнейшая урбанизация и развитие промышленности вызовут динамическое развитие промышленных районов. Среди факторов влияющих на их формирование важной проблемой является проблема организации зон отдыха, так как это связано с условиями трудовой деятельности человека. В результате проведенного анализа, рассмотрена проблема благоустройства территории и размещения сооружений гарантирующих условия для отдыха в промышленных районах.

Andrzej Nowicki

NOWE TENDENCJE OKREŚLANIA NIEKTÓRYCH PARAMETROW PROJEKTOWYCH DRÓG

W artykule omówiono metodykę prac nad pojęciem szybkości projektowej, wielkość promieni i przechyłek łuków poziomych oraz relatywne wielkości promieni tych łuków i długości prostych na przykładzie aktualnych normatywów projektowania dróg w RFN, NRD, Francji i Polski.

1. Wstęp

Rozwój badań w zakresie inżynierii ruchu drogowego, szczególnie dynamiczny w ostatnim 10-letciu, jest czynnikiem kształtującym nowe spojrzenie na dobór niektórych parametrów w projektowaniu dróg.

Znajduje to wyraz w ciągłej aktualizacji normatywów projektowania dróg także w państwach zmotoryzowanych o długoletnich tradycjach budowy dróg o najwyższych parametrach projektowych /autostrady/. Jako przykład można podać Republikę Federalną Niemiec, gdzie w roku 1973 wprowadzono nowy normatyw pro-

jektowania dróg RAL-L [8] /na miejsce RAL z roku 1963/.

Opracowanie nowego normatywu poprzedziły badania drogowych warunków ruchu samochodów, których wyniki opublikowano w szeregu czasopism /Strasse und Autobahn, Strassen und Tiefbau, Strassenverkehrstechnik, Strasse und Verkehr, Polizei-Technik-Verkehr, Wydawnictwa Uniwersytetów np. Karlsruhe/. Przykładowo można wymienić publikacje na temat:

- nowych propozycji wymiarowania promieni i przechyłek na drogach zamiejskich; [6]
- zależności między odległością widoczności, drogą hamowania i szybkością na łukach; [1]
- badań szybkości jazdy na odcinkach prostych i łukach na jezdni suchej i mokrej przy jeździe w dzień i w nocy. [5]

Także we Francji w roku 1971 opublikowano nowy normatyw projektowania dróg i autostrad [12], który zastąpił normatyw z roku 1958.

W Polsce nie przewiduje się aktualnie opracowania nowego normatywu projektowania dróg^{1/}. Nadal obowiązują dwa:

- ruchu szybkiego NTP DP 16 z 1965 r. /Dz. Bud. nr 7/65/,
- ruchu normalnego NTP-DP 22 z 1966 r. /Dz. Bud. nr 12/66/.

Pierwszy z tych normatywów można uznać za częściowo zaktualizowany w świetle materiałów konferencji naukowo-technicznej S.I.T.Kom. w Katowicach [6].

Odnosnie drugiego, zgłoszono szereg krytycznych uwag w publikacjach.

^{1/} Stanowisko takie przyjęto na naradzie służb projektowych drogownictwa w Krynicy Morskiej w dniach 21 i 22 maja 1973 roku.

Problematyka prac badawczych w dziedzinie inżynierii ruchu w Polsce obejmuje aktualnie niewielki zakres. Na drogach zamiejskich badania warunków ruchu samochodów sprowadzają się głównie do pomiarów natężenia ruchu.

Nakłady na prace badawcze stanowią znikomą część nakładów na drogownictwo w Polsce /zaledwie 0,2%/. Wobec braku własnych badań, tym bardziej celowym jest analizowanie wyników prac badawczych prowadzonych w innych państwach.

2. Szybkość projektowa

W normatywie RFN /RAL-L 1973/, w odróżnieniu np. od normatywu Francji, utrzymano pojęcie szybkości projektowej. Ustalony zakres szybkości projektowej wynosi od 40 do 100 km/h dla dróg o jezdniach dwukierunkowych i 80 do 140 km/h dla dróg o jezdni jednokierunkowej. Obowiązuje jeden normatyw projektowania dla autostrad i pozostałych dróg.

Przyjęcie powyższego rozwiązania w normatywach polskich wyeliminowałoby problem dróg III klasy technicznej z dobudowaną drugą jezdnią /takich bowiem przekrojów poprzecznych drogi jako typowych nie przewiduje żaden z obowiązujących w Polsce normatywów projektowania dróg/.

Utrzymanie w nowym normatywie RFN z roku 1973 pojęcia szybkości projektowej^{2/} nie oznacza, że sposób jej interpretowania nie zmienił się w odniesieniu do istniejącego układu drogowe -
go

^{2/} Przy czym pod pojęciem szybkości projektowej rozumie się zazwyczaj szybkość umowną, przyjętą jako podstawa do ustalenia geometrycznych i technicznych wymiarów drogi w planie, przekroju podłużnym i poprzecznym.

Jako novum przyjęta została zasada konfrontowania pierwotnie przyjętej szybkości projektowej /głównie z uwagi na ważność gospodarczą drogi i rzeźbę terenu/ z rzeczywiście osiąganymi szybkościami ruchu, przy czym jako miarodajny przyjmuje się kwantyl 85 dystrybuanty rozkładu szybkości na jezdni mokrej $/V_{85m}/$.

W tym celu dzieli się drogę na odcinki jednorodne pod względem ukształtowania geometrycznego w planie. Jako kryterium jednorodności przyjmować można kształt linii sumowanych załamania kierunków osi i wielkości sumy kątów skrętu trasy/stopni na 1 km trasy/.

Szybkość ruchu w dwu kolejno następujących po sobie odcinkach jednorodnych nie powinna różnić się więcej jak o 10 km/h. O ile warunek ten nie jest spełniony, a promienie łuków poziomych nie mogą być powiększone ze względów terenowych, wówczas sposób postępowania jest następujący [8]:

a/ o ile szybkość V_{85m} jest mniejsza od pierwotnie przyjętej szybkości projektowej V_p powiększonej o 20 km/h tj. gdy:

$$V_{85m} < V_p + 20 \text{ km/h} \quad (2.1)$$

wówczas jako skorygowaną szybkość projektową

$$V'_p \text{ przyjmujemy: } V'_p = V_p + 10 \text{ km/h} \quad (2.2)$$

Szybkość V'_p obowiązuje jako miarodajna dla ustalenia wielkości przechyłek łuku i odległości widoczności na zatrzymanie

$$b/ \text{ o ile } V_{85m} > V_p + 20 \text{ km/h} \quad (2.3)$$

to jako szybkość V'_p przyjmujemy:

$$v'_p = v_p + 20 \text{ km/h} \quad (2.4)$$

Ta ostatnia wartość może być jeszcze wyjątkowo zwiększona o 10 km/h dla ustalenia wielkości przechyłek łuku i odległości widoczności na zatrzymanie.

Przyjęcie określonej "wyjściowej" wartości szybkości projektowej jest zatem początkiem procesu kolejnych przybliżeń, którego celem jest określenie nowych wartości szybkości dla poszczególnych odcinków dróg.

Jest to postępowanie odmienne od przyjętego w naszej praktyce projektowej, gdzie szybkości projektowe przyjmowane są jako "sztywne" w zależności od klasy drogi i ukształtowania terenu. Wspomnieć należy o generalnej tendencji odchodzenia od posługiwania się szybkościami projektowymi dla poszczególnych dróg w oderwaniu od całej sieci drogowej [11].

W RFN zaproponowano przyjęcie dla celów projektowych pojęcia "szybkość sieciowa" uzależnionego od charakteru ruchu /pasażerski, towarowy/ oraz długości podróży:

powyżej 100 km

100 ÷ 50 km

50 ÷ 25 km

25 ÷ 10 km

poniżej 10 km.

W normatywie Francji, jak już wspomniano, odstąpiono od pojęcia szybkości projektowej /podstawowej/ wprowadzając dwa nowe pojęcia:

- szybkość odniesienia
- szybkość operacyjna średnia

Szybkość odniesienia jest to bezpieczna szybkość /różna dla każdej kategorii drogi/, którą typowy pojazd może przejechać poszczególne punkty /odcinki drogi/ o cechach geometrycznych najbardziej niebezpiecznych dla pojazdu. Szybkość operacyjna średnia jest średnią szybkością jaką osiągają pojazdy w warunkach swobodnych na drogach w zależności od ich cech geometrycznych i widoczności. Zakres zmienności tej szybkości waha się od szybkości odniesienia do szybkości swobodnej w idealnych warunkach drogowych i ruchowych. Pomiedzy szybkością odniesienia i szybkością operacyjną średnią istnieją odpowiednie związki. Wartości wyżej wymienionych szybkości ruchu według [5] zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Szybkości odniesienia i szybkości operacyjne
średnie przy projektowaniu dróg we Francji

Kategoria drogi	4	3	2	1	Wyjątkowa
Szybkość odniesienia km/h	40	60	80	100	120
Szybkość operacyjna średnia km/h	60 ⁺⁵	75 ⁺¹⁰	90 ⁺⁵	100 ⁺⁵	

W normatywie NTP DP 22 podstawowym parametrem projektowym dla budowy i przebudowy drogi jest szybkość projektowa, zależ-

na od klasy technicznej drogi i rzeźby terenu.

Dla terenu płaskiego szybkość projektowa wynosi:

drogi III klasy technicznej	100 km/h	/80 km/h/ ^{3/}
" IV "	70 km/h	/60 km/h/
" V "	60 km/h	/50 km/h/

Badając szybkość ruchu samochodów na niektórych drogach w Polsce^{4/} ustalić można, że szybkość projektowa /kwantyl 98 dystrybuanty rozkładu szybkości/ na odcinkach prostych dróg długości 1 km [IV i V klasy technicznej] jest przekraczana o 30 km/h, a na długich prostych /powyżej 3 km/ nawet o większą wartość.

Natomiast na ostrych łukach /o promieniu 150 m i mniej / szybkość projektowa nie jest osiągalna nawet przy prawidłowo skonstruowanym łuku.

W zależności od cech geometrycznych rozpatrywanej drogi, szybkość operacyjna^{5/} średnia na odcinkach prostych i na łukach poziomych może być w wielu przypadkach /szczególnie na drogach IV - V klasy technicznej/ wyższa od szybkości projektowej.

W tych przypadkach występują komplikacje w obliczeniach przepustowych dróg według metody HCM 65 i zalecanej w Polsce

^{3/} W nawiasach wartości szybkości według "Wytycznych projektowania przebudowy dróg klasy III - V opracowania Centralnego Biura Studiów i Projektów Dróg i Mostów "Transprojekt" Warszawa,

^{4/} Badania własne autora na drogach woj. bydgoskiego w latach 1971 - 1973.

^{5/} Szybkość operacyjna jest to możliwa maksymalna bezpieczna szybkość, którą pojazd może jechać po danym odcinku drogi przy sprzyjających warunkach pogody nie przekraczając przy tym szybkości projektowej [13].

metody "Transprojektu" [7].

3. Promienie łuków poziomych

Podstawowe związki funkcyjne między szybkością ruchu, promieniem i przechyłką łuku oraz współczynnikiem szepności bocznej przedstawić można przy pomocy równań:

$$R = \frac{v^2}{g/\varphi_2 + v_o/} \quad (3.1)$$

$$\varphi_2 = \frac{v^2}{g \cdot R} - i_o \quad (3.2)$$

$$b_R = \frac{v^2}{R} \quad (3.3)$$

$$\varphi_2 = \frac{b_R}{g} - i_o \quad (3.4)$$

$$b_R = g/\varphi_2 + i_o/ = g \cdot \varphi_2 + g \cdot i_o \quad (3.5)$$

gdzie:

R - promień łuku poziomego /m/

v - szybkość ruchu /m/s/

g - przyspieszenie ziemskie 9.81 m/s²

φ_2 - współczynnik szepności bocznej /równy co do wielkości współczynnikowi siły poprzecznej/

i_o - przechyłka łuku

b_R - przyspieszenie boczne /odśrodkowe/ /m/s²/

$g \cdot \varphi_2$ - przyspieszenie boczne nie skompensowane przez pochYLENIE poprzeczne /m/s²/.

Wyszczególnione wyżej wielkości przybierają różne wartości w poszczególnych normatywach projektowania. Zestawiono je w tablicach 2 do 6.

Tablica 2

Wartości R_{\min} , φ_2^{\max} , b_R^{\max}
według RAL-L 73
/dla $i_0^{\max} = 6\%$ /

Wyszczególnienie	Szybkość projektowa /km/h/					
	40	60	80	100	120	140
Min. promień łuku $R^{\min}/m/$	60	160	350	600	1000	1400
Max wartość współczynnika φ_2	0,150	0,117	0,084	0,071	0,053	0,050
Max wartość przyspieszenia $b_R^{\max} / \frac{m}{s^2} /$	2,06	1,74	1,41	1,28	1,11	1,08

Porównując wartości minimalnych promieni łuków poziomych dla warunków wyjątkowych stwierdzić można, że w normatywach polskich są one znacznie większe niż w normatywie Francji. Jednocześnie powyższe wartości w normatywach polskich bardzo niewiele różnią się od wartości zawartych w normatywach RFN dla warunków normalnych /tabl. 2 ÷ 5/.

Tablica 3

Wartości $R_{\min}^{\text{absolutne}}$, ψ_2^{max} , b_R^{max} według normatywu Francji

/dla $i_0^{\text{max}} = 7\%$ /

Wyszczególnienie	Szybkość projektowa /km/h/				
	40	60	80	100	120
Min. promień łuku $R^{\min}/m/$	40	120	240	425	665
Max. wartość współcz. ψ_2^{max}	0,244	0,166	0,140	0,115	0,100
Max. wartość przyspieszenia b_R $\frac{m}{s^2}/$	3,08	2,32	2,06	1,81	1,67
Średnia wartość b_R $\frac{m}{s^2}/$	2,45	1,57	1,27	1,08	0,98

Wartości współczynników " ψ_2 " i " b_R " w normatywie polskim dla warunków normalnych nie maleją wraz ze wzrostem szybkości projektowej jak to ma miejsce w normatywach innych państw. Celowym wydaje się wprowadzenie odpowiednich korekt wartości minimalnych promieni łuków poziomych także i w normatywach polskich projektowania dróg zamiejskich.

Według poglądów autorów zachodnio-niemieckich [2] niezadko spotykanym błędem w projektowaniu planu drogi jest przyjmowanie wartości promieni minimalnych w warunkach terenowych, które umożliwiają przyjmowanie wartości większych. Stąd też

Tablica 4

Wartości R_{\min} , φ_2^{\max} , b_R^{\max} według normatywów polskich^{6/}

warunki wyjątkowe

Wyszczególnienie	Szybkość projektowa /km/h/				
	40	60	80	100	120
Min. promień łuku R^{\max} /m/	70	180	350	600	925
Max. wartość współcz. ψ_2^{\max}	0,120	0,104	0,096	0,085	0,072
Max. wielkość przechyłki "i _o " /‰/	6,0	5,4	4,8	4,5	5,0
Max. wartość $b_R^{\max} \frac{m}{s^2}$	1,77	1,55	1,41	1,27	1,20

dla zapewnienia projektantom pewnej swobody w doborze promienia łuku drogi oprócz pojęcia promienia minimalnego wprowadzono w niektórych normatywach projektowania^{7/} pojęcia:

P r o m i e ń g r a n i c z n y i p r o m i e ń
m a k s y m a l n y.

^{6/} Normatyw NTP DP 22 dla $V = 40 - 100$ km/h oraz NTP DP 16 dla $V = 120$ km/h.

^{7/} Normatyw RFN /RAL-L 63 i 73/, normatyw Szwajcarii /SNV 640 123/.

Tablica 5

Wartości R_{\min} , ψ_2^{\max} , b_R^{\max} według normatywów polskich
warunki normalne

Wyszczególnienie	Szybkość projektowa /km/h/				
	40	60	80	100	120
Min. promień łuku $R^{\min}/m/$	90	250	500	750	925
Max. wielkość i_0 /%/	5,0	4,0	3,5	3,5	3,0
Max. wartość współczyn. ψ_2^{\max}	0,090	0,073	0,066	0,070	0,072
Max. wartość przyspieszenia $b_R^{\max} / \frac{m}{s^2} /$	1,37	1,11	0,99	1,03	1,20

Propozycje odnośnie ustalenia wielkości minimalnych i granicznych zawiera publikacja [6].

Promień minimalny ustalany jest przy założeniu maksymalnej przechyłki na łuku 7%^{8/} oraz stopnia wykorzystania maksymalnego współczynnika szepności bocznej=40%. Maksymalny współczynnik szepności bocznej może być przyjęty w zależności od szybkości projektowej

^{8/} W RAL-L 73 przyjęto i_0^{\max} 6%, a wyjątkowo 7%.

Tablica 6

Wartości R_{\min} , φ_2^{\max} , b_B^{\max} według TGL 11685 [10]/dla $i_0^{\max} = 4\%$ /

Wyszczególnienie	Szybkość projektowa km/h				
	40	60	80	100	120
Min. promień łuku $R_{\min}/m/$	100	250	400	650	-
Max. wartość współcz. φ_2	0,086	0,073	0,086	0,081	-
Ma. wartość przyspieszenia $b_R^{\max} \frac{m}{s^2} /$	1,23	1,11	1,23	1,19	-

Tablica 7

Wartości graniczne R_{\min} , φ_2^{\max} , b_R^{\max} według TGL 11685/dla $i_0^{\max} = 6\%$ /

Wyszczególnienie	Szybkość projektowa km/h				
	40	60	80	100	120
Min. promień łuku $R_{\min}/m/$	60	140	250	400	-
Max. wartość współcz. φ_2	0,150	0,142	0,142	0,136	-
Max. wartość przyspieszenia $b_R^{\max} \frac{m}{s^2} /$	2,06	1,97	1,97	1,92	-

$$\psi_2^{\max} = 0,925 \cdot 0,214 / \frac{v}{100} / ^2 - 0,640 / \frac{v}{100} / + 0,615 \quad (3.6.)$$

Promień g r a n i c z n y ustalany jest przy założeniu minimalnej przechyłki na łuku z uwagi na szybkie odprowadzenie wód opadowych wynoszące 2,5%/2,0% w normatywie Francji/ przy stopniu wykorzystania $\psi_2^{\max} = 10\%$

Promień m a k s y m a l n y ustalany jest przy założeniu, że całkowita wartość przyspieszenia bocznego przejęta przez minimalną /z uwagi na szybkie odwodnienie jezdni/ przechyłkę jezdni. Przy tym założeniu $\psi_2 = 0$

a wielkość promienia maksymalnego można wyrazić:

$$R_{\max} = \frac{v^2}{g \cdot i_0} \cong 4 v^2 \quad (3.7.)$$

Przy przejeździe przez łuk o promieniu $R = R_{\max}$ z przyjętą szybkością projektową, wypadkowa siły odśrodkowej i ciężaru jest, jak wiadomo, prostopadła do jezdni drogi, co daje optymalne warunki prowadzenia samochodu na łuku. /tab. 8/.

4. Przechyłka łuku

Przez wiele lat w normatywach niemieckich / a nadal w normatywach polskich/ przyjmowano sztywny rozkład występującego na łuku przyspieszenia bocznego na część kompensowaną przez przechyłkę /1/3 przyspieszenia bocznego/ i na część kompensowaną przez szczepność boczną/ 2/3 przyspieszenia bocznego/.

Przy tych założeniach związek między wykorzystywaną częścią szczepności bocznej " ψ_2 " i przechyłką " i_0 " wyraża się wzorem:

$$\psi_2 = 2 i_0 \quad (4.1.)$$

Tablica 8

Zestawienie promieni minimalnych, granicznych
i maksymalnych łuków poziomych według [6]

Szybkość projektowa /km/h/	40	60	80	100	120	140
Promień łuku R/m/						
minimalny R_{\min}	60	155	320	570	890	1275
graniczny R_g	205	530	1070	1850	2900	4100
maksymalny R_{\max}	500	1150	2000	3150	4500	6200

Ponieważ wraz ze wzrostem szybkości projektowej maleje wielkość ρ_2 , a zatem musi maleć także i dopuszczalna projektowana przechyłka.

Reguła powyższa oceniona została w RFN [8] jako dowolna i niewiele pomagająca kierowcy.

Natomiast stosowanie dużych, zbliżonych do maksymalnych, pochyleń poprzecznych na łuku, zwiększa bezpieczeństwo i wygodę jazdy, jak też ma dodatni wpływ na efekt odwodnienia jezdni i optyczne /przestrzenne/ prowadzenie drogi w terenie.

Stąd też w nowym normatywie niemieckim odstąpiono od formuły (4.1.) zastępując ją zmiennym stosunkiem $\frac{\psi_2}{i_0}$ wahającym się w granicach od 3 : 1 do $\frac{1}{3}$: 1 w zależności od promienia łuku /a także szybkości projektowej/.

Tablica 9

Wielkości przechytek w normatywach RFN i Polski^{9/} dla określonego promienia łuku "R" /m/ i zmiennej szybkości projektowej "v" /km/h/

Normatyw projektowy	R = 200		R = 300		R = 500		R = 750		R = 1000		
	V _p = 40		V _p = 60		V _p = 60	V _p = 80	V _p = 100	V _p = 80	V _p = 100	V _p = 120	
RAL-L - 73	2,7%		4,0%		3,0%	4,5%	3,5%	4,7%	2,9%	4,2%	5,8%
NTP DP 22 NTP DP 16	2,0%		3,1%		2,0%	3,3%	2,2%	3,5%	1,5%	2,5%	3,9%

^{9/} aktualnie obowiązujących /grudzień 1973/.

Porównując nomogramy RFN i Polski do ustalenia wielkości przechyłek na łukach można zauważyć, że dla danego promienia łuku i szybkości projektowej w normatywie niemieckim wymagana jest większa przechyłka.

5. Promień łuku poziomego a długość prostej

W dotychczasowej praktyce projektowania panowała dość duża swoboda w relatywnym ustalaniu wielkości poszczególnych elementów prostych i krzywych w planie drogi. W rezultacie na końcu długich odcinków prostych drogi usytuowane były łuki o małych promieniach, co stwarza oczywiste zagrożenie bezpieczeństwa ruchu, względnie projektowano łuki o odpowiednio dużych promieniach, poprzedzone krótkimi odcinkami prostych.

Badania zaistniałych wypadków drogowych w zależności od cech planu drogi w RFN [1] doprowadziły do ustalenia w "Wytycznych projektowania dróg" zależności między promieniem łuku poziomego "R" a długością poprzedzającej prostej "L".

Zależności te przedstawione są za pomocą nierówności

$$L \leq 500 \text{ m} \quad R \geq L / m/ \quad (5.1)$$

$$L > 500 \text{ m} \quad R \geq 500 \text{ m} \quad (5.2.)$$

W "Wytycznych" określone zostały w formie wykresu relatywne wielkości promieni sąsiednich łuków poziomych na podstawie którego sporządzono tablicę 10, przedstawiającą ocenę zakresu zastosowanych promieni łuków.

Relatywne wielkości promieni łuków przy
projektowaniu dróg w planie

Promień łuku poziome- go "R" m	Zakres stosowania promieni łuków sąsiednich w m				
	b. dobry	dobry	zadawalają- cy	niedopuszczalny	
				mniej od	więcej od
250	200 - 300	180 - 340	170 - 390	170	390
500	400 - 700	340 - 870	310 - 1500	310	1500
750	530 - 1400	450 - 1500	400 - 1800	400	1800
1000	620 - 1800	520 - 1800	460 - 1800	460	1800

6. Wnioski

Krótki przegląd nowych tendencji w określaniu niektórych parametrów projektowania dróg wykazuje, że normatywy projektowania dróg za granicą są stale aktualizowane.

Nie może to nie dotyczyć i polskich normatywów projektowania. Prace nad aktualizacją normatywów muszą mieć podbudowę naukową, którą stanowią wyniki badań drogowych warunków ruchu samochodów. Brak podstawowych badań w szczególności nad szybkością ruchu samochodów, wyklucza w zasadzie wdrażanie nowych metod określania szybkości projektowej dla przebudowy dróg.

Porównanie nakładów na prace badawcze w drogownictwie /obejmującym także inżynierię ruchu drogowego/ z nakładami na inne gałęzie gospodarki narodowej wykazuje, że istniejący stan rzeczy musi ulec poprawie.

Trudno byłoby pogodzić unowocześnianie techniki projektowania /fotogrametria, komputeryzacja/ z nieaktualnymi poglądami odnośnie doboru istotnych dla projektowania parametrów technicznych.

Dotyczy to szczególnie szybkości projektowej w odniesieniu do dróg istniejących, promieni i przechyłek łuków oraz relatywnych wielkości długości prostych i elementów krzywych drogi w planie.

Literatura

1. Bruns H.: Zusammenhang zwischen Haltesichtweite, Bremsweg und Fahrgeschwindigkeit in Kurven, "Strassenverkehrstechnik" nr 6 1971r.
2. Highway Capacity Manual /HCM/ Washington 1965
3. Judycki J.: Porównanie norm projektowania autostrad "Drogownictwo" nr 6 i 10 1971 r.
4. Köppel G.: Die Neufassung der Richtlinien für die Anlage von Landstrassen RAL-L-1 "Strasse und Autobahn" nr 4 1973.

5. Lamm R., Schlichter H.: Geschwindigkeitsverhalten von Fahrzeugkollektiven bei unterschiedlichen Witterungs - und Tageslichtbedingungen "Strassen und Tiefbau" nr 12 1971r.
6. Lamm R., Herring H.E.: Ein neuer Vorschlag zur Bemessung von Radius und Querneigung auf Ausserortstrassen "Strasse und Autobahn" nr 2 1971 r.
7. Nowicki A.: Obliczanie przepustowości dróg w Polsce "Drogownictwo" nr 11 1973r.
8. Richtlinien Für die Anlage von Landstrassen /RAL/. Teil II Abschnitt 1: Elemente der Linienführung Kirschbaum Verlag Bonn 1973
9. Stańczyk J.: Warunki techniczne projektowania autostrad dla warunków polskich. Konferencja naukowo-techniczna n.t. "Problemy projektowania i budowy autostrad". Materiały. Katowice 1971 r.
10. Gläser H.: Trassierung von Strassen und Gewässern Transpress Berlin 1972r.
11. Walawski J.: Drogi w aspekcie wymagań ruchowych SITK XIV Kongres Drogowy Praha 1971 r. Materiały, Warszawa 1972 r.
12. Wrześniowski Z.: Nowy francuski normatyw projektowania dróg i autostrad "Drogownictwo" nr 6 i 12 1971 r.
13. Wrześniowski Z.: Podstawowe określenia dotyczące przepustowości dróg i ulic "Drogownictwo" nr 5 1969 r.
14. Wytyczne projektowania przebudowy dróg III, IV i V klasy technicznej, Transprojekt, Warszawa 1971.

NEW TENDENCIES OF DETERMINATION OF SOME
PROJECT PARAMETERS FOR ROADS

Summary

In this article work methodic has been discussed concerning definition of designing speed, radius quantity and super-elevation of level arch and relative quantity of radius of these arches and lengths of straight lines taking as example present roads designing standards existing in Federal Republic of Germany, German Democratic Republic, France and Poland.

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ДОРОГ

Резюме

В статье представлена методика работ над понятием проектная скорость, величина радиусов и наклонов горизонтальных кривых, а также релятивные величины радиусов этих кривых и длины прямых на примере нормативов проектирования дорог в ФРГ, ГДР, Франции и Польше.

Bernard Rzczyński

TEORIA INGERENCJI PODPORZĄDKOWANEGO STRUMIENIA
SAMOCHODÓW W STRUMIEŃ GŁÓWNY W JEDNOPOZIOMYM
SKRZYŻOWANIU PROSTYM

W pracy przedstawiono teorię kształtowania się warunków ruchu w skrzyżowaniu przy prawo- i lewoskrętnym włączaniu się podporządkowanego strumienia w strumień samochodów główny oraz przy przecinaniu strumienia głównego strumieniem podporządkowanym.

Szczegółowo opisano: strumień ruchu samochodowego jako zbiór stochastyczny, matematyczny model ciągłego potoku ruchu samochodowego i potoku nieciągłego /zakłócenie ciągłości potoku, tworzenie się kolumn samochodów na drodze, ustalenie wskaźnika zakłócenia ciągłości potoku/, obszary zagrożenia bezpieczeństwa ruchu przy różnych manewrach samochodów potoku podporządkowanego /włączania i przecinania/, prawdopodobieństwo prawoskrętnego włączania się potoku podporządkowanego w główny potok samochodów w przepływie ciągłym i nieciągłym, prawdopodobieństwo włączenia

się lewoskrętnego w potok główny oraz przecinania go i przepustowości jednopoziomowego skrzyżowania prostego.

1. Wstęp

Każda droga samochodowa składa się z odcinków międzywęzłowych i węzłów. Jednym z najprostszych i często występujących węzłów jest jednopoziomowe skrzyżowanie dwóch przecinających się dróg, z których jedna bywa podporządkowana ruchowo drugiej, zwanej główną lub z pierwszeństwem ruchu.

Pomijając problem geometrii takiego skrzyżowania, warunki ruchu w nim zdeterminowane są przez natężenie ruchu na krzyżujących się drogach. W odległości 300 - 400 m przed skrzyżowaniem poważnie zaczyna maleć prędkość ruchu na drodze głównej, przy czym spadek ten jest funkcją wzrostu natężenia ruchu na drodze podporządkowanej /tabl.1/.

Tablica 1

Spadek prędkości ruchu na drodze głównej
w zależności od natężenia ruchu na drodze
podporządkowanej

Natężenie ruchu sam/h ^{1/} na drodze		Procentowy spadek średniej prędkości ruchu samochodów na drodze głównej
głównej	podporządkowanej	
232	60	22
216	106	38
476	290	50
maksymalne obciążenie skrzyżowania		

^{1/} samochodów na godzinę

Samochody przybywające do skrzyżowania drogą podporządkowaną, muszą czekać na dogodną i bezpieczną możliwość włączenia się w główny strumień ruchu, bądź przecięcia go, zależnie od zamiarów kierujących nimi. Manewry te są możliwe tylko wówczas, gdy na drodze głównej samochody przejeżdżają w odpowiednio dużych odstępach czasowych. Zwiększanie się natężenia ruchu na drodze głównej wywołuje zmniejszanie się liczby odstępów, a w następstwie przedłużanie oczekiwania samochodów na drodze podporządkowanej na włączenie się w strumień główny lub przecięcie go.

Chcąc skrócić czas tego oczekiwania, kierowcy wykonują często powyższe manewry, wykorzystując do tego krótsze odstępy czasowe pomiędzy pojazdami strumienia głównego niż konieczne ze względu na całkowite bezpieczeństwo ruchu. Zapewnione jest ono wówczas, gdy odstępy te nie są krótsze niż normalny czas trwania skrętu przy braku ruchu na drodze głównej $=11s/$. W miarę wzrostu natężenia ruchu na drodze głównej zwiększa się również udział tych zniecierpliwionych kierowców ze strumienia podporządkowanego /tabl.2/. Tym też należy tłumaczyć fakt, że przy wzroście natężenia ruchu na skrzyżowaniach, poważnie zwiększa się w nich liczba wypadków drogowych.

Praca niniejsza zajmuje się teorią tego procesu ruchu samochodowego, czyli ingerencji strumienia podporządkowanego w strumień główny, jako części ogólnej teorii strumieniowości ruchu samochodowego w węźle drogowym. Rozważany jest w niej przypadek ruchu w jednopoziomowym skrzyżowaniu prostym.

Tablica 2

Udział niezdyscyplinowanych kierowców strumienia podporządkowanego, włączających się lewoskrętnie w strumień główny podczas odstępów czasowych w nim krótszych niż bezpieczne

Natężenie ruchu sam/h na drodze głównej	Procentowy udział niebezpiecznych skrętów na drogę główną
270	17
360	25
400	38

2. Strumień ruchu samochodowego jako zbiór statystyczny

Strumieniem ruchu samochodowego jest zbiór samochodów /pojazdów samochodowych/ poruszających się na drodze w jednym kierunku. Samochody poruszające się w jednym szeregu podłużnym tworzą jednostkowy strumień ruchu zwany potokiem ruchu. W zależności od liczby pasów ruchu w przekroju poprzecznym drogi, strumień ruchu bywa jedno - lub wielopotokowy.

Każdy strumień ruchu można uważać za zbiór statystyczny, którego elementami są w rozważanym przypadku samochody /pojazdy samochodowe/. Matematyczne ujęcie wzajemnego stosunku poszczególnych elementów w zbiorze, czyli zdarzeń ruchowych zachodzących na drodze, może być dokonane rachunkiem prawdopodobieństwa, ściślej zaś w oparciu o teorię procesu stochastycznego.

Proces ten odzwierciedla działanie zmienności statystycznych o charakterze przypadkowym w czasie. Wskazuje on przy tym na prawidłowość statystyczną występującą w obserwowanym przepływie strumienia ruchu mimo nieprawidłowości, którym podlegają indywidualne postępowania poszczególnych samochodów w tym strumieniu.

Proces stochastyczny odzwierciedla poprawnie przestrzenny i czasowy rozkład pojazdów, zwłaszcza w jednostkowym /potokowym, jednopasowym/ strumieniu ruchu. Koncentracja ruchu na drogach wielopasowych sprawia, że jego przepływ odbywa się często bez możliwości zmiany pasa ruchu. Każdy z pasów służy zatem przepływowi wydzielonego potoku samochodów. W związku z tym w każdym przypadku przepływu strumienia ruchu na drodze przyjęty może być do rozważań model ruchu jednopasowego.

Jednym z najprostszych procesów stochastycznych odzwierciedlających taki model ruchu jest proces /rozkład/ Poissona, wyrażony matematycznie rozkładem zajść pewnego zdarzenia podczas określonego przedziału czasu.

Rozkład Poissona jest rozkładem zmiennej losowej skokowej Z , która może przybierać wartości naturalne $k = 0, 1, 2 \dots$ i której funkcja prawdopodobieństwa rozkładu określona jest równaniem:

$$P / Z = k / = \frac{c^k}{k!} \cdot \exp / -c / \quad (1)$$

gdzie:

$\exp / -c / = e^{-c}$, zaś $e = 2,71828$ - podstawa logarytmów naturalnych

c - parametr rozkładu, charakteryzujący zależność przepływu średniej liczby samochodów /pojazdów samochodowych/ w określonym przedziale czasu obserwacji potoku ruchu

parametr rozkładu c określić można z równania:

$$c = n \cdot t \quad (2.a)$$

$$= \frac{N \cdot t}{3600} \quad (2.b)$$

gdzie:

n - średnie natężenie ruchu samochodów na sekundę /sam/s/ podczas czasu t

N - natężenie ruchu samochodów na godzinę /sam/h/ podczas dłuższego przedziału czasu $T = 1 \text{ h} = 3600\text{s}$

Tablica 3 zawiera prawdopodobieństwa rozkładu $P/Z = k/ = P/c$, $k/$ dla niektórych wartości c i k .

Zmienna przypadkowa /losowa/ jest to funkcja przyporządkowująca każdemu zdarzeniu przypadkowemu wartość liczbowa. Zmienną przypadkową Z nazywa się skokową /nieciągłą, dyskretną /, jeżeli ciąg liczb rzeczywistych $\{x_i\}$ wyrażony jest nierównością:

$$P /Z = x_i/ > 0 \quad (3)$$

w której lewa strona jest prawdopodobieństwem, że zmienna przypadkowa Z przyjmie wartość x_i . Prawdopodobieństwo, że zmienna przypadkowa Z przyjmie jakąkolwiek inną wartość, poza wymienionymi wartościami ciągu liczb rzeczywistych jest równe zero.

Zdarzeniem przypadkowym /losowym/ jest zdarzenie, na które składa się pewna liczba zdarzeń elementarnych. Będzie nim więc zdarzenie polegające na pojawieniu się na drodze pojazdu, należącego do jednej z grup rodzajowych, np. samochodu. Zdarzeniem elementarnym jest natomiast ukazanie się każdej z odmian konstrukcyjno-użytkowych pojazdów tej grupy, a więc samochodu osobowego, dostawczego, ciężarowego, autobusu itp.

Tablica 3

Prawdopodobieństwo w rozkładzie Poisson'a

k	c	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010
0	0,993 0005	0,998 0020	0,997 0045	0,996 0080	0,995 0125	0,994 0180	0,993 0244	0,992 0319	0,991 0404	0,990 0498	
1	,000 9990	,001 9960	,002 9910	,003 9840	,004 9751	,005 9641	,006 9512	,007 9363	,008 9194	,009 9005	
2	,000 0005	,000 0020	,000 0045	,000 0080	,000 0124	,000 0179	,000 0243	,000 0317	,000 0401	,000 0495	
3							,000 0001	,000 0001	,000 0001	,000 0001	,000 0002
k	c	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
0	0,990 0458	0,980 1987	0,970 4455	0,960 7894	0,951 2294	0,941 7645	0,932 3838	0,923 1163	0,913 9312	0,904 8374	
1	,009 9005	,019 6040	,029 1134	,038 4316	,047 5615	,056 5059	,065 2676	,073 2493	,082 2538	,090 4837	
2	,000 0495	,000 1960	,000 4367	,000 7686	,001 1890	,001 6952	,002 2844	,002 9540	,002 7014	,004 5242	
3	,000 0002	,000 0013	,000 0044	,000 0102	,000 0198	,000 0339	,000 0533	,000 0788	,000 1110	,000 1508	
4				,000 0001	,000 0002	,000 0005	,000 0009	,000 0016	,000 0025	,000 0038	
5										,000 0001	

k	c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0,904 0374	0,818 7308	0,740 8182	0,670 3200	0,606 531	0,548 812	0,496 585	0,449 329	0,406 570	0,367 879	0,367 879
1	,090 4837	,163 7462	,222 2455	,268 1280	,303 265	,329 287	,347 610	,359 463	,365 913	,367 879	,367 879
2	,004 5242	,016 3746	,033 3368	,053 6256	,075 816	,098 786	,121 663	,143 785	,164 661	,183 940	,183 940
3	,000 1502	,001 0916	,003 3337	,007 1501	,012 636	,019 757	,028 388	,038 343	,049 398	,061 313	,061 313
4	,000 0038	,000 0546	,000 2500	,000 7150	,001 580	,002 964	,004 968	,007 669	,011 115	,015 328	,015 328
5	,000 0001	,000 0022	,000 0150	,000 0572	,000 158	,000 356	,000 696	,001 227	,002 001	,003 066	,003 066
6		,000 0001	,000 0008	,000 0038	,000 013	,000 036	,000 081	,000 164	,000 300	,000 511	,000 511
7				,000 0002	,000 001	,000 003	,000 008	,000 019	,000 039	,000 073	,000 073
8							,000 001	,000 002	,000 004	,000 009	,000 009
9										,000 001	,000 001

k	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,367 879	0,135 225	0,049 787	0,018 316	0,006 738	0,002 479	0,000 912	0,000 335	0,000 123	0,000 045	0,000 045
1	,367 879	,270 671	,149 361	,083 263	,033 690	,014 873	,006 383	,002 684	,001 111	,000 454	,000 454
2	,183 940	,270 671	,224 042	,146 525	,084 224	,044 618	,022 341	,010 735	,004 998	,002 270	,002 270
3	,061 313	,180 447	,224 042	,195 367	,140 374	,089 235	,052 129	,028 626	,014 994	,007 567	,007 567
4	,015 328	,090 224	,161 031	,195 367	,175 467	,133 853	,091 226	,057 252	,033 737	,018 917	,018 917
5	,003 066	,036 089	,100 819	,156 293	,175 467	,160 623	,127 717	,091 604	,060 727	,037 833	,037 833
6	,000 511	,012,030	,050 409	,104 196	,146 223	,160 623	,149 003	,122 138	,091 090	,063 055	,063 055
7	,000 073	,003 437	,021 604	,059 540	,104 445	,137 677	,149 003	,139 587	,117 116	,090 079	,090 079
8	,000 0009	,000 859	,008 102	,029 770	,065 278	,103 258	,130 377	,139 587	,131 756	,112 599	,112 599
9	,000 001	,000 191	,002 701	,013 231	,036 266	,068 838	,101 405	,124 077	,131 756	,125 110	,125 110

3. Matematyczny model ciągłego potoku ruchu samochodowego

Rozkład Poissona nadaje się doskonale do odzwierciedlenia przepływu ruchu drogowego w określonym punkcie obserwacji w sposób ciągły i niezakłócony. Taki przepływ ruchu występuje wówczas, gdy pojazdy /samochody/ tworzące potok ruchu nie oddziałują wzajemnie na siebie. Wskutek tego zachodzi prawdopodobieństwo, iż w określonym punkcie obserwacji po przejeździe jakiegoś pojazdu wystąpi przerwa czasowa w potoku ruchu aż do chwili pojawienia się następnego pojazdu.

Ogólnie można wykazać, że przy średniej liczbie n pojazdów jakiegoś niezakłóconego potoku ruchu, przejeżdżających w jednostce czasu ustalony przekrój jezdni drogowej występuje prawdopodobieństwo, iż podczas przedziału czasu t :

a/ żaden pojazd nie przekracza tego przekroju, co wyraża równanie:

$$P_0 /t/ = \exp/-nt/ \quad (4)$$

przyjmując umownie, że $0! = 1$

b/ przekrój ten przekracza k pojazdów, co wyraża równanie:

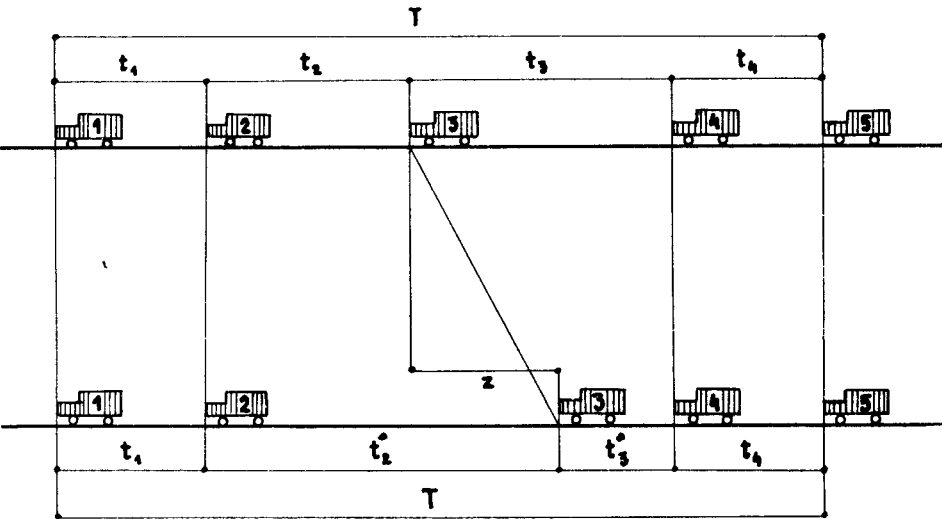
$$P_k /t/ = \frac{/nt/^k}{k!} \cdot \exp/-nt/ \quad (5)$$

Przy ciągłym i niezakłóconym przepływie pojazdów /samochodów/ na drodze, średni przedział czasu t , w ciągu którego pojawia się w jakimś jej przekroju jeden pojazd określić można w oparciu o znajomość godzinowego natężenia ruchu N i ustalonego parametru rozkładu c .

Wykorzystując do tego celu przekształcone względem t równanie (2) można przykładowo wykazać, iż przy natężeniu ruchu

$N = 180$ sam/h i parametrze rozkładu $c = 1$, średni odstęp czasu pomiędzy pojazdami przejeżdżającymi przez określony punkt na drodze wynosi $t = 20$ s. Wzrost gęstości pojazdów na drodze powoduje proporcjonalne skrócenie się średniego przedziału czasu t .

Przedział czasu t wskazuje więc na przerwę czasową pomiędzy pojawieniem się pojazdu w punkcie obserwacji przepływu ruchu drogowego. Na rysunku 1 przedstawiony jest rozkład przerw



Rys. 1. Rozkład przerw czasowych ciągłego potoku ruchu w określonym przedziale czasu oraz przy zakłóceniu w tym przedziale ruchu przez jeden z samochodów analizowanego potoku

czasowych ciągłego potoku ruchu w dłuższym przedziale czasu T oraz rozkład tych przerw przy zakłóceniu ruchu przez jeden z pojazdów obserwowanego potoku.

Zakłócenie wystąpiło z powodu opóźniającego ruchu pojaz-

du 3, którego wynikiem jest wydłużenie się przerwy czasowej t_2 do t'_2 oraz niebezpieczne skrócenie się przerwy czasowej t_3 do t'_3 . Przerwy czasowe liczone są między czołami badanych samochodów /pojazdów/.

Pojęciem przerwy międzypojazdowej w układzie czasowym określa się w ogólności odstęp czasu t_p dla $p = 1, 2, 3, \dots$, zachodzący pomiędzy przejazdem kolejno następujących po sobie pojazdów w określonym przekroju poprzecznym drogi. Tak więc odstęp czasu zachodzący pomiędzy przejazdem pierwszego i drugiego z pojazdów określonej kolumny wyniesie t_1 , pomiędzy przejazdem drugiego i trzeciego t_2 itd.

Prawdopodobieństwo występowania w serii dowolnie rozłożonych przerw czasowych przerwy o czasie trwania t lub dłuższym, wyraża równanie:

$$P = \exp /-nt/ \quad (6)$$

Przy dłuższym przedziale czasu T obejmującym przejazd N pojazdów, prawdopodobna liczba przerw czasowych dłuższych niż t wyniesie dla średniej liczby pojazdów w jednostce czasu $n = N/T$:

$$P = N \cdot \exp /-nt/ \quad (7)$$

ponieważ prawdopodobieństwo, iż po jakimś pojeździe wystąpi przerwa czasowa równa lub większa od t jest $\exp/-nt/$, a przy N pojazdach należy uważać, iż wyniesie prawdopodobnie $N \cdot \exp/-nt/$.

Całkowity czas trwania przerw czasowych oblicza się przyjmując, iż liczbę tych przerw, których czas trwania wynosi od t do $t + dt$ określa w przybliżeniu pierwsza różniczka funkcji wyrażonej równaniem (7):

$$dP = N \cdot n \cdot \exp/-nt/dt \quad (8)$$

natomiast czas ich trwania równanie:

$$T = N \cdot n \cdot t \cdot \exp(-nt/dt) \quad (9)$$

Całkując prawą stronę równania (9) w granicach od 0 do ∞ otrzymuje się całkowity czas trwania wszystkich przerw czasowych w przedziale wszystkich możliwych ich wartości, który wynosi:

$$\begin{aligned} T &= \sum t_p \\ &= \frac{N}{n} \end{aligned} \quad (10)$$

Obserwowany rozkład częstości przerw czasowych potwierdza słuszność powyższego wywodu teoretycznego z wyjątkiem przypadku, gdy odstęp czasu $t < 2$ s. Wtedy rozkład rzeczywisty tych przerw odbiega nieco od obliczonego. Odchylenie to nie ma jednak wpływu na ocenę przedstawionej prawidłowości przepływu potoku ruchu drogowego.

4. Matematyczny model nieciągłego potoku ruchu samochodowego

4.1. Zakłócenie ciągłości potoku ruchu samochodowego

Nieciągły potok ruchu powstaje w wyniku zakłóceń zachodzących w jego swobodnym przepływie na drodze i powodowanych wzajemnym oddziaływaniem na siebie pojazdów tego potoku, bądź też warunkami organizacji ruchu drogowego.

Z punktu widzenia analizy problemu rozważany jest - istotny zresztą w ogólnej przyczynowości zakłóceń - przypadek zakłócenia ciągłości ruchu strumienia głównego przez ingerujący weń /włączeniowy i przecinający/ strumień podporządkowany.

Zakłócenia te sprawiają, iż zamiast nieprzerwanego potoku

pojazdów poruszających się w średnim odstępie czasu t , tworzą się w tym potoku ograniczone kolumny pojazdów z przerwą czasową pomiędzy nimi zwykle $t_m > t$.

W przypadku, gdy zakłócenie w ruchu drogowym spowoduje, iż średnie odstępy czasowe t pomiędzy pojazdami skrócą się do wartości minimalnych t_{min} , umożliwiającących jeszcze bezpieczne operowanie pojazdami w potoku, przerwy czasowe pomiędzy tworzącymi się w nim kolumnami pojazdów mogą być $t_m \leq t$.

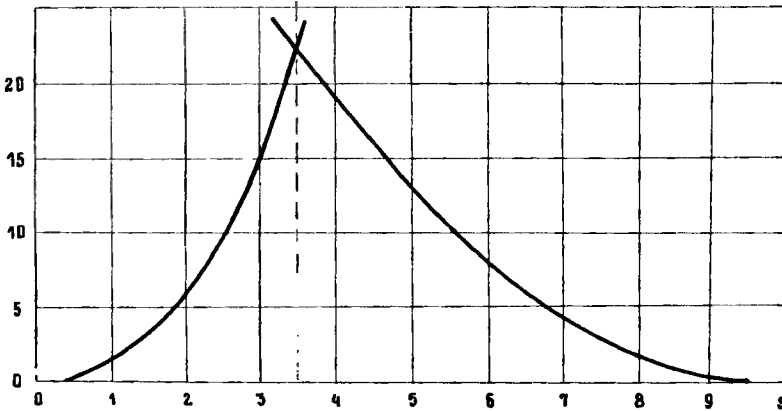
Pojęciem kolumny pojazdów określa się taki przedział czasu T_k , w ciągu którego pojazd znajdujący się na drodze podporządkowanej nie może przekroczyć strumienia pojazdów na drodze głównej, bądź doń się włączyć lub w ciągu którego pieszy nie może przekroczyć bezpiecznie jezdni.

Pojęciem przerwy międzykolumnowej określa się w ogólności taki odstęp czasu t_m , w ciągu którego pojazd znajdujący się na drodze podporządkowanej może przekroczyć strumień pojazdów na drodze głównej, bądź się doń włączyć lub w ciągu którego pieszy może przekroczyć bezpiecznie jezdnię.

W procesie kształtowania się manewrów pojazdów strumienia podporządkowanego, zmierzających do przekroczenia strumienia głównego, bądź włączenia się doń, występują w tym ostatnim przerwy czasowe:

- a/ przyjmowane przez pojazd strumienia podporządkowanego, tzn. umożliwiające mu przekroczenie drogi głównej, bądź wjazd na nią przed dojazdem do węzła pojazdu strumienia głównego
- b/ odrzucane przez pojazd strumienia podporządkowanego, tzn. zmuszające go do oczekiwania i przekroczenia drogi głównej, bądź wjazdu na nią dopiero po przejeździe przez węzeł pojazdu strumienia głównego.

Dla określonego manewru pojazdu strumienia podporządkowanego graniczną wartością przerwy czasowej w strumieniu głównym jest taki odstęp czasu w , przy którym liczba przyjmowanych przerw czasowych mniejszych od w jest dokładnie taka, jak liczba odrzucanych przerw czasowych większych od w . Przypadek ten zilustrowany jest na rysunku 2, odzwierciedlającym wyniki pomiarów przerw czasowych, zestawione w tabelicy 4 i dotyczące przykładowo manewru włączeniowego prawoskrętnego.



Rys. 2. Graniczne wartości przerwy czasowej w głównym strumieniu ruchu

W tabelicy 5 zestawiono wartości tych przerw granicznych dla różnych rodzajów pojazdów samochodowych i warunków organizacji ruchu, wymagane dla bezpiecznych manewrów strumienia podporządkowanego.

Wartości przerw czasowych podane w tabelicy 5 odnoszą się do przeciętnych warunków widoczności w węźle. Przy dobrej widoczności przestrzeni węzła czas trwania tych przerw skraca

Tabela 4

Zestawienie wyników pomiarów przerw czasowych
dotyczące prawoskrętnego manewru włączeniowego

Przerwa czasowa s	Liczba przerw czasowych		Suma przerw czasowych	
	przyjmowanych	odrzuconych	przyjmowanych	odrzuconych
0 - 1	0	5	0	63
1 - 2	3	22	3	58
2 - 3	6	14	9	36
3 - 4	13	7	22	22
4 - 5	22	5	44	15
5 - 6	10	4	54	10
6 - 7	9	3	63	6
7 - 8	9	2	72	3
8 - 9	4	1	76	1
9 - 10	2	0	78	0

Tablica 5

Wartości granicznych przerw czasowych w strumieniu
głównym wymagane dla bezpiecznego wykonania manewrów
przez pojazdy strumienia podporządkowanego

Manewr ruchu	Warunki organizacji ruchu /znak/	Graniczna przerwa czasowa s			
		samochód osobowy w_o	samochód ciężarowy w_c	ciągnik z przycz. w_u	motocykl w_m
Włączanie w prawo	Droga z pierwszeństwem przejazdu	3,2	4,9	5,4	1,8
	Stop	6,1	7,7	7,9	2,6
Włączanie w lewo	Droga z pierwszeństwem przejazdu	5,4	6,0	7,5	3,6
	Stop	7,8	8,6	10,3	4,0
Przecina- nie dwóch pasów ru- chu	Droga z pierwszeństwem przejazdu	4,7	5,5	5,8	3,3
	Stop	6,6	7,7	8,3	4,7

się o około 20%, natomiast w warunkach złej widoczności wydłuża się średnio również o 20%.

Średnią graniczną przerwę czasową wymaganą w strumieniu głównym ustala się równaniem:

$$\bar{w} = m_o \cdot w_o + m_c \cdot w_c + m_u \cdot w_u + m_m \cdot w_m \quad (11)$$

gdzie:

m_o, m_c, m_u, m_m - udziały w strumieniu podporządkowanym samochodów osobowych, ciężarowych /i autobusów/, ciągników z przyczepami oraz motocykli,

w_o, w_c, w_u, w_m - graniczne przerwy czasowe w s dla tych pojazdów, przytoczone w tablicy 5.

Należy przy tym dodać, że dane w tabelicy 5 odnoszą się do przejazdu przez skrzyżowanie pojedynczego pojazdu i czołowego pojazdu kolumny. Dalsze pojazdy kolumny wymagają już krótszych przerw czasowych /tabl.6/.

Tabela 6

Stopień skracania się wymaganych przerw czasowych
w strumieniu głównym przy przejeździe przez skrzy-
żowanie kolumny pojazdów

Kolejność pojazdów w kolumnie	Przerwy czasowe w odsetkach od przerw wymaganej dla przejazdu czołowego pojazdu kolumny
1 /czołowy/	100
2	82
3	71
4	63
5	58
6 i dalsze	55

4.2. Tworzenie się kolumn samochodów na drodze

W wyniku zakócenia ciągłości potoku ruchu, powstają w nim kolumny pojazdów. Rozkład tych kolumn oraz występujących pomiędzy nimi przerw w określonym potoku ruchu drogowego przed-

stawiony może być matematycznie. Okazuje się przy tym, że matematyczne ujęcie właściwości przerw międzykolumnowych jest łatwiejsze niż podobne ujęcie właściwości kolumn pojazdów.

Każda przerwa międzykolumnowa t stanowi część przedziału czasu trwającego dłużej niż w . Przeto każda przerwa międzykolumnowa trwająca t s odpowiada przerwie o czasie trwania $w + t$. Liczba przerw międzykolumnowych dłuższych niż t s równa jest liczbie przerw czasowych dłuższych niż $w + t$ s i wynosi:

$$P'_m = N \cdot \exp \left[-n/w + t/ \right] \quad (12)$$

Całkowita liczba przerw międzykolumnowych równa jest liczbie przerw międzykolumnowych większej od zera, to znaczy $t + 0$. Wynosi ona zatem:

$$P_m = N \cdot \exp / -nw/ \quad (13)$$

Całkowity czas trwania przerw międzykolumnowych oblicza się przyjmując, iż liczbę tych przerw, których czas trwania wynosi od t do $t + dt$, określa w przybliżeniu pierwsza różniczka funkcji wyrażonej równaniem (12) :

$$dP'_m = N \cdot n \cdot \exp \left[-n/w + t/ \right] dt \quad (14)$$

natomiast czas ich trwania równanie:

$$T'_m = N \cdot n \cdot t \cdot \exp \left[-n/w + t/ \right] dt \quad (15)$$

Całkując prawą stronę równania (15) w granicach od 0 do ∞ otrzymuje się całkowity czas trwania wszystkich przerw międzykolumnowych w przedziale wszystkich możliwych ich wartości, który wynosi:

$$\begin{aligned} T_m &= \sum t_m = \\ &= -\frac{N}{n} \cdot \exp / -nt/ \quad (16) \end{aligned}$$

Wyrażenie opisujące matematycznie rozkład kolumn pojazdów w potoku ruchu, musi spełniać następujące warunki:

- a/ całkowita liczba kolumn musi być równa całkowitej liczbie przerw międzykolumnowych określonej wzorem 13, ponieważ po każdej kolumnie przypada jedna przerwa i odwrotnie,
- b/ całkowity czas trwania przepływu kolumn musi się równać różnicy zachodzącej pomiędzy całkowitym czasem trwania wszystkich przerw czasowych określonych wzorem 10, a całkowitym czasem trwania wszystkich przerw międzykolumnowych określonym wzorem 16,
- c/ kolumny o czasie trwania ich przepływu krótszym od w nie powstają, ponieważ każda kolumna rozpoczyna się z odstępem czasowym w , który poprzedza przejazd każdego pojazdu.
- d/ istnieje określona liczba kolumn o czasie trwania ich przepływu w , która równa jest liczbie następujących po sobie par przerw czasowych dłuższych niż w , ponieważ każda z tych par zawiera dwie przerwy międzykolumnowe, rozdzielone przez kolumnę o czasie trwania w .

Liczba przerw czasowych dłuższych niż w wynosi $N \cdot \exp(-nw)$, prawdopodobieństwo występowania przerwy czasowej dłuższej niż w wynosi $\exp(-nw)$, wobec tego liczba następujących po sobie par przerw czasowych dłuższych niż w wynosi:

$$P_p = N \cdot \exp(-nw) \cdot \exp(-nw) \\ = N \cdot \exp(-2nw) \quad 17$$

- e/ wyrażenie to nie może wykluczać występowania kolumn o dowolnym czasie trwania ich przepływu, dłuższym niż w .

W związku z powyższymi warunkami możliwe jest ustalenie następujących założeń dla przedstawienia właściwości rozkładu kolumn pojazdów w potoku ruchu:

- a/ liczba kolumn K_0 krótszych niż w s równa jest zeru
- b/ liczba kolumn K_w o czasie trwania w s równa jest $N \cdot \exp(-nw)$
- c/ liczba kolumn K_t równych lub dłuższych czasowo niż t s dla $t > w$ równa jest H/t , która to funkcja jest szukanym matematycznym wyrażeniem rozkładu tych kolumn w potoku ruchu.

Funkcja H/t spełnia przeto wszystkie wymienione wyżej warunki opisując rozkład kolumn pojazdów na drodze wyrażeniem:

$$H/t = N \cdot \exp(-nw) \left[1 - \exp(-nw) \right] \cdot \exp[-F/t-w] \quad (18)$$

gdzie:

$$F = \frac{n \cdot \exp(-nw) [1 - \exp(-nw)]}{1 - \exp(-nw) - nw \cdot \exp(-nw)}$$

Prócz tego liczbę wszystkich kolumn wyraża się równaniem:

$$i_t = N \cdot \exp(-nw) \quad (19)$$

a czas zajmowany przez wszystkie kolumny równanie:

$$\begin{aligned} i_t &= \sum T_k \\ &= \frac{N}{n} \left[1 - \exp(-nw) \right] \end{aligned} \quad (20)$$

4.3. Ustalenie wskaźnika zakłócenia ciągłości potoku samochodów

Przy występowaniu zakłóceń w swobodnym przepływie potoku ruchu, wozą się w nim kolumny pojazdów o określonych właściwościach czasowo - przestrzennych. Okazuje się przy tym, iż ob-

serwowane w tych warunkach natężenie ruchu w ustalonym przekroju jezdni drogowej podczas przedziału czasu t wydaje się pozornie wyższe od rzeczywistego.

Nie może być przeto spełnione równanie (6) określające rozkład przerw czasowych w ciągłym potoku ruchu pojazdów. Tym niemniej opisuje ono rozkład tych przerw w potoku nieciągłym, jeśli rzeczywiste natężenie ruchu n sam/s lub N sam/h zastąpione zostaje natężeniem pozornym n^* sam/s lub N^* sam/h. W związku z tym rozkład przerw czasowych w zakłóconym przepływie pojazdów na drodze wyraża równanie:

$$p^* = \exp / -n t/ \quad (21a)$$

$$= \exp / - \frac{N^* t}{3600} / \quad (21b)$$

Oznacza to, iż w rozkładzie przerw czasowych potok nieciągły zachowuje się tak, jak odpowiednio silniejszy natężeniowo potok ciągły. Pozwala to ustalić każdorazowo wartość tego zwiększonego, czyli pozornego natężenia ruchu przy pomocy liczbowego wskaźnika zakłócenia ciągłości potoku ruchu pojazdów z .

Wskaźnik zakłócenia ciągłości potoku z podaje więc, ilekroć większe jest natężenie pozorne od liczby pojazdów rzeczywiście przekraczających określony przekrój jezdni drogowej w ustalonym przedziale czasu. Wartość tego wskaźnika wyraża przeto stosunek natężeń pozornego do rzeczywistego, czyli:

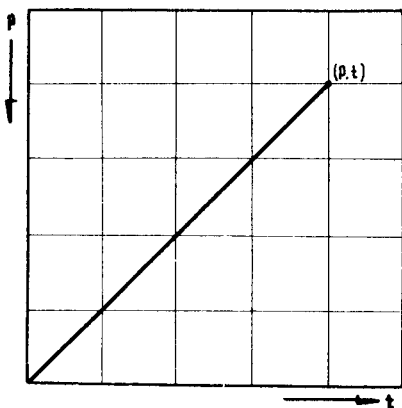
$$z = \frac{n^*}{n} \quad (22a)$$

$$= \frac{N^*}{N} \quad (22b)$$

Zakłócenia w swobodnym przepływie potoku ruchu występują zawsze w węzłach drogowych, a prócz tego niekiedy również

na odcinkach międzywęzłowych. Zakłócenia wywołane przez węzły drogowe zanikają w miarę oddalania się od nich potoku pojazdów.

Wartość liczbowa wskaźnika z ustalić można kilkoma metodami, spośród których szczególnie wskazana jest uproszczona metoda obliczeniowa. Opiera się ona na zasadzie wykreslnego odwzorowania równania (21) w skali logarytmicznej. Ponieważ równanie (21) przedstawia się w tej skali jako prosta przechodząca przez początek układu współrzędnych P oraz t , dla jego określenia wystarcza jeden punkt /rys.3/.



Rys. 3. Graficzne wyznaczenie wartości liczbowej wskaźnika zakłócenia ciągłości potoku

wymaga ono wyliczenia wszystkich przerw w nieznaczących zakresach stopniowania czasowego, lecz tylko większych od t_1 .

Okazuje się przy tym, iż dobre wyniki można uzyskać, przyjmując $t_1 \approx \frac{3600}{N}$, bowiem rozproszenie pozostaje wówczas sto-

Sumując wszystkie przerwy czasowe dłuższe niż dowolny przedział czasu t_1 , uzyskuje się dla tego przedziału wartość P^* , która przy wykorzystaniu równania (22) pozwala ustalić wartość wskaźnika z w następującej zależności logarytmicznej:

$$z = \frac{3600}{N} \frac{\ln P^*}{t_1} \quad (23)$$

Równanie (23) pozwala znacznie uprościć ustalenie wskaźnika z , ponieważ nie

sunkowo nieznaczone. Ponieważ jednak wartość natężenia ruchu N znana jest dopiero na końcu przeprowadzonego pomiaru, to do obliczeń przyjmuje się szacunkową wartość tego natężenia N_s , określaną z warunku $P^* = P$ - dla wszystkich przerw czasowych dłuższych niż $t = \frac{3600}{N_s}$.

Przyjęcie warunku $P^* = P$ jest dopuszczalne i uzasadnione, ponieważ wartość natężenia N_s ustalana jest na podstawie krótkotrwałych pomiarów wstępnych np. 6-minutowego pomiaru wyrwykowego, którego 10-krotny wynik daje natężenie godzinowe. Błąd powstały z przyjęcia do obliczeń wskaźnika z wartości natężenia szacunkowego N_s , zamiast natężenia rzeczywistego N -nieznanego na początku pomiaru, likwidowany jest w końcowej fazie obliczeń za pomocą współczynnika poprawkowego:

$$a = \frac{N_s}{N} \quad (24)$$

Podstawiając do równania (23) wymienione wyżej zależności uzyskuje się ostateczny wzór na wskaźnik zakłócenia ciągłości potoku pojazdów w postaci:

$$z = - a \cdot \ln P \quad (25)$$

5. Obszary zagrożenia bezpieczeństwa ruchu przy manewrach samochodów potoku podporządkowanego w jednopoziomowym skrzyżowaniu prostym.

5.1. Obszar zagrożenia bezpieczeństwa ruchu przy manewrze włączania

Włączanie się samochodu /pojazdu/ strumienia podporządkowanego w główny strumień /potok/ ruchu nie może być wykonane w do-

wolnym czasie, lecz tylko wtedy, gdy w tym ostatnim pojawi się odpowiednia przerwa czasowa pozwalająca ten zamiar urzeczywistnić.

Ingerencja samochodu potoku podporządkowanego w główny potok pojazdów wywołuje w tym ostatnim określony stan zagrożenie bezpieczeństwa ruchu. Obszar, na którym to zagrożenie występuje ogranicza się przede wszystkim do pasa włączenia, a jego długość w m może być określona równaniem:

$$L_{zp} = l_k + d + l_v \quad (26)$$

gdzie:

l_k - długość powierzchni kolizyjności na pasie włączenia m

d - długość dynamiczna samochodu m

l_v - długość odcinka m , potrzebnego do przejścia od prędkości włączenia v_p m/s / V_p km/h/ do prędkości ruchu potoku głównego v_G m/s / V_G km/h/

Długość powierzchni kolizyjności l_k równa jest w przybliżeniu wartości promienia wyokrąglającego krzyżujące się jezdnie. Wartość d - długości dynamicznej samochodu może być obliczona według wzorów podanych przez różnych autorów i przedstawionych w tabelicy 7.

Długość l_v osiągania przez samochód podporządkowany prędkości potoku głównego w ruchu jednostajnie przyspieszonym obliczona zostaje z czasu t_{PG} s - zwiększania tej prędkości od prędkości włączania v_p / V_p / do prędkości ruchu potoku głównego v_G / V_G /:

$$t_{PG} = \frac{v_G - v_P}{a_p} \quad (27a)$$

Tablica 7

Wzory na długość dynamiczną samochodu d i przybliżone jej wartości
przy prędkości samochodu $v = 1$ m/s

Autor	d	d przy $v = 1$ m/s
Allan	$0,0508 v^2 + 0,5 v + 4,3$	4,9
Birula	$0,0961 v^2 + v + 5,0$	6,1
Ehlgotz	$0,1177 v^2 + v + 4,5$	5,6
Greenshield	$0,75 v + 6,4$	7,1
Highway Research Board	$0,0561 v^2 + 0,75 v + 5,2$	6,0
Lewis	$0,1124 v^2 + 0,5 v + 4,5$	5,1
Massachusetts II	$0,0382 v^2 + v + 6,1$	7,1
Rzeczyński	$0,8 v + 5,9$	6,7
Schwanter	$2,0 v + 4,5$	6,5
Weninger	$0,166 v^2 + 0,5 v + 4,5$	5,1

$$= \frac{V_G - V_P}{3,6 a_p} \quad (27b)$$

gdzie:

a_p - przyspieszenie samochodu m/s^2

Długość l_v wynosi zatem dla prędkości v m/s oraz V km/h kolejno:

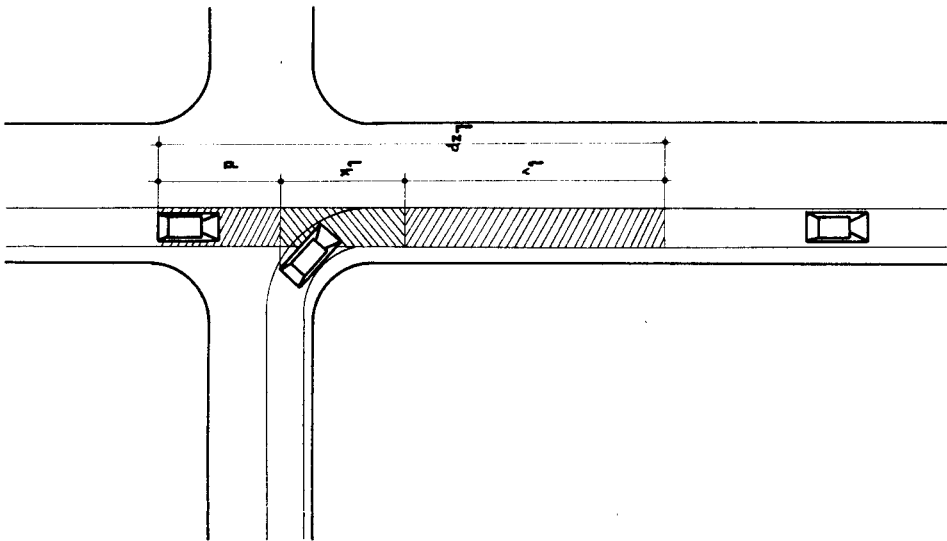
$$\begin{aligned} l_v &= v_p \cdot t_{PG} + \frac{a_p \cdot t_{PG}^2}{2} \\ &= \frac{v_G^2 - v_P^2}{2a_p} \end{aligned} \quad (28a)$$

$$\begin{aligned} l_v &= \frac{V_P \cdot t_{PG}}{3,6} + \frac{a_p \cdot t_{PG}^2}{2} \\ &= \frac{V_G^2 - V_P^2}{26a_p} + \frac{0,2 V_P/V_G - V_P/}{a_p} \end{aligned} \quad (28b)$$

Na rysunku 4 przedstawiony jest przypadek prawoskrętnego manewru włączania. Przy manewrze lewoskrętnym obszar zagrożenia bezpieczeństwa ruchu ma tę samą długość. Dochodzi tu jednak problem przecinania przez samochód włączający się potoku ruchu o kierunku przeciwnym, co rozważane jest w następnych rozdziałach pracy.

5.2. Obszar zagrożenia bezpieczeństwa ruchu przy manewrze przecinania

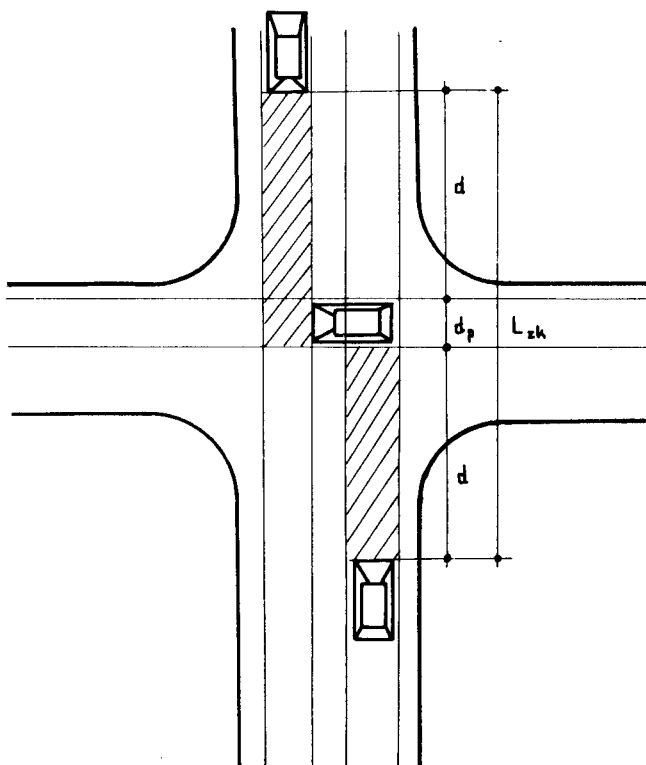
Przypadek przecinania przez samochód potoku podporządkowanego głównego potoku ruchu przedstawiony jest graficznie na rysunku 5. Długość obszaru zagrożenia na określonym pasie /kierunku/ ruchu zależy od prędkości i sprawności hamowania każde-



Rys. 4 Obszar zagrożenia bezpieczeństwa ruchu w skrzyżowaniu jednopoziomowym przy prawoskrętnym manewrze włączenia pojazdu potoku podporządkowanego w potok główny

go z pojazdów przecinających się kierunków ruchu. Na drodze głównej wynosi ona w m :

$$L_{zk} \gg 2d + d_p \quad (29)$$



Rys. 5. Obszar zagrożenia bezpieczeństwa ruchu w skrzyżowaniu jednopoziomowym przy przecinaniu strumienia głównego przez pojazd potoku podporządkowanego

tzn., że odległość pomiędzy torem samochodu podporządkowanego o szerokości d_p równej szerokości pasa ruchu przecinającego strumień główne winna wynosić co najmniej d m od każdego z samochodów tych strumieni zbliżających się do skrzyżowania z przeciwnych kierunków.

$$P_k = A_k \cdot N_G \quad (30)$$

gdzie wyrażenie zastępcze:

$$A_k = \exp \left[- \frac{k \cdot w_p \cdot N_G}{3600} \right] - \exp \left[- \frac{(k+1) \cdot w_p \cdot N_G}{3600} \right]$$

Prawdopodobna liczba samochodów potoku podporządkowanego włączających się w potok główny, w przedziale $k \cdot w_p$ do $(k+1) \cdot w_p$, wynosi:

$$N'_p = k \cdot A_k \cdot N_G \quad (31)$$

Jeśli wykorzystane zostaną wszystkie, odpowiednie dla włączenia przerwy czasowe w potoku głównym, wtedy prawdopodobna liczba włączeń wyniesie:

$$N_p = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot A_k \cdot N_G \quad (32)$$

Równanie (32) można zapisać w postaci zbieżnego szeregu geometrycznego:

$$\begin{aligned} N_p &= N_G \left[\exp \left[-\alpha \right] + \exp \left[-2\alpha \right] + \exp \left[-3\alpha \right] + \dots \right. \\ &= N_G \sum_{k=1}^{\infty} \exp \left[-k\alpha \right] \end{aligned} \quad (33)$$

gdzie wyrażenie zastępcze:

$$\alpha = \exp \left[\frac{w_p \cdot N_G}{3600} \right]$$

Ponieważ $\alpha > 0$, przeto dla ciągłego i niezakłóconego potoku głównego o dużym natężeniu N_G równanie (33) może być przedstawione jako prosta zależność:

$$N_p = \frac{N_G}{\exp \left[\alpha \right] - 1} \quad (34)$$

6. Prawdopodobieństwo włączania się potoku podporządkowanego w potok główny oraz przecięcia go

6.1. Prawdopodobieństwo prawoskrętnego włączania się potoku podporządkowanego w główny potok samochodów o przepływie ciągłym

Przepustowość każdej drogi oceniana jest na podstawie przepustowości poszczególnych węzłów. Jeśli na drodze głównej przepływa potok ruchu o natężeniu N_G wówczas zachodzi pytanie - jaka będzie prawdopodobna liczba samochodów N_p , mogących w tym samym przedziale czasu $/np. \text{ i } h/$ włączyć się prawoskrętnie w ten potok z drogi podporządkowanej. Szukając tej odpowiedzi, przyjmuje się na wstępie, iż główny potok ruchu przepływa w sposób ciągły i niezakłócony.

Jeśli dla włączenia się pojedynczego samochodu potoku podporządkowanego w potok główny wymagana jest przerwa czasowa trwająca w_p s, to dla włączenia się k samochodów potrzeba przerwy o czasie trwania $k \cdot w_p$ do $/k + 1/ w_p$ s. Jest to słuszne przy założeniu, że w_p jest wartością stałą, a tym samym niezależną od liczby samochodów włączających się w jedną przerwę czasową.

W rzeczywistości wartość w_p maleje przy wzroście liczby samochodów kolumny przejeżdżającej przez skrzyżowanie. Wobec tego przy danej liczbie samochodów kolumny, należałoby wybierać w potoku głównym przerwę o czasie trwania nie krótszym niż wykazany w tabelicy 6.

Prawdopodobna liczba przerw czasowych w potoku o natężeniu N_G , w które może włączyć się k pojazdów, wynosi:

6.2. Prawdopodobieństwo prawoskrętnego włączenia się potoku podporządkowanego w główny potok samochodów o przepływie nieciągłym

Jeśli przepływ potoku głównego zostaje zakłócony $\langle z_G \rangle > 1$, wówczas sposobność włączania się weń samochodów potoku podporządkowanego jest mniejsza niż przy ciągłym przepływie potoku głównego. Rozkład przerw czasowych w zakłóconym potoku odpowiada pozornemu natężeniu ruchu $z_G \quad N_G = N_G \text{ sam/h}$.

Wobec tego równania (33) i (34) mogą przybrać kolejno postać:

$$N_P = N_G \sum_{k=1}^{\infty} \exp \{-k \alpha_{zp}\} \quad (35)$$

$$N_P = \frac{N_G}{\exp \{\alpha_{zp}\} - 1} \quad (36)$$

gdzie wyrażenie zastępuje:

$$\alpha_{zp} = \frac{w_p \cdot z_G \cdot N_G}{3600} = \frac{w_p \cdot N_G^*}{3600}$$

nazywane jest wskaźnikiem wstrzymywania ruchu w węźle, czyli utrudnienia przepływu w węźle, doznawanego przez potok podporządkowany. Wskaźnik ten zwiększa się przy wzroście pozornego natężenia ruchu potoku głównego N_G^* i przerwy czasowej wymaganej dla włączenia się w potok główny.

Równanie (34), a w konsekwencji również równanie (36) można także napisać w postaci:

$$N_P = \gamma_p \cdot N_G \quad (37)$$

gdzie wyrażenie zastępcze:

$$\chi_p = \frac{1}{\exp \lambda \lambda_{zp} - 1}$$

nazywane jest wskaźnikiem dopływu ruchu do węzła. Pomnożenie natężenia ruchu na drodze głównej N_G przez wskaźnik χ_p pozwala określić liczbę pojazdów na drodze podporządkowanej N_p , mogących włączyć się w potok główny w ciągu 1 h.

6.3. Prawdopodobieństwo lewoskrętnego włączania się potoku podporządkowanego w główny potok samochodów

Przy lewoskrętnym manewrze włączania samochód podporządkowany przecina najpierw potok lub strumień przeciwnego kierunku, a następnie dopiero włącza się w potok lub strumień kierunku zgodnego z punktu widzenia organizacji ruchu drogowego. Dla wykonania tego manewru samochód podporządkowany musi znaleźć odpowiednie przerwy czasowe: jedną dla przecięcia potoku przeciwnego i drugą umożliwiającą mu włączenie się w potok zgodny.

Zachodzi przeto pytanie, jakie jest prawdopodobieństwo wykonania tego manewru w określonym przedziale czasu $/np. 1 h/$. Odpowiedzią na to pytanie winna być wykazana liczba samochodów potoku podporządkowanego mogących w tym czasie $/= 1h/$ przeciąć potok przeciwny o natężeniu N'_G i włączyć się lewoskrętem w potok zgodny o natężeniu N''_G .

W obu potokach na drodze głównej występuje zakłócenie ciągłości ruchu, wobec czego można wykazać, że przy odpowiednich wskaźnikach zakłócenia tej ciągłości z'_G i z''_G prawdopodobieństwo pojawienia się w potoku przeciwnym przerwy czasowej

dłuższej niż w_1 s wynosi:

$$P'_G = \exp / - \frac{w_1 \cdot z'_G \cdot N'_G}{3600} / \quad (38)$$

podczas gdy w potoku zgodnym:

$$P''_G = \exp / - \frac{w_1 \cdot z''_G \cdot N''_G}{3600} / \quad (39)$$

Prawdopodobieństwo wystąpienia w obu potokach przerwy czasowej dłuższej niż w_1 s wyraża iloczyn obu powyższych prawdopodobieństw:

$$\begin{aligned} P_G &= P'_G \cdot P''_G = \\ &= \exp / - \frac{w_1 \cdot z'_G \cdot N'_G}{3600} / \cdot \exp / - \frac{w_1 \cdot z''_G \cdot N''_G}{3600} / \\ &= \exp / - \frac{w_1 \cdot N^*_{\Sigma G}}{3600} / \cdot \exp / - \frac{w_1 \cdot N^{*''}_{\Sigma G}}{3600} / \\ &= \exp / - \frac{w_1 \cdot N^*_{\Sigma G}}{3600} / \quad (40) \end{aligned}$$

Równanie (40) wykazuje, że pozorne natężenie ruchu w przekroju poprzecznym drogi głównej $N^*_{\Sigma G}$ stanowi sumę pozornych natężeń w obu kierunkach, czyli:

$$\begin{aligned} N^*_{\Sigma G} &= N^*_{\Sigma G} + N^{*''}_{\Sigma G} = \\ &= z' \cdot N'_G + z'' \cdot N''_G \\ &= z_{\Sigma G} \cdot N_{\Sigma G} \quad (41) \end{aligned}$$

wobec tego, iż:

$$N_{\Sigma G} = N'_G + N''_G \quad (42)$$

przeło przez analogię do wywodów przy prawoskrętnym manewrze włączeniowym można wykazać, że prawdopodobna liczba samochodów potoku podporządkowanego, mogących wykonać lewoskrętny manewr włączenia w potok główny w ciągu 1 h wynosi:

$$N_p = \frac{N \cdot G}{\exp / \alpha_{z1} / - 1} \quad (43)$$

gdzie wyrażenie zastępcze:

$$\begin{aligned} \alpha_{z1} &= \frac{w_1 \cdot zGE \cdot N \sum G}{3600} = \\ &= \frac{w_1 \cdot N^* \sum G}{3600} \end{aligned}$$

z którego analizy można wyciągnąć wniosek, iż dla ustalenia wartości wskaźnika wstrzymywania potoku podporządkowanego α_{z1} w węźle miarodajne jest natężenie ruchu w całym przekroju poprzecznym drogi głównej. Przerwa czasowa w_1 stanowi przy tym wartość średnią, uzależnioną strukturą ruchu drogowego.

Równanie (43) zapisać można także w zależności natężenia potoku podporządkowanego od wskaźnika jego dopływu do węzła γ_1 :

$$N_p = \gamma_1 \cdot N \sum G \quad (44)$$

gdzie wyrażenie zastępcze /wskaźnik/:

$$\gamma_1 = \frac{1}{\exp / \alpha_{z1} / - 1}$$

6.4. Prawdopodobieństwo przecięcia potokiem podporządkowanym głównego strumienia samochodów

Przecinanie strumienia głównego możliwe jest tylko przy występowaniu odpowiednich przerw czasowych w obu kierunkowych

potokach ruchu na drodze głównej. Podobnie jak w przypadku lewoskrętnego włączania się potoku podporządkowanego w główny potok samochodów, również tutaj występuje zakłócenie ciągłości ruchu na drodze głównej.

W przypadku przecinania strumienia głównego potokiem podporządkowanym, wymagania w stosunku do przerw czasowych w obu przeciwnokierunkowych potokach głównych są takie same, jak przy lewoskrętnym manewrze włączeniowym.

Prawdopodobną liczbę samochodów potoku podporządkowanego, mogących w ciągu 1 h przeciąć główny potok samochodów określa równanie:

$$N_P = \frac{N \sum G}{\exp / \alpha_{zk} / - 1} \quad (45)$$

gdzie wyrażenie zastępcze:

$$\alpha_{zk} = \frac{w_k \cdot \sum G \cdot N \sum G}{3600} = \frac{w_k \cdot N \sum G}{3600}$$

jest wskaźnikiem wstrzymywania potoku podporządkowanego przy średniej wartości granicznej przerwy czasowej w_k s wymaganej dla bezpiecznego wykonania manewru przecinania.

Równanie 45 można zapisać także w postaci:

$$N_P = \lambda_k \cdot N \sum G \quad (46)$$

gdzie wyrażenie zastępcze:

$$\lambda_k = \frac{1}{\exp / \alpha_{zk} / - 1}$$

7. Przepustowość jednopoziomowego skrzyżowania prostego

Dla każdego znanego lub założonego rozkładu kierunkowego ruchu w zwykłym węźle drogowym może być ustalona jego przepustowość w oparciu o omówione uprzednio prawdopodobieństwo przepływu przez ten węzeł potoku podporządkowanego w określonych warunkach działania potoku lub strumienia głównego. Każdy punkt włączania i przecinania należy przy tym sprawdzić, czy przepuszcza on wymaganą ilość ruchu.

Przy skrzyżowaniu dróg najniekorzystniej wpływa na przepustowość węzła ta ilość ruchu podporządkowanego, która skierowuje się na lewo $/L/$ i na wprost $/K/$. Wobec tego największą liczbę samochodów potoku podporządkowanego, jaką w ciągu $1 h$ przejąć może punkt położony na torze ruchu prostego i lewo-skrętnego określa równanie:

$$N_{p_s} = \frac{N_{\sum G}}{/L + K/ \exp /\alpha_{zk}/ - 1}$$

$$= \frac{\delta k}{L + K} \cdot N_{\sum G} \quad (47)$$

W tabelicy 8 zestawione są wartości $\exp /\alpha/$ dla wskaźnika wstrzymywania ruchu podporządkowanego w skrzyżowaniu α od 0,00 do 4,00. Przy większej wartości wskaźnika α ilość ruchu włączającego się w węzeł z drogi podporządkowanej jest tak znikomą, że w praktyce ruchu tego w węźle uwzględniać nie można.

Gdy sumaryczne natężenie ruchu na drodze głównej $N_{\sum G}$ równe jest przepustowości jej przekroju poprzecznego $Q_{\sum G}$ /tj. gdy $N_{\sum G} = Q_{\sum G}/$, lub gdy natężenie strumienia /potok"/

głównego N_G równe jest przepustowości odpowiedniego pasma /pasma/ ruchu jednego kierunku Q_G /tj. gdy $N_G = Q_G/$, wtedy największa liczba samochodów potoku podporządkowanego N_P jaką w ciągu 1 h przejąć może punkt położony na torze ruchu tych samochodów w skrzyżowaniu jednopoziomowym stanowi przepustowość dojazdu podporządkowanego /tj. że $N_P = Q_P/$.

Wobec tego przepustowość takiego skrzyżowania w istniejących warunkach drogowo - ruchowych może być określona równaniem:

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 Q_G + 2 Q_P \\
 &= Q_{\Sigma G} + \frac{2 Q_{\Sigma G}}{L + K / [\exp / \alpha_{zk} / - 1]} \\
 &= Q_{\Sigma G} \left\{ 1 + \frac{2}{L + K / \exp / \alpha_{zk} / - 1} \right\} \\
 &= Q_{\Sigma G} \left[1 + \frac{2 \delta k}{L + K} \right] \quad (48)
 \end{aligned}$$

Tablica 8

Wartość $\exp/\alpha/$ dla wskaźnika wstrzymywania ruchu bocz-
nego α od 0,00 - 4,00

α	$\exp/\alpha/$	α	$\exp/\alpha/$	α	$\exp/\alpha/$	α	$\exp/\alpha/$
0,00	1,0000	1,00	2,7183	2,00	7,3891	3,00	20,086
,05	,0513	,05	,8577	,05	,7679	,05	21,115
,10	,1052	,10	3,0042	,10	8,1662	,10	22,198
,15	,1618	,15	,1565	,15	,5849	,15	23,336
,20	,2214	,20	,3201	,20	9,0250	,20	24,533
,25	,2840	,25	,4903	,25	,4977	,25	25,790
,30	,3499	,30	,6693	,30	,9742	,30	27,113
,35	,4191	,35	,8574	,35	10,486	,35	28,503
,40	,4918	,40	4,1552	,40	11,023	,40	29,964
,45	,5683	,45	,2631	,45	,588	,45	31,500
,50	,6487	,50	,4817	,50	12,182	,50	33,115
,55	,7333	,55	,7115	,55	,807	,55	34,813
,60	,8221	,60	,9530	,60	13,464	,60	36,598
,65	,9155	,65	5,2070	,65	14,154	,65	38,475
,70	2,0138	,70	,4739	,70	,880	,70	40,447
,75	,1170	,75	,7546	,75	15,643	,75	42,521
,80	,2255	,80	6,0496	,80	16,445	,80	44,701
,85	,3396	,85	,3598	,85	17,288	,85	46,993
,90	,4596	,90	,6859	,90	18,174	,90	49,402
,95	,5857	,95	7,0287	,95	19,106	,95	51,935
1,00	,7183	2,00	,3891	3,00	20,086	4,00	54,598

Literatura

1. Dorfwirth J.R.: Wartezeit und Rückstau von Kraftfahrzeugen an nicht signalgeregelten Verkehrsknoten. Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen, Neue Folge, H.43. Kirschbaum Verlag, Bad Godesberg 1961.
2. Drew D.R.: Traffic Flow Theory and Control. Mac Graw - Hill Book Co., Inc. New York 1969.
3. Grabe W.: Leistungsermittlung von nicht lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten des Strassenverkehrs. Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen. Neue Folge, H. 11. Kirschbaum Verlag, Bad Godesberg 1954.
4. Krell K.: Theorie der Zeitlücken von Strassenverkehrsströmen. Strassenverkehrstechnik 1958, H. 3.
5. Matson T.M., Smith W.S., Hurd F.W.: Traffic Engineering. Mac Graw-Hill Book Co. Inc. New York 1955.
6. PN-58/N-01051. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Terminy, określenia i symbole
7. Tablice statystyczne. Oprac. T. Czechowski i in. Red. W. Sadowski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1957.

THEORY OF INTERFERENCE OF SUBORDINATE CAR-STREAM
WITH MAIN STREAM AT ONE-LEVEL SIMPLE CROSSING

Summary

In this paper there has been presented the theory of forming of traffic conditions at such crossing with right and left-turn of subordinate car-stream inclusion in the main stream and with intersection of main stream by the secondary one.

Particularly there have been described: traffic stream as stochastic body, mathematical model of continuous traffic flow and uncontinuous one /traffic flow continuity disturbance, formation of car-queues on the road, settlement of indicator for flow continuity disturbance/, areas of threat of traffic safety at different car manoeuvres of subordinate flow /inclusion, crossing/, probability of right-turn inclusion of subordinate flow into the main car flow at continuous and uncontinuous car flow, probability of left-turn inclusion into the main flow and crossing of it at least capacity of one-level simple crossing.

ТЕОРИЯ ВМЕШАТЕЛЬСТВА ПОДЧИНЕННОГО ПОТОКА
АВТОМАШИН В ГЛАВНЫЙ ПОТОК НА ПРОСТОМ
НАХОДЯЩИМСЯ НА ОДНОМ УРОВНЕ ПЕРЕКРЁСТКЕ

Резюме

В работе представлена теория формирования условий движения на таком перекрёстке при право- и левоповоротном включении подчиненного потока в главный поток автомашин, а также при пересечении главного потока подчиненным потоком.

Подробно описаны: поток автомобильного движения, как стохастическое множество, математическая модель непрерывного потока автомобильного движения и потока прерываемого /нарушение непрерывного потока, образование пробок на дороге, определение показателя нарушения непрерывного потока/, участки опасные в отношении безопасности движения при разных маневрах автомашин подчиненного потока /включения в движение, пересечения/, вероятность правоповоротного включения подчиненного потока в главный поток автомашин в условиях непрерывного и прерываемого потока, вероятность левоповоротного включения в главный поток и пересечения его, а также пропускная способность простого, находящегося на одном уровне, перекрестке.

Tomasz Szczuraszek

ROZWIĄZANIE WYSOKOŚCIOWE ODGAŁĘZIEN DRÓG

Praca niniejsza obejmuje wysokościowe rozwiązanie odgałęzień dróg uwzględniające różną geometrię ich kształtu, które można także wykorzystać do rozwiązania placów.

Na bazie ogólnych wzorów określających pochylenia

$$i_w = i_1 \times \cos \alpha + i_0 \times \sin \alpha$$

$$i_b = i_0 \times \cos \alpha + i_1 \times \sin \alpha$$

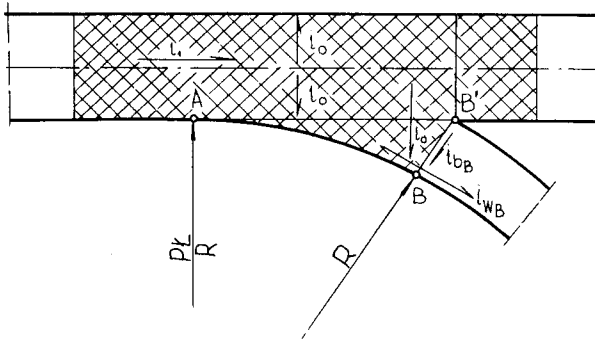
rozwiązano analitycznie sposób wyznaczania poszczególnych spadków oraz opracowano nomogramy i sposób wykorzystania tablic dla ustalenia rzędnych wysokościowych.

1. Wstęp

Bardzo istotnym i ważnym elementem skrzyżowań, zarówno jednopoziomowych jak i wielopoziomowych /węzłów/ jest konstrukcja odgałęzień dróg, czyli jezdni relacji skrzyżowanych oraz urządzeń dla zapewnienia bezpiecznego przyspieszania lub opóźniania ruchu pojazdów skręcających.

Odgałęzienia te należy odpowiednio skonstruować pod względem przekrojów poprzecznych jezdni, ustalając właściwą wielkość przechyłki i jej zgodność z kierunkiem łuku.

Konstrukcja włączenia z drogi głównej, bez względu na to czy projektowany jest pas zmiany prędkości czy nie, powinna być zgodna co do kierunku i wielkości z pochyleniem jezdni drogi głównej. Daje to jedyną możliwość płynnego powiązania dwóch dróg. Pokazana na rysunku 1 powierzchnia zakreskowana przedstawia takie rozwiązanie.



Rys. 1. Płaszczyzna jednostajnego pochylenia na odgałęzieniach dróg

Płaszczyzna $AB'B$ stanowi płynne przedłużenie powierzchni drogi głównej. Stąd krawędź wewnętrzna drogi bocznej $/AB/$ lub oś w obrębie odgałęzienia stanowi krzywą przestrzenną związaną funkcyjnie:

- a/ ze spadkiem podłużnym i_1 drogi głównej
- b/ ze spadkiem poprzecznym i_0 drogi głównej
- c/ kształtem w planie drogi głównej
- d/ kształtem w planie drogi bocznej

Geometrycznie ujmując możemy napisać, że pochylenie podłużne tej krzywej równe jest pochyleniu linii ściśle stycznej w rozpatrywanym punkcie. Zmienia się ono co do kierunku i wielkości oraz wraz ze wzrostem odległości od punktu początkowego A.

Ponieważ zależności w omawianym obszarze pola $AB'B$ wzajemnie się ograniczają, wszelkie dodatkowe rozwiązania można wprowadzać dopiero poza przekrojem BB' . Dotyczy to w szczególności zmiany nachylenia poprzecznego /rampy drogowej/. Wskazane byłoby też, zwłaszcza dla włączeń dróg bez pasa zmiany prędkości, aby istniejące w przekroju BB' pochylenie utrzymać na długości jednego pojazdu /10 m/ poza nim.

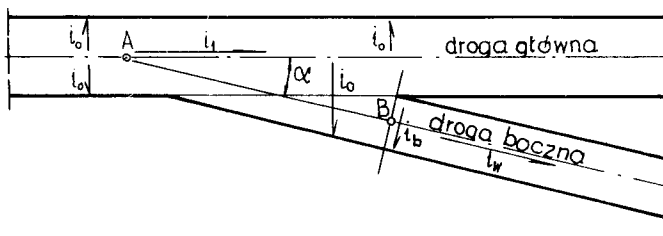
Artykuł niniejszy podaje w części matematyczne rozwiązania wysokościowe odgałęzień dla najczęściej spotykanych przypadków. Wprowadzone wzory dotyczą pochylenia podłużnego i poprzecznego oraz rzędnej wysokościowej w dowolnym punkcie krzywej odgałęźnej, ze szczególnym wyróżnieniem punktu B. Punkt ten interesuje nas najbardziej, ponieważ praktycznie stanowi granicę, za którą wolno teoretycznie dowolnie projektować niweletę drogi bocznej czy łącznikowej. W drugiej części artykułu podano przykład oraz rozwiązano możliwość korzystania z nomogramów przy praktycznej realizacji zadań projektowych.

2. Rozwiązania teoretyczne dla poszczególnych przypadków połączeń dwóch dróg

2.1. Przypadek ogólny

Schemat teoretycznego połączenia dwóch dróg przedstawiono na rysunku 2. Stanowi on bazę wprowadzenia do dalszych, już konkretnych przypadków.

Narzucona tutaj geometria krawędzi dróg i osi /linie proste/ powoduje wzdłuż ich stałość pochyłeń w obrębie odgałęzienia. Wartości tych pochyłeń na drodze bocznej można wyrazić za pomocą następujących wzorów:



Rys. 2. Schemat /teoretyczny/ połączenia dwóch dróg

- pochylenie podłużne drogi bocznej /spadek wypadkowy na kierunku AB/

$$i_w = i_1 \cos \alpha \pm i_0 \sin \alpha \quad (1)$$

- pochylenie poprzeczne na drodze bocznej /spadek wypadkowy na kierunku prostopadłym do AB/

$$i_b = i_0 \cos \alpha \pm i_1 \sin \alpha \quad (2)$$

Bezwzględna wartość różnicy rzędnych między pkt. A i B po przyjęciu za długość odcinka AB /rys.2/ wartości "a" wyniesie:

$$/ \Delta z_B / = a \times i_w \quad (3)$$

gdzie:

- i_1 - pochylenie podłużne na drodze głównej
- i_0 - pochylenie poprzeczne na drodze głównej
- α - kąt ostry zawarty między osią podłużną drogi głównej a osią podłużną drogi bocznej

Wzór (1) może służyć także do wyliczenia pochylenia linii o dowolnym kierunku, leżącej na płaszczyźnie będącej w pochyleniu podłużnym i_1 i poprzecznym i_0 .

Przy korzystaniu z przedstawionych wzorów należy zwrócić

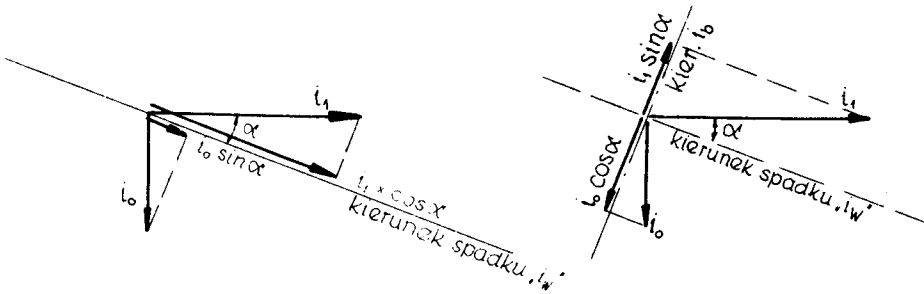
uwagę na znaki przed współczynnikami i_1 i i_0 . Problem ten rozwiązujemy zakładając, iż spadki drogi głównej w danym punkcie są wektorami na płaszczyźnie, o zwrotach i kierunkach zgodnych z pochyleniami. Ich rzuty na kierunek poszukiwanego spadku wypadkowego pozwalają określić wartości znaków współczynników przed i_1 i i_0 .

Przyjmując dla uproszczenia, że zwroty pochylenia podłużnego i_1 przy ustalaniu i_w i i_0 przy ustalaniu i_b są dodatnie, wzory (1) i (2) dla konkretnego przypadku przedstawionego na rysunku 2 będą wyglądały następująco:

$$i_w = i_1 \cos \alpha + i_0 \sin \alpha \quad (1')$$

$$i_b = i_0 \cos \alpha - i_1 \sin \alpha \quad (2')$$

Przypadek ten pokazano na rysunku 3.

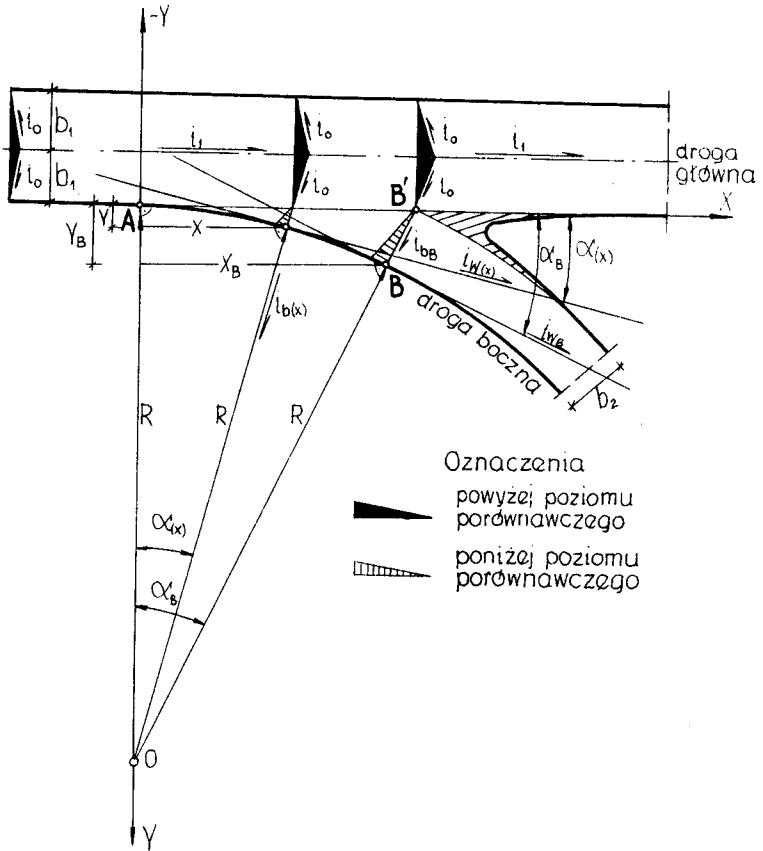


Rys. 3. Geometryczne określenie pochylenia wypadkowego i boczego

2.2. Droga główna prosta, droga boczna w łuku

W praktyce konstrukcję połączenia drogi głównej z boczną wykonuje się często przy pomocy łuku kołowego /rys. 4/.

Zakładając dla tego przypadku początek układu współrzędnych



Rys. 4. Odgańlenie dróg: droga główna w prostej, droga boczna w łuku kołowym

nych XYZ w punkcie A, krawędź AB można określić przy pomocy następującego układu równań:

$$x = \sqrt{Y/2R - Y/4} \quad (4a)$$

$$z = \pm x \cdot i_1 \pm \sqrt{R^2 - x^2} \cdot i_0 \quad (4b)$$

gdzie:

R - promień krawędzi wewnętrznej drogi bocznej

i_1 i i_0 - jak poprzednio

Pochylenie podłużne jak i poprzeczne w dowolnym punkcie krzywej AB, jak już zaznaczono, ma wartość zmienną. Zależy ona między innymi od wartości odciętej X.

$$i_{w/x/} = i_1 \cdot \cos \alpha_{/x/} \pm i_0 \cdot \sin \alpha_{/x/} \quad (5)$$

$$i_{w/x/} = i_1 \cdot \frac{\sqrt{R^2 - X^2}}{R} \pm i_0 \cdot \frac{X}{R} \quad (6)$$

$$i_{b/x/} = i_0 \cos \alpha_{/x/} \pm i_1 \cdot \sin \alpha_{/x/} \quad (7)$$

$$i_{b/x/} = i_0 \frac{\sqrt{R^2 - X^2}}{R} \pm i_1 \cdot \frac{X}{R} \quad (8)$$

Opierając się na wzorach (5) i (7) dla punktu B otrzymujemy:

$$i_{w_B} = i_1 \cdot \frac{R}{R + b_2} \pm i_0 \cdot \frac{\sqrt{b_2/2R + b_2'}}{R + b_2} \quad (9)$$

$$i_{b_B} = i_0 \frac{R}{R + b_2} \pm i_1 \frac{\sqrt{b_2/2R + b_2'}}{R + b_2} \quad (10)$$

gdzie:

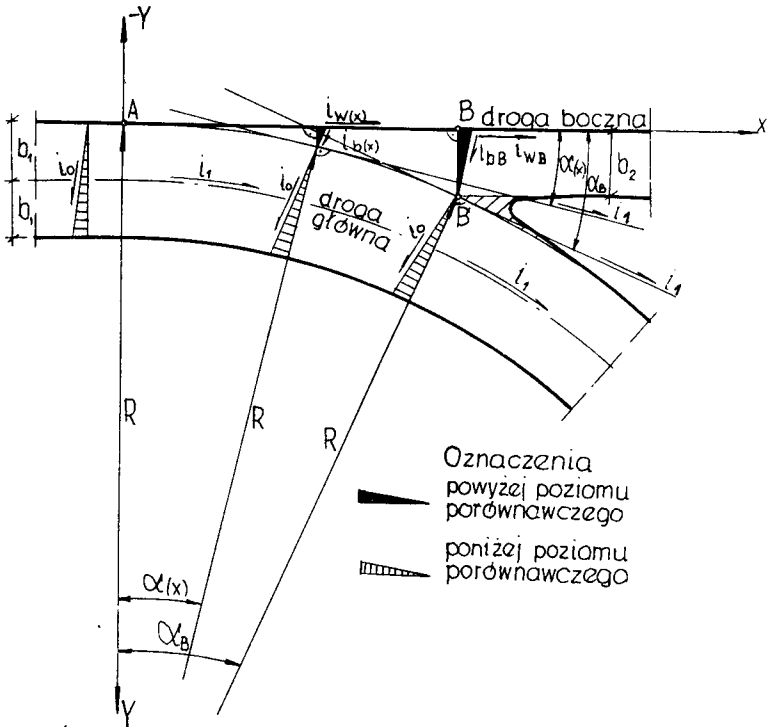
b_2 - szerokość drogi bocznej

α - kąt ostry zawarty między osią drogi głównej a styczną w rozpatrywanym punkcie krzywej AB

W powyższych wzorach uwzględniono założenia co do znaków przed współczynnikami i_1 i i_0 zgodnie z punktem 2.1.

2.3. Droga główna w łuku - boczna prosta

Określając podobnie układ współrzędnych XYZ jak w punkcie 2.2., krzywą AB dla tego przypadku /rys.5/ można przedstawić



Rys. 5. Odgaślenie dróg: droga główna w łuku kołowym, droga boczna w prostej

wić przy pomocy następującego układu równań:

$$Y = 0 \quad (11a')$$

$$z_{/x/} = \pm R \arcsin \frac{X}{R} i_1 \pm /R - \sqrt{R^2 - X^2}/ \cdot i_{b/x/} \quad (11b')$$

gdzie:

R - promień krawędzi zewnętrznej drogi głównej

Pomimo iż krawędź wewnętrzna drogi bocznej przedstawia geometrycznie prostą, to jednak pochylenie podłużne / wypadkowe/ wzdłuż niej ma też wartość zmienną na długości. Stały jest jedynie jej kierunek.

Podobnie zachowuje się pochylenie poprzeczne.

Zależności te wynikają ze stałości pochylenia podłużnego drogi głównej przebiegającej w łuku.

Przypadek powyższy jest podobny do poprzedniego, wobec czego szukane pochylenia można wyrazić przy pomocy wzorów:

$$i_{w/x/} = i_1 \cdot \frac{\sqrt{R^2 - X^2}}{R} \pm i_0 \cdot \frac{X}{R} \quad (12)$$

$$i_{b/x/} = i_0 \cdot \frac{\sqrt{R^2 - X^2}}{R} \pm i_1 \frac{X}{R} \quad (13)$$

Dla punktu B otrzymamy:

$$i_{w_B} = i_1 \frac{R - b_2}{R} \pm i_0 \frac{\sqrt{b_2/2R - b_2/}}{R} \quad (14)$$

$$i_{b_B} = i_0 \frac{R - b_2}{R} \pm i_1 \frac{\sqrt{b_2/2R - b_2/}}{R} \quad (15)$$

2.4. Droga główna i boczna w łukach o tych samych zwrotach.

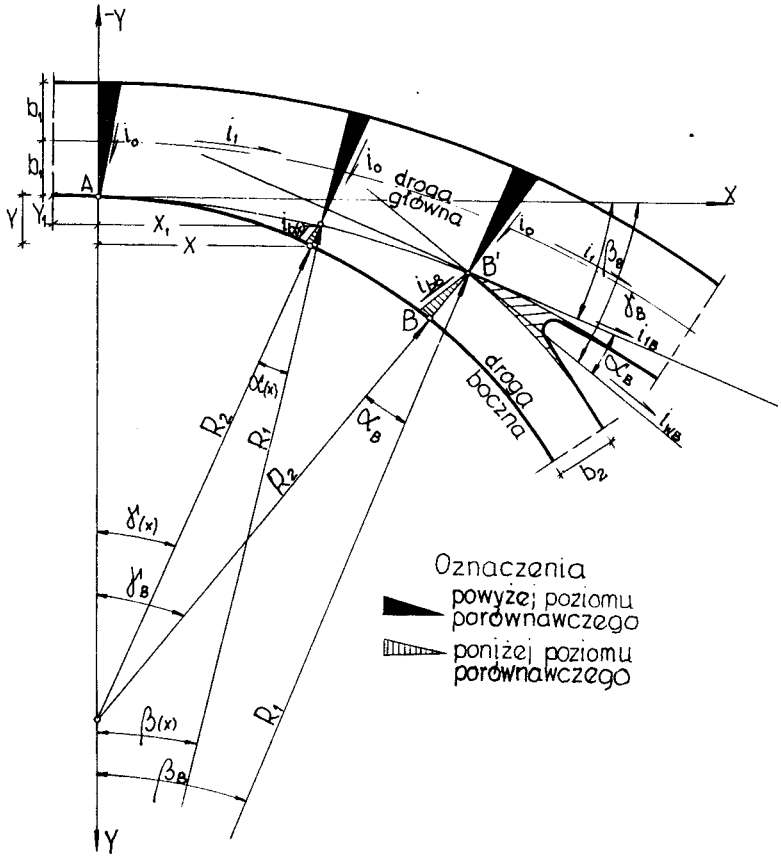
Krzywą przestrzenną AB krawędzi wewnętrznej włączenia drogi łącznikowej do drogi głównej w łuku /rys.6/ wyznaczają w układzie współrzędnych XYZ równania:

$$X = \sqrt{Y/2R_2 - Y/} \quad (16a)$$

$$Z/x/ = \pm R_1 / \arcsin \frac{X_1}{R_1} / i_1 \pm R_2 / \frac{X_1}{X} - 1/ \cdot i_{b/x/} \quad (16b)$$

gdzie:

X_1 - odcięta łuku krawędzi wewnętrznej drogi głównej



Rys. 6. Odgańlenie dróg: droga główna i boczna w łukach kołowych

$$x_1 = \frac{R_1}{R_2} x \left[\sqrt{1 - x^2 / \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} / 2} - \frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2} / R_2 - y \right] \quad (17)$$

R_1 - promień krawędzi wewnętrznej drogi głównej

R_2 - promień krawędzi wewnętrznej drogi bocznej

Zgodnie ze wzorami (1) i (2) dla rozpatrywanego przypadku otrzymuje się

- w dowolnym punkcie krzywej:

$$i_{w/x/} = \sqrt{1 - x^2/\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}/2} \cdot i_1 + \frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2} x \cdot i_0 \quad (18)$$

$$i_{b/x/} = \sqrt{1 - x^2/\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}/2} \cdot i_0 + \frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2} x \cdot i_1 \quad (19)$$

- w punkcie B

$$i_{w_B} = \left[1 - \frac{b_2/b_2 + 2R_2/}{2R_1/R_2 + b_2/} \right] i_1 + \frac{\sqrt{b_2/b_2 + 2R_2/} \cdot \sqrt{4R_1/R_1 - R_2/ - b_2/b_2 + 2R_2/}}{2R_1/R_2 + b_2/} i_0 \quad (20)$$

$$i_{b_B} = \left[1 - \frac{b_2/b_2 + 2R_2/}{2R_1/R_2 + b_2/} \right] i_0 + \frac{\sqrt{b_2/b_2 + 2R_2/} \cdot \sqrt{4R_1/R_1 - R_2/ - b_2/b_2 + 2R_2/}}{2R_1/R_2 + b_2/} i_1 \quad (21)$$

2.5. Droga główna - prosta, boczna w krzywiźnie o zmiennym promieniu

Zakładając, że krawędź AB stanowi na płaszczyźnie poziomej kłotoidę /rys.7/ oraz przyjmując, że zniekształcenia tej krzywej w płaszczyźnie opracowania są zaniedbywane, w układzie przestrzennym XYZ przedmiotowy przypadek opisują następujące równania:

$$a = \sqrt{R L} = \text{const.} \quad (22a)$$

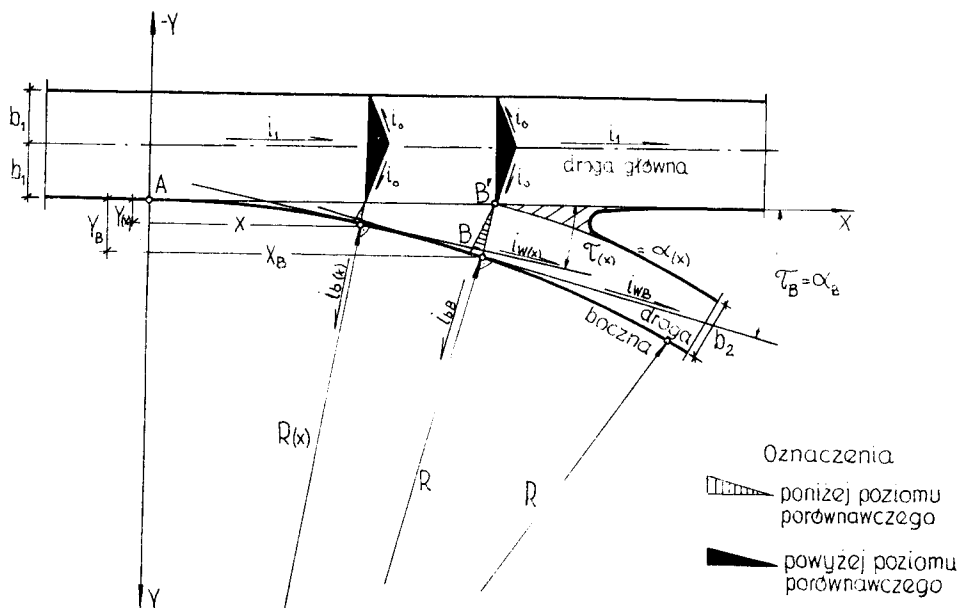
$$Z = X i_1 + Y i_0 \quad (22b)$$

gdzie:

R - promień krawędzi wewnętrznej drogi bocznej w danym punkcie

a - parametr kłotoidy

L - długość kłotoidy



Rys. 7. Odgałęzienie dróg: droga główna w prostej, droga boczna w łuku klotoidalnym

Spadki w dowolnym punkcie na krzywej AB określają wzory 5 i 7, w których:

$$\alpha_{/x/} = \tau_{/x/} = \frac{a^2}{2R^2_{/x/}} \quad (23)$$

W szczególności w punkcie B będzie

$$\alpha_{/x/} = \alpha_B = \tau_B = \frac{a^2}{2R^2} \quad (24a)$$

oraz $R_{/x/} = R \quad (24b)$

3. Praktyczne zastosowanie proponowanych rozwiązań przy projektowaniu wysokościowym

3.1. Ustalenie wartości pochyłeń wypadkowych

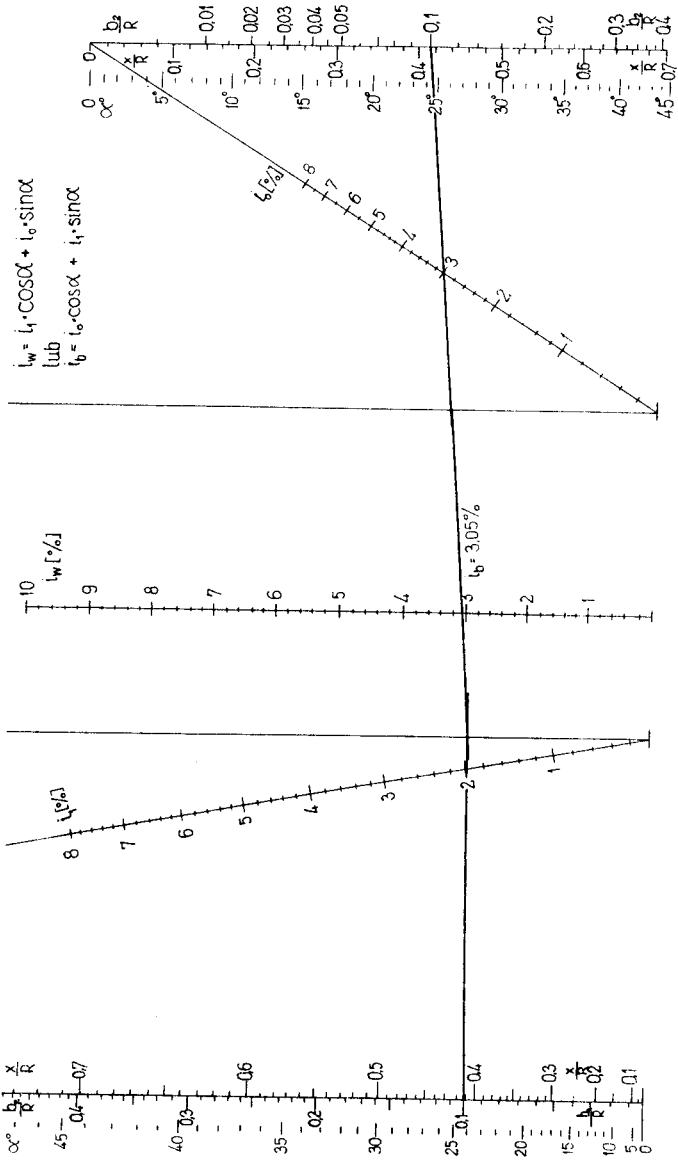
Wszystkie rozpatrywane przypadki połączeń dwóch dróg wykazują we wzorach na pochylenia pewną analogię. Ich wspólną bazą jest wzór 1 : $i_w = i_1 \cos \alpha + i_0 \sin \alpha$. Stąd też stanowił on podstawę do budowy nomogramów /rys.8 i 9/, które dają możliwość stosunkowo szybkiego i dokładnego określenia wartości pochyłeń.

Przed skorzystaniem z nich należy pamiętać, aby określić znaki wyrażeń występujących w tym wzorze dla konkretnego, rozpatrywanego przypadku. Objasnienie tego problemu zostało przedstawione w punkcie 2.1.

Nomogramy powyższe służą w zasadzie do odczytywania wartości i_w , to jest pochylenia podłużnego w dowolnym punkcie drogi bocznej.

Chcąc jednak ustalić wartość pochyłeń poprzecznych w tych punktach / i_b /, wystarczy na osi i_0 odczytywać wartości i_1 , a na osi i_1 wartości i_0 .

Przykładowo podamy, że mając układ przedstawiony na rys.4 /droga główna prosta, boczna w łuku/, wartościami wejściowymi do nomogramów będą: $\frac{b_2}{R}$ przy ustalaniu pochyłeń w punkcie B i $\frac{X}{R}$ dla dowolnego punktu, bądź dla obu możliwości kąt α . Wielkości te zamieszczone są na dwóch poziomych osiach skrajnych. Natomiast dla przypadku przedstawionego na rysunku 5 /droga główna w łuku, boczna prosta/, należy na osi $\frac{b_2}{R}$ nomogramu odczy-



Rys. 8. Nomogram do określenia wielkości pochyłych

tywać wartości $\frac{b_2}{R - b_2}$ pamiętając, że wartość R stanowi promień krawędzi zewnętrznej łuku drogi głównej. Dla dowolnego punktu wejście do nomogramu jest $\frac{X}{R}$ lub α .

Jeżeli krawędź wewnętrzna drogi bocznej posiada konstrukcję klotoidy /rys.7/ , wówczas "współczynnikiem wejściowym" jest kąt α . Jego wartość można określić z tablic Lipińskiego, przy czym dla punktu B "wejście" do tablicy I /tom II/ powinno nastąpić do kolumny 12 wartością $n = \frac{b_2}{a}$. Dla dowolnego punktu do kolumny 6 wartością $\frac{X}{R}$.

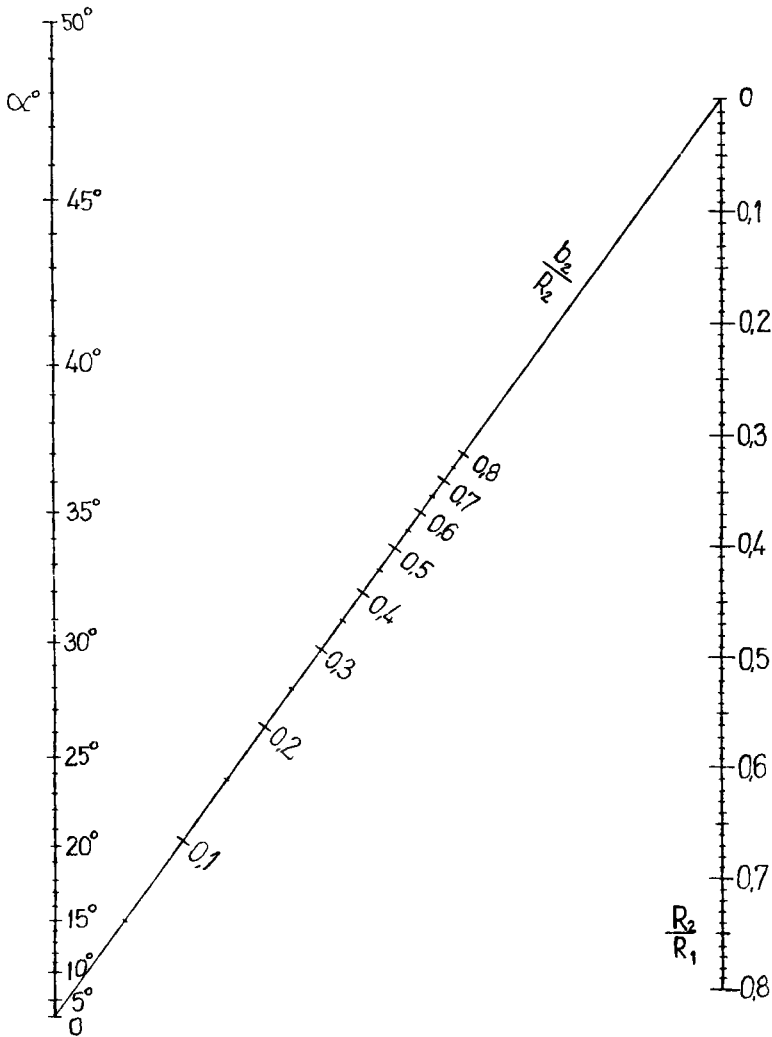
Podobnie kąt α stanowi "współczynnik wejściowy" dla przypadku odgałęzienia dwóch dróg będących łukami o tych samych zwrotach /rys.6/ . Wartość jego należy uprzednio określić na podstawie nomogramów: rysunek 10 dla punktu B lub rysunek 11 dla dowolnego punktu odgałęzienia.

Wszystkie dotychczasowe rozważania oparto na założeniu stałych wartości pochyłeń drogi głównej w obrębie odgałęzienia.

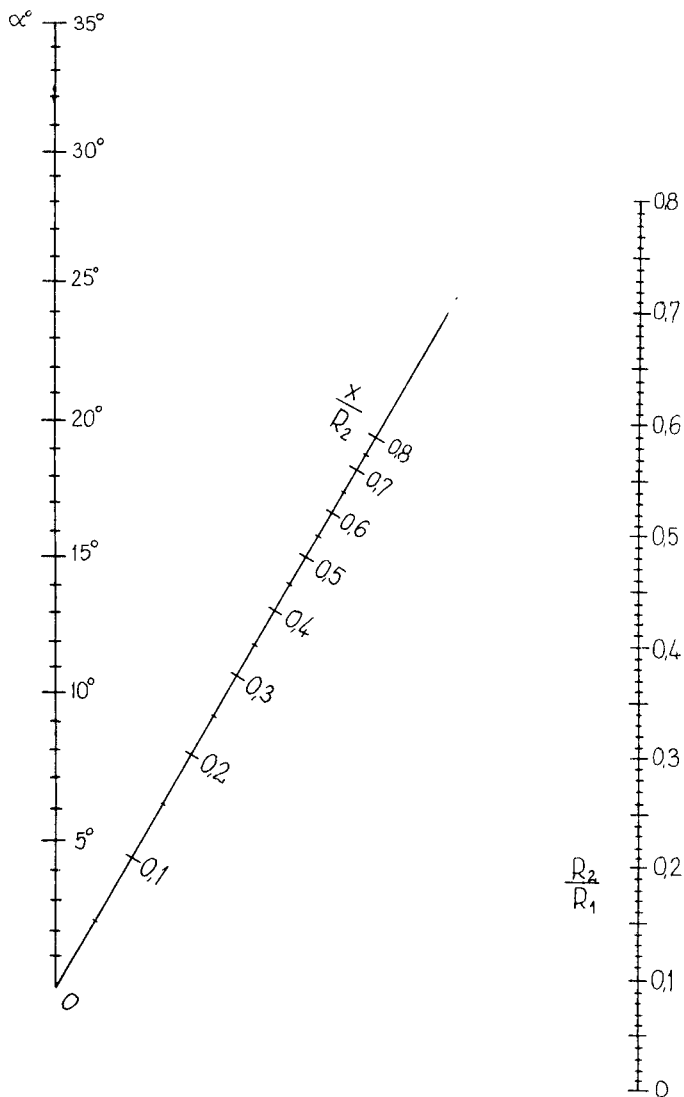
W momencie zaprojektowania na niej łuku pionowego, wartość pochylenia podłużnego staje się zmienna /rys.12/. W tym przypadku należy najpierw ustalić wartości pochylenia w konkretnym punkcie /odpowiadającym punktowi na drodze bocznej , w którym liczymy pochylenia wypadkowe , np. dla punktu B punkt' B'//, aby uznać tę wielkość za i_1 .

Wzór na ustalenie spadku wypadkowego w dowolnym punkcie łuku pionowego można zapisać z wystarczającą dokładnością dla celów praktycznych w postaci przybliżonej:

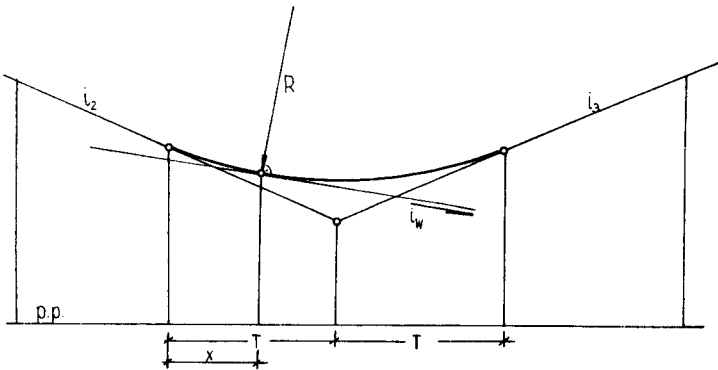
$$i_w = i_2 - \frac{X}{R} \quad (25)$$



Rys. 10. Nomogram do określenia współczynnika " l " w punkcie B odgałęzienia, dla przypadku dwóch dróg w łukach kołowych



Rys. 11. Nomogram do określenia współczynnika " x " w dowolnym punkcie odgałęzienia, dla przypadku dwóch dróg w łukach kołowych



Rys. 12. Pochylenie podłużne w dowolnym punkcie łuku pionowego
gdzie:

i_2 - spadek w punkcie styczności łuku pionowego, od którego
mierzy się odciętą x

R - promień łuku pionowego

Z powyższego wzoru wynika, iż jeżeli ułamek $\frac{x}{R} > i_2$ wówczas i_w uzyskuje pochylenie o kierunku odwrotnym od i_2 .

3.2. Ustalenie wielkości rzędnych niwelety odgałęzienia

W celu jednoznacznego określenia punktu niwelety, konieczne jest, oprócz położenia sytuacyjnego punktu, podanie jego rzędnej wysokościowej.

Wykorzystanie do tego celu nomogramów nie spełnia żądanej dokładności. Dla większości rozpatrywanych przypadków odgałęzień można z powodzeniem wykorzystać tablice do tyczenia krzywych Lipińskiego. Zagadnienie to sprowadza się do poszukania różnicy rzędnych między punktem początkowym odgałęzienia leżą-

cym na płaszczyźnie jezdni drogi głównej /na rysunkach oznaczonym jako punkt A/ a dowolnym interesującym nas punktem krzywej zjazdu lub wjazdu.

3.2.1. Droga główna prosta, boczna w łuku /rys.4/ .

Dla opisanego w tytule przypadku bezwzględną wartość różnicy rzędnych Δz między dowolnym punktem na krzywej AB a punktem A /rys.4/ najprościej ustalić posługując się tablicą II /Lipiński - tom I/ oraz wzorem:

$$|\Delta z| = x \cdot i_1 \pm y \cdot i_0 \quad (26)$$

Przy ustalaniu wartości Δz dla punktu B dokonujemy "wejścia" do tablic wartością:

$$y_B = b_2 \cos \alpha = b_2 \frac{R}{R + b_2}$$

Korzystanie z tablic II wymaga przeprowadzenia interpolacji przy szukaniu x_B , gdyż tablice te zestawione są tylko dla niektórych wartości promieni R i odciętych x co 5 lub 10 m. Dokładniej zadanie to można wykonać przy pomocy tablic I. Zakładając, że odcinek AB krawędzi wewnętrznej stanowi połowę łuku /PSK/, to szerokość jezdni BB' równa b_2 może być uważana jako odstęp /WS/ tego łuku podwójnego. Jej wartość w łuku jednostkowym równa $\frac{b_2}{R}$ stanowi "wejście" do kolumny drugiej.

W odszukanym wierszu w kolumnie I odczytujemy wartość stycznej $tg = \frac{\alpha'}{2}$, która po pomnożeniu przez R daje długość odcinka AB' .

Ostatecznie:

$$|\Delta z_B| = AB' \cdot i_1 \pm b_2 \cdot i_{b_B} \quad (27)$$

3.2.2. Droga główna w łuku, boczna prosta /rys.5/

Podobnie jak w przypadku poprzednim dla ustalenia różnicy rzędnych między dowolnym punktem na krawędzi AB a punktem A, wykorzystać można te same tablice Lipińskiego. "Wchodząc" do kolumny 2 tablic I wartością $\frac{b_2}{R - b_2}$ jako wielkością WS otrzymamy w wyszukany wierszu i kolumnie 5 długość jednostkową łuku PSK odpowiadającą podwójnej wartości AB'. Dzielać ją przez dwa i mnożąc przez R łuku otrzymamy terenową długość AB'.

Wówczas:

$$/\Delta z_B/ = \frac{AB'}{2} \cdot R \cdot i_1 \pm b_2 \cdot i_{b_B} \quad (28)$$

Dla dowolnego X "wejscie" do tablic będzie do kolumny 2 wartością $\frac{Y}{R - Y}$. Wartość Y można ustalić dla dowolnego X na podstawie tablic II.

$$/\Delta z_X/ = \frac{AB'/X}{2} \cdot R \cdot i_1 \pm Y \cdot i_{b/X} \quad (29)$$

3.2.3. Droga główna i boczna w łukach o tych samych zwrotach

/rys.6/

Różnicę rzędnych wysokościowych między punktami B i A określa wzór:

$$/\Delta z_B/ = R_1 \arcsin \frac{X'_B}{R_1} \cdot i_1 \pm b_2 \cdot i_{b_B} \quad (30)$$

gdzie:

$$X'_B = \sqrt{\frac{b_2/b_2 + 2R_2/}{2/R_1 - R_2/} \left[2R_1 - \frac{b_2/b_2 + 2R_2/}{2/R_1 - R_2/} \right]} \quad (31)$$

Dla tego układu geometrycznego trudno zastosować do praktycznych celów projektowych tablice Lipińskiego. Dlatego też na bazie powyższych wzorów skonstruowano dwie tablice 1 i 2. Posługując się tablicą 1 oraz wzorem:

$$|\Delta z_B| = R_1 \cdot \xi \cdot i_1^{\pm} b_2 \cdot i_{b_B} \quad (32)$$

gdzie:

ξ - wartość odczytywana z tablicy 1 na podstawie współczynników

$$\frac{R_2}{R_1} \text{ i } \frac{b_2}{R_1}$$

można określić bezwzględną różnicę rzędnych między punktem A i B.

Znak dodatni w powyższym wzorze przed i_{b_B} występuje tylko wtedy, kiedy spadek drogi głównej jest zgodny z kierunkiem odgałęzienia drogi bocznej /przypadek taki przedstawiony jest na rys.6/.

Dla dowolnej wartości odciętej X wzór powyższy będzie wyglądał

$$|\Delta z_{/X}| = R_1 / \mu_2 \cdot i_1^{\pm} \mu_1 \cdot i_{b_X} / \quad (33)$$

gdzie:

μ_2 i μ_1 - wartości odczytywane z tablicy 2 na podstawie współczynników $\frac{R_2}{R_1}$ i $\frac{X}{R_1}$

Problem znaku przed i_{b_X} przedstawia się tak jak we wzorze (32).

Tablica 1

$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{b_2}{R_1}$	ξ	$\frac{x}{R_1}$	$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{b_2}{R_1}$	ξ	$\frac{x}{R_1}$
0.05	0.00	0.000000	0.	0.50	0.00	0.	0.
	0.01	0.034029	0.028352		0.01	0.142247	0.138988
	0.02	0.050268	0.035890		0.02	0.202335	0.193228
	0.04	0.076796	0.042623		0.04	0.289454	0.264286
	0.06	0.100567	0.045635		0.06	0.358569	0.313334
	0.08	0.123195	0.047263		0.08	0.418745	0.350529
	0.10	0.145223	0.048238		0.10	0.473451	0.379967
	0.12	0.166895	0.048859		0.12	0.524449	0.403819
	0.14	0.188343	0.049271		0.14	0.527775	0.423411
	0.16	0.209643	0.049550		0.16	0.619102	0.439624
	0.10	0.00	0.		0.	0.70	0.00
0.01		0.048309	0.043900	0.01	0.217222		0.212482
0.02		0.069935	0.058232	0.02	0.308906		0.295572
0.04		0.103326	0.073673	0.04	0.441761		0.404423
0.06		0.131751	0.082107	0.06	0.547171		0.479199
0.08		0.157926	0.087373	0.08	0.639042		0.535256
0.10		0.182829	0.090906	0.10	0.722734		0.578758
0.12		0.206928	0.093388	0.12	0.800985		0.612962
0.14		0.230486	0.095188	0.14	0.875430		0.639849
0.16		0.253662	0.096519	0.16	0.947149		0.660730
0.20		0.00	0.	0.	0.90		0.00
	0.01	0.071604	0.068136	0.01		0.428717	0.411136
	0.02	0.102514	0.093932	0.02		0.612871	0.562713
	0.04	0.148460	0.123263	0.04		0.886665	0.741991
	0.06	0.186010	0.142261	0.06		1.112969	0.849052
	0.08	0.219530	0.155550	0.08		1.320181	0.889678
	0.10	0.280201	0.172843	0.10		1.520775	0.898874
	0.12	0.280201	0.172843				
	0.14	0.308632	0.178680				
	0.16	0.336246	0.183303				
	0.30	0.00	0.	0.			
0.01		0.093384	0.090241				
0.02		0.133193	0.124500				
0.04		0.191529	0.167965				
0.06		0.238412	0.196800				
0.08		0.279683	0.217935				
0.10		0.317560	0.234187				
0.12		0.353156	0.247044				
0.14		0.385120	0.257402				
0.16		0.419868	0.265852				

Tablica 2

$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{x}{R_1}$	μ_2	μ_1	$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{x}{R_1}$	μ_2	μ_1	
0.05	0.02	0.021721	0.004297	0.90	0.02	0.020002	0.000022	
	0.04	0.063982	0.029923		0.04	0.040015	0.000089	
0.10	0.02	0.020371	0.001850		0.06	0.060049	0.000200	
	0.04	0.043249	0.008089		0.08	0.080117	0.000356	
	0.06	0.073064	0.021655		0.20	0.100230	0.000557	
	0.08	0.123493	0.053974		0.25	0.150781	0.001260	
0.20	0.02	0.020082	0.000805		0.20	0.201869	0.002253	
	0.04	0.040667	0.003280		0.30	0.306497	0.005163	
	0.06	0.062327	0.007622		0.40	0.416095	0.009431	
	0.08	0.085787	0.014205		0.60	0.663012	0.023240	
	0.10	0.112082	0.023695		0.80	1.005908	0.050229	
0.30	0.15	0.203561	0.070850					
	0.02	0.020033	0.000468					
	0.04	0.040262	0.001885					
	0.06	0.060897	0.004294					
	0.08	0.082165	0.007771					
	0.10	0.104333	0.012430					
	0.15	0.166028	0.030532					
0.50	0.20	0.244210	0.062684					
	0.25	0.362284	0.125293					
	0.02	0.020009	0.000200					
	0.04	0.040075	0.000802					
	0.06	0.060254	0.001811					
	0.08	0.080605	0.003236					
	0.10	0.101190	0.005089					
	0.15	0.154124	0.011716					
	0.20	0.210159	0.021538					
	0.30	0.338808	0.053939					
0.70	0.40	0.515778	0.116515					
	0.02	0.020004	0.000086					
	0.04	0.040030	0.000343					
	0.06	0.060102	0.000773					
	0.08	0.080244	0.001378					
	0.10	0.100477	0.002158					
	0.15	0.151630	0.004900					
	0.20	0.203932	0.008825					
	0.30	0.313983	0.020648					
	0.40	0.435966	0.039001					
0.60	0.769632	0.111850						

3.2.4. Droga główna prosta, boczna w krzywiźnie o zmiennym promieniu /rys.7/

Przy zastosowaniu klotoidy jako krzywej zjazdu lub wjazdu, ustalania różnicy rzędnych można również dokonać, wykorzystując tablice Lipińskiego /tom II/.

Rozpatrując punkt B, "wejście" do tablic I powinno nastąpić do kolumny 12 wartością: $n = \frac{b_2}{a}$. Po odczytaniu w nich wartości x i y , obliczamy szukaną wielkość ze wzoru:

$$|\Delta z| = |x \cdot i_1 \pm y \cdot i_0|/a \quad (34)$$

Wzór ten stosuje się także w rozwiązaniu dla dowolnego punktu.

3.3. Przykład

Dla dokładniejszego zobrazowania praktycznego zastosowania rozważań niniejszej publikacji prześledzimy poniższy przykład. Na rysunku 13 pokazany jest schemat elementu węzła dwupoziomowego. Celem obliczeń będzie w tym przypadku niweleta drogi łącznikowej.

Założono następujące dane:

$$i_0 = 2\%$$

$$i_1 = 3\%$$

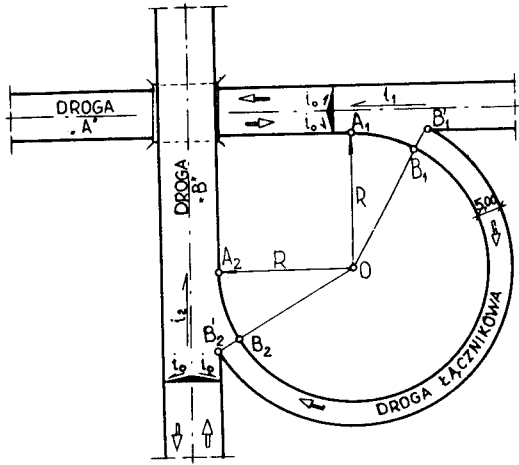
$$i_2 = 2\%$$

$$R = 50,0 \text{ m}$$

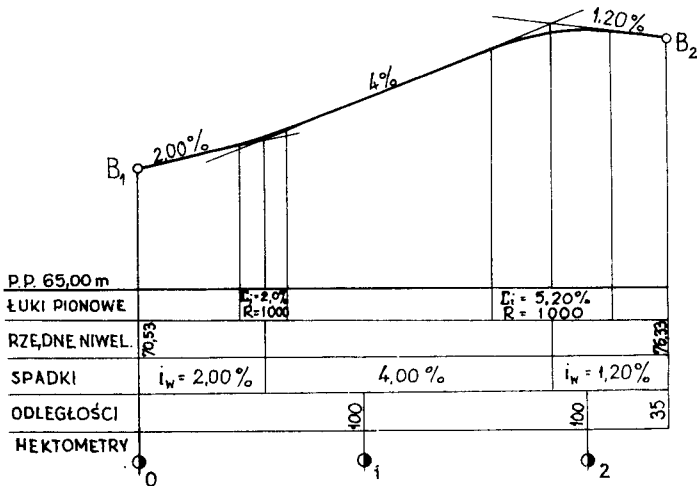
$$z_{A_1} = 70,0 \text{ m}$$

$$z_{A_2} = 76,0 \text{ m}$$

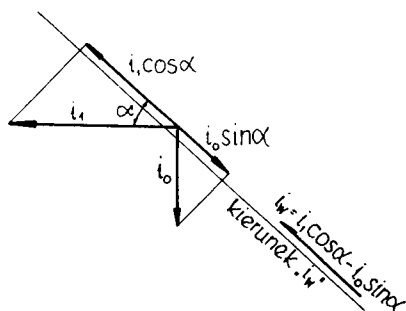
$$b_2 = 5,0 \text{ m /szerokość drogi łącznikowej/}.$$



Rys. 13. Schemat elementu węzła dwupoziomowego



Rys. 14. Niweleta krawędzi wewnętrznej drogi łącznikowej

Punkt B_1 Rys.15. Geometryczne rozwiązanie pochyłeń dla punktu B_1

Przy ustaleniu i_w należy korzystać z nomogramu na rysunku 9, gdyż według rysunku 15

$$i_w = i_1 \cos \alpha - i_0 \sin \alpha \quad (1'')$$

"Wejście" do nomogramu następuje poprzez współczynnik

$$\frac{b_2}{R} = \frac{5}{50} = 0,10$$

/sposób określania i_w pokazano dla tego przypadku na nomogramie/

$$i_{w_{B_1}} = 2,00 \%$$

W podobny sposób określono:

$$i_{w_{B_2}} = 1,20 \%$$

Pochylenie poprzeczne na drodze łącznikowej dla punktu B_1 określono na podstawie nomogramu na rysunku 9:

$$i_{b_{B_1}} = 3,05 \%$$

W podobny sposób określono:

$$i_{b_{B_2}} = 2,60\%$$

W celu określenia rzędnej wysokościowej punktu B_1 wykorzystujemy tablice Lipińskiego I, gdzie "wchodzimy" do nich wartością $\frac{b_2}{R} = 0,10$ do kolumny 2.

Ze wzoru (28)

$$\Delta z_{B_1} = \frac{AB'}{2} \cdot R \cdot i_1 - b_2 \cdot i_{b_{B_1}} \quad (28')$$

otrzymamy: $\Delta z_{B_1} = 0,4585 \times 50 \times 0,03 - 5,00 \times 0,0305 = 0,53$ m

$$z_{B_1} = 70,00 + 0,53 = 70,53$$
 m

Podobnie ustalono wartość $z_{B_2} = 76,33$ m.

Na rysunku 14 przedstawiono niweletę drogi łącznikowej, a ściślej jej krawędzi wewnętrznej.

W skrajnych punktach B_1 i B_2 niweleta ma pochylenia podłużne i rzędną wysokościową zgodną z obliczeniami. Zaprojektowane łuki pionowe w celu powiązania niwelety, są za obszarem wspólnych płaszczyzn powiązania drogi łącznikowej z głównymi.

W przedstawionym przykładzie zaprojektowano niweletę krawędzi wewnętrznej, a nie jak to się zwykle robi - osi. Krawędź wewnętrzna stanowi teoretycznie krzywą skreću dla pojazdu. Jak nietrudno zauważyć, ta wewnętrzna krawędź jest krótsza, stąd wystąpią dla niej większe pochylenia.

Ustalenie na jakimkolwiek węźle niwelety tej krawędzi

stanowi zatem właściwsze podejście do projektowania.

Rozwiązując problem matematycznie uwzględniono oczywiście, że pochylenia wypadkowe w danym przekroju poprzecznym są jednakowe.

4. Zakończenie

Podsumowując całość zagadnienia stwierdzić można, że opracowany sposób pozwala na stosunkowo proste przeprowadzenie rozwiązania wysokościowego nie tylko odgałęzień dróg i węzłów wielopoziomowych, ale również dowolnych powierzchni placów i skrzyżowań jednopoziomowych.

Nie ulega wątpliwości, że ze względów ruchowych najlepszym rozwiązaniem uwzględniającym płynność jazdy z rozważanych przypadków krzywych zjazdu lub wjazdu, daje klotoida. Przy dużym parametrze tej klotoidy można bardzo łatwo uzyskać warunki jakie stwarzałoby zastosowanie ukośnego pasa zmiany prędkości.

Daje to dodatkowe korzyści, gdyż ukośne pasy zmiany prędkości wykazują pewną wyższość nad pasami równoległymi, które zwłaszcza dla autostrad nie spełniają w zupełności swego zadania. Wada równoległych pasów opóźnienia uwidacznia się w niewykorzystaniu części ich powierzchni, a równoległych pasów przyspieszania - w trudności we włączeniu się z nich do drogi głównej.

Sam manewr wyłączania czy włączania się do ruchu na drodze głównej jest gwałtowny. Stąd tendencje do konstruowania ukośnych pasów zmiany prędkości o małych skosach /małych kątach α między drogą główną a boczną/. Dla tego przypadku można również wykorzystać nomogramy na rysunku 8 lub 9 przy założeniu,

że skos $\frac{1}{n} = \operatorname{tg} \alpha \cong \sin \alpha = \frac{X}{R}$ oraz wzory (1), (2), i (3).

Zwróćmy także uwagę, że dla przypadku rozwiązania z krzywą klotoidalną na drodze odgałęźnej uzyskujemy proste zależności funkcyjne i szybki sposób ich otrzymywania.

Literatura

1. Bartoszewski J.: Węzły drogowe i uliczne. WKiŁ Warszawa 1970.
2. Lipiński M.: Tablice do tyczenia krzywych. PPWK Warszawa 1972.
3. Sidorowicz J.: Projektowanie skrzyżowań na autostradach brytyjskich. Drogownictwo 1972 Nr 10.

HIGHT SOLUTION OF ROADS BRANCHES

Summary

The study contains a height solution of roads branches taking into account various geometry of their slope, which can also be used for solution of squares. On the basis of general

patters, qualifying slopes

$$i_w = i_1 \times \cos \alpha + i_0 \sin \alpha$$

$$i_b = i_0 \times \cos \alpha + i_1 \sin \alpha$$

there has been solved analitically the method of marking of particular slopes, as well as there has been worked out nomographs and using method of tables for height ordinates settlement.

ВЫСОТНОЕ РЕШЕНИЕ ОТВЕТВЛЕНИЙ ДОРОГ

Резюме

Нижепредставленная работа охватывает высотное размещение ответвлений дорог принимая во внимание различную геометрию их форм, которые можно использовать также для решения вопроса площадей.

На основе общих примеров определяющих уклон

$$i_w = i_1 \times \cos \alpha + i_0 \times \sin \alpha$$

$$i_b = i_0 \times \cos \alpha + i_1 \times \sin \alpha$$

решен аналитический способ определения отдельных спадов, а также разработаны номограммы и способ использования таблиц для определения высотных отметок.

Biblioteka Główna ATR
w Bydgoszczy

Cx

596

2917

1976