WOSS Wewn. 17/71

Wyższa Oficerska Szkoła Samochodowa
im. gen. A. Waszkiewicza

TEORIA
RUCHU KOLUMN SAMOCHODOWYCH

Piła - 1971 r.

Wyższa Oficerska Szkoła Samochodowa
im. gen. A. Waszkiewicza

WOSS Wewn. 17/71

TEORIA
RUCHU KOLUMN SAMOCHODOWYCH

Piła - 1971 r.

WYŻSZA OFICERSKA SZKOŁA SAMOCHODOWA
IM. GEN. A. WASZKIEWICZA

Bronisław Puzio

WOSS Wewn. 17171

TEORIA
RUCHU KOLUMN SAMOCHODOWYCH

BIBLIOTEKA NAUKOWA
Nr ewid. 663-5
Wyższej Oficerskiej Szkoły Samochodowej im. gen. A. Waszkiewicza

PIŁA - 1971 rok

75018

Biblic... Główna ...SG
Nr ewid. ____
V
Im. gen. bron. K. Świerczewskiego

I. W S T Ę P

1. Cel.

Jedną z cech działalności transportowej jest powszechny udział transportu w różnych dziedzinach ludzkiego działania. Uczestniczy on w procesie wytwarzania dóbr, zapewnia rozwój duchowy człowieka, decyduje o więzach rodzinnych i społecznych, ułatwia ochronę zdrowia i dostęp do dóbr kulturalnych oraz przyczynia się do rozwoju oświaty. W związku z tym, przesłankami rozwoju transportu są nie tylko względy ekonomiczne, ale również /szczególnie w rozwoju transportu samochodowego/ względy natury pozaekonomicznej.

Potrzeby społeczne i indywidualne ludzi są zaspakajane różnymi przedmiotami, które nazywają się dobrami. Dobra te są materialnymi środkami zaspokojenia potrzeb ludzkich. Aby istniejące potrzeby zaspokoić, wszystkie dobra muszą się znajdować w miejscu, w którym znajduje się człowiek dóbr tych potrzebujący. Ponieważ jednak różne dobra powstają w różnych miejscach, ażeby miały zdolność zaspokojenia potrzeb muszą być przewożone, przetransportowywane. Transport jest więc ważnym elementem działalności ludzkiej, bez którego nie może istnieć możliwość zaspokojenia potrzeb, a zatem nie może istnieć cywilizacja życia ludzkiego. Dlatego też funkcja transportu jest nierozerwalnie związana z ludzką egzystencją.
Transport jest środkiem, za pomocą którego dostarcza

się surowce do zakładów przemysłowych, produkty przemysłowe na wieś i odwrotnie - wytwory rolnictwa do miast i stanowi więc albo niezbędną przejściową część samego procesu produkcyjnego, albo jest ostatnią jego fazą.

Transport nie wytwarza nowego produktu, nie istnieje więc samodzielnie, stanowi jednak nieodzowną część produkcji materialnej. Podobnie transport osobowy, wykonujący przewóz osób, jest ogniwem procesu produkcji jako praca zużyta na zaspokojenie potrzeb ludzkich. Nie należy pomijać roli transportu w dziedzinie administracji państwowej. Dla sprawnego funkcjonowania niezbędna jest stała łączność władz i urzędów centralnych z terenem. Oprócz radia, telewizji, telegrafu i telefonu poważną część łączności przyjmuje na siebie transport.

Transport, w tym również samochodowy, jest konsekwencją życia społecznego, różnych związków między narodami, grupami społecznymi i jednostkami, między krajami i ich poszczególnymi regionami, jest podstawowym instrumentem technicznym powszechnego krążenia dóbr materialnych i wartości kulturalnych oraz środkiem zaspakajającym społeczne i indywidualne potrzeby komunikacyjne, jest również ważnym czynnikiem i zarazem elementem zagospodarowania kraju, zwłaszcza lokalizacji produkcji.

Ciągły wzrost produkcji towarowej, rozszerzenie handlu, rozwój produkcji rolnej oraz kooperacja we wszystkich dziedzinach produkcji materialnej, jak również ciągłe podróżowanie ludzi związane z wykonywaniem pracy, rekreacji i potrzeb kulturalnych, wpływa

na szybki rozwój jakościowy i ilościowy transportu.

Wzrost produkcji powoduje za tym wzrost zadań transportowych. Natomiast oszacowanie społecznej roli transportu w danym okresie jest możliwe tylko w ujęciu historycznym. Nie można oddzielić egzystencji transportu od stosunków produkcji, podobnie jak nie da się oddzielić transportu od aktualnego w danym okresie sposobu produkcji. Za tym transport jest warunkiem egzystencji każdego sposobu produkcji.

Z uwagi na zmniejszanie wielokrotności przeładunków i możliwości dostarczenia go "od drzwi do drzwi", transport samochodowy z roku na rok zwiększa swą pracę przewozową i staje się obok kolei zasadniczym środkiem transportu.

Transport samochodowy jest składową częścią ogólnego systemu transportowego kraju i jest jednym z działów gospodarki narodowej. Transport samochodowy stał się zasadniczym środkiem transportu materiałów i osób na bliskie odległości, a także bezpośrednim środkiem indywidualnego transportu ludzi podczas ich podróży turystycznej, wypoczynkowej i kontaktów osobistych.

Ilościowe potrzeby przewozowe są tak wielkie, że dotychczasowe środki przewozowe święcą swój okres wielkiego powodzenia, swoje złote czasy. Wzrastający ruch towarowy i pasażerski na drogach powoduje nacisk na władze państwowe, by troszczyły się o należyte utrzymanie dróg kołowych i ich rozbudowę.

Niemniejszą rolę odgrywa transport dla obrony kraju. Podczas każdej wojny sprawnie działający transport odgrywał często rolę decydującą - dowożąc na czas posiłki, amunicję i zaopatrzenie, a nawet biorąc bezpośredni udział w walce. Wiele jest na to przykładów w historii.

Podczas pierwszej wojny światowej sprawnie działający transport samochodowy w kilku przypadkach uratował armie Aliantów od przerwania frontu przez Niemców. Przystosowany do działań bojowych pojazd mechaniczny w postaci samochodu pancernego i czołgu zdecydował o ostatecznym zwycięstwie.

Podczas drugiej wojny światowej sprawnie i ofiarnie działający transport Związku Radzieckiego umożliwił uratowanie milionów ludzi od niewoli i tysiące fabryk od zniszczenia, a w okresie zwycięskiej ofensywy zapewnił armii radzieckiej wykonanie przegrupowań wojsk oraz dowóz zaopatrzenia potrzebnego do życia i prowadzenia walki.

W zasadzie dopiero podczas drugiej wojny światowej zauważono przydatność samochodów ciężarowych, jako środków przewozu wielkich mas ładunku. Okazało się, iż samochody mogą być prawie całkowicie niezależne od drogi, że są tak samo przydatne przy przerzutach ładunków na małe, jak i na duże odległości, że ładowność pojazdów samochodowych można dostosować do różnych potrzeb. Te wojenne spostrzeżenia spowodowały, że już w pierwszym okresie powojennym przy dużych zniszczeniach szlaków kolejowych, przy konieczności intensywnej odbudowy, transport samochodowy odgrywał decydującą rolę. Samochody ciężarowe przestały być wyłącznie

pomocniczymi narzędziami pracy zakładów produkcyjnych, gospodarstw rolnych, organizacji handlowych, stały się one "maszynami produkcyjnymi" w samoistnych przedsiębiorstwach transportowych. Dzieje się tak w całym świecie, a w państwach mocno uprzemysłowionych i rozwijających się - w szczególności.

Mając na uwadze organizację współczesnych armii, ich wyposażenie oraz sposób prowadzenia współczesnej walki, to transport samochodowy odgrywa w nich również bardzo ważną rolę. Walczące wojska muszą odznaczać się dużą ruchliwością i manewrowością, szybkością i siłą uderzenia, zdolnością do działania w dużym rozproszeniu /taktyczno-operacyjnym/ oraz możliwością rozwijania działań na duże głębokości. Tą cechę uzyskały współczesne armie dzięki wysokiej ich motoryzacji. Jednocześnie taki stan posiadania pojazdów mechanicznych przez współczesne armie powoduje zwiększony ruch na drogach, który z reguły wykonywany jest w składzie zorganizowanych kolumn samochodowych. Wynika również stąd równoległe - w miarę postępu motoryzacji - rozszerzanie zakresu budowy odpowiedniej sieci dróg zapewniającej zorganizowanie właściwego ruchu samochodowego z przewidywaniem zapewnienia tego ruchu w skali państwowej w okresie zewnętrznej agresji na nasze państwo.

Mając na uwadze powyższe stwierdzenia oraz współczesny stan posiadania transportu samochodowego i prognozę jego rozwoju, należy nadmienić, że ruch na drogach kołowych z roku na rok będzie się potęgował. Ruch ten będzie stwarzał okoliczność do tworzenia się kolumn samochodowych. Będą to kolumny z góry

zorganizowane, jak również chwilowo stworzone z powodu nasilonego ruchu na pewnych odcinkach dróg.

Wszelkie ruchy wojsk odbywają się w zasadzie tylko kolumnami samochodowymi. Na odcinku cywilnym jak dotychczas nie ma pojęć tak wielkich kolumn samochodowych, jakie tworzone są przez wojska. Jednak w okresie działań wojennych z uwagi na szybkie zniszczenie jakiemu podlegać będzie transport kolejowy, podobne kolumny będą tworzone - szczególnie wtedy - kiedy zajdzie potrzeba przewiezienie dużej masy towarowej na znaczne odległości. Pojęcie ruchu kolumn samochodowych staje się nieodzowne i bliskie dla każdego transportowca pracującego w dziedzinie samochodowej, a szczególnie pracującego w wojsku. Z tego też powodu celem niniejszej pracy jest przedstawienie pewnych problemów i zjawisk zachodzących w kolumnach samochodowych, dla wykorzystania przez organizatorów tego ruchu wykonujących zadania przewozowe. Praca ta przyczyni się do takiego organizowania ruchu, aby w sposób stosunkowo bezkolizyjny i bezpieczny z punktu widzenia ruchu pojazdów, zdołał przemieścić dużą ilość pojazdów mechanicznych przewożąc tym samym odpowiednią ilość masy towarowej lub przegrupować wojska.

2. Problematyka.

Zagadnienia zjawisk zachodzących podczas ruchu kolumn samochodowych oraz pewnych pojęć z tym związanych są problemami tej pracy, które wymagają wnikliwego rozpatrzenia i naukowego opracowania.

Sam problem nazwy kolumny /od ilu pojazdów można nazwać kolumnę samochodową/ i możliwość

obliczenia jej długości. Problem optymalnych odległości stosowanych podczas ruchu i postoju między pojazdami. Zależność między przepustowością drogi. prędkością ruchu pojazdów /kolumn/ i odległość między nimi. Możliwość uzyskiwania średnich prędkości ruchu pojazdów i kolumn samochodowych oraz nieregularność ruchu pojazdów w kolumnie. Formowanie i wyciąganie kolumn samochodowych, zasady ich prowadzenia, dyscypliny i stosowanych odpoczynków w marszu, oto zagadnienia, które są mało znane i w zasadzie nie rozpracowane jak dotąd w całości. Ze względu na ważność tych problemów /szczególnie dla potrzeb wojska/ powinny znaleźć naukową odpowiedź i godne temu problemowi kompleksowe opracowanie.

Jak już nadmienione zostało uprzednio, to ruch kolumn samochodowych jest zjawiskiem codziennym - szczególnie tyczy się to wojska, gdyż każde jego wykonanie zadania związane jest wyłącznie z ruchem kolumn samochodowych. Jak wynika z praktyki, to dotychczas każdemu zwiększonemu ruchowi wojska towarzyszy zjawisko zbyt wydłużonych kolumn samochodowych, rozrywania się ich oraz tworzenia się zatorów na drogach, a w związku z tym również małej przepustowości dróg. Problem ten jest jak dotychczas kompleksowo nieopracowany, dlatego też jako pracownik związany w swej codziennej pracy z tymi zagadnieniami, wybrany został ten temat - tym bardziej, że jest on bardzo potrzebny dla szkolenia wojsk.

Należy stwierdzić, że polska literatura na ten temat /szczególnie dla potrzeb wojska/ jest więcej

niż skąpa, a zawarte w niej bardzo luźne problemy są w pewnej części nieaktualne i pobieżne. Natomiast literatura zagraniczna, chociaż obszernie mówi na te tematy to jednak nie dotyczy zorganizowanych kolumn samochodowych, lecz jedynie żywiołowo kształtującego się ruchu pojazdów samochodowych na drodze. Tak jak temat czysto techniczny z ruchu pojazdów jest opracowany i wyczerpująco /na ile jest to możliwe/ rozwiązany, tak problem odległości między pojazdami w kolumnie oraz prowadzenie dużych kolumn samochodowych w wojsku jest jak dotąd w ogóle nie rozwiązany. Problem natomiast przepustowości dróg w zależności od ruchu pojazdów jest raczej błędnie i nie do końca rozwiązany, np. w książce "Samochody od A do Z" str. 111 wzór jest prawidłowy, lecz jego interpretacja poparta wykresem - niewłaściwa. Problematyka tego zagadnienia jest bardzo obszerna i wymaga wnikliwej analizy, a badania niektórych zjawisk są bardzo drogie i długotrwałe. Z tego też powodu niektóre zjawiska - są niecałkowicie zbadane i dlatego niezbyt wnikliwie udowodnione - wykraczające poza zakres tej pracy.

II. POJĘCIE KOLUMNY SAMOCHODOWEJ

1. Zagadnienie tworzenia się kolumn samochodowych.

Transport, stanowiący niezbędny element współżycia społeczeństwa ludzkiego, przechodził wraz z rozwojem cywilizacji i kultury różne stadia - od tragarzy i zwierząt pociągowych, do współczesnego transportu lądowego jakim jest kolej i samochód. Samochód w dzisiejszym świecie stał się nieodzownym środkiem transportu tak ładunków jak i ludzi. Stał się on jednocześnie środkiem indywidualnego transportu ludzi do pracy i wypoczynku. Szybki rozwój motoryzacji powoduje jednocześnie zwiększone jego natężenie na drogach kołowych. Uwidacznia się to już obecnie - szczególnie w państwach o szeroko rozwiniętym przemyśle motoryzacyjnym.

W końcu roku 1962 ukazała się wydana przez Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne niewielka książka pt. "Rok 2000 - ku czemu zmierza świat". Autorem tej książki jest Fritz Baade znany uczony zachodnionie - miecki. Czwartym kierunkiem badań autora w tej książce jest stan i perspektywy wzrostu"żelaznych rumaków". Przedstawił on, że w 1962 r. było około 135.200.000 pojazdów i na 1 pojazd przypadało 23 mieszkańców. W roku 2000 natomiast będzie około 650 mil. z czego na jeden pojazd przypadnie około 10 mieszkańców. Natężenie motoryzacji jest bardzo nierównomierne, od 2-ch mieszkańców na 1 pojazd w USA, do 80 w Polsce i np. do 800 mieszkańców na 1 pojazd w Indiach.

Mając na uwadze taki stan posiadania transportu samochodowego, ilość dróg przypadająca na 100 km^2 powierzchni oraz nasilenie ruchu pojazdów, należy mieć na względzie /wynika to już obecnie z praktyki/, że ruch w pewnych punktach i rejonach będzie ciągły. Oznacza to, że na pewnym odcinku drogi będą się poruszały pojazdy bezpośrednio jeden za drugim w ruchu ciągłym.

Potocznie mówi się, że kolumna samochodowa jest to pewna ilość samochodów poruszających się jeden za drugim. W ten sposób nie można określać tego zagadnienia, ponieważ nie będzie to wyrażało istoty rzeczy i nie adekwentne do stanu rzeczywistego. Na drodze może zgromadzić się w jakimś czasie pewna ilość samochodów i z formy zewnętrznej wygląda to na kolumnę samochodową. Jednak pojazdy te nie stanowią kolumny samochodowej w pełnym znaczeniu, gdyż w pewnym momencie część kierowców skieruje samochody na inną drogę, część pojedzie prędzej i wyprzedzi innych i domniemana kolumna przestanie istnieć. Pojazdami takimi nikt nie dowodzi, każdy kierowca jest luźno związany z pozostałymi i postępuje w miarę własnych potrzeb.

Pojazdy w taką kolumnę samochodów /gdyż zgromadzone w pewnym czasie na pewnym odcinku drogi samochody można jedynie w ten sposób nazwać/ gromadzą się najczęściej w rejonie złego odcinka drogi powodując zator "korek" na drodze, a po pokonaniu tego zatoru - z uwagi na różną ich prędkość i indywidualne postępowanie każdego z kierowców - rozczłonkowują się na tej i innych drogach.

Z tego też powodu, aby mówić o kolumnie samochodowej należy mieć na względzie nie tylko jej zewnętrzną formę, to znaczy poruszanie się samochodów jeden za drugim, lecz również pewne sprawy organizacyjno - techniczne. Zatem; k o l u m n ą s a m o c h o d o w ą n a z y w a m y p e w n ą i l o ś ć s a m o c h o d ó w /od trzech wzwyż/ p o r u s z a j ą c y c h s i ę p o j e d n e j d r o d z e /Po jednym pasie drogi/ p o d r o z k a z a m i j e d n e g o d o w ó d c y i w u s t a l o n y m u g r u p o w a n i u m a r s z o w y m.

Z powyższej definicji wynika, że kolumna samochodowa może składać się z kilku lub nawet kilkuset pojazdów. W praktyce dla określenia jej wielkości posługujemy się nawzą tej instytucji, która tworzy kolumnę. Jednak nie jest to mimo wszystko dokładne określenie, gdyż nie wszystkie pojazdy danej instytucji biorą udział w tej kolumnie. Najprościej pod tym względem i najbadziej adekwatnie określa się kolumny wojskowe, podając nazwę pododdziału, oddziału tworzącego kolumnę. Od trzech pojazdów uważa się iż jest to kolumna dlatego, że tworzą one już pewne odległości między sobą oraz występują wszystkie zjawiska zachodzące w marszu kolumny. Podczas ruchu dwóch pojazdów nie występują takie zjawiska, jakie występują w ruchu kolumny, np. nie występuje zjawisko kolejnego zwiększania prędkości itp.

W pracy przewozowej, instytucji cywilnych, kolumn samochodowych z reguły nie tworzy się, gdyż

taka organizacja zmniejsza współczynnik wykorzystania czasu pracy - szczególnie przy nie dużym froncie ładunkowym, a jeżeli się już stosuje, to kolumny nie duże i zgodnie z Kodeksem Drogowym, kolumna samochodów ciężarowych nie może przekraczać sześciu pojazdów. Wiąże się to z tym, że kolumny hamują ruch na drodze, a duże kolumny wręcz uniemożliwiają ich wyprzedzanie - szczególnie na wąskich i krętych drogach. Powszechnym natomiast zjawiskiem tworzenia kolumn samochodowych jest każdy ruch wojska. Współczesne wojsko wykonując zadanie, wykonuje je z zasady w składzie kolumn samochodowych - przy czym z reguły - tworzy duże kolumny samochodowe. Z tego też powodu problem ten nabiera szczególnego znaczenia /o wadze państwowej/ w okresie działań bojowych, gdyż ruch pojazdów na drogach /szczególnie kolumn wojskowych i to dużych/ zostanie spotęgowany, a ilość dróg o dobrej nawierzchni - z uwagi na warunki bojowe - znacznie zmniejszy się. Dlatego też problem wszelkiego rodzaju zjawisk zachodzących w kolumnach samochodowych i w związku z ich ruchem, rozpatrywany jest przeważnie z punktu widzenia wojskowych kolumn samochodowych, co nie oznacza wcale, że problemy te nie są identyczne w przypadku tworzenia się kolumn cywilnych. Wszelkie zachodzące zjawiska w kolumnie rozpatrywane są jedynie z punktu widzenia techniczno - ekonomicznego, dlatego też przydatne są do zastosowania ich we wszystkich kolumnach samochodowych. W literaturze zachodniej dość często spotyka się wzmianki o przepustowości dróg kołowych, co jest równoznaczne

z pojęciem kolumn samochodowych, względnie kolumn samochodów tworzących się przypadkowo, najczęściej z powodu nasilonego ruchu.

2. Metody obliczania długości kolumn samochodowych.

Maszerująca kolumna zajmuje pewien odcinek drogi, który stanowi jednocześnie długość kolumny i wyrażony może być w jednostkach długości, jakimi są metry, kilometry. Długość kolumny wyrazić można również w czasie, jakim jest minuta, godzina. Wielkości te można jednoznacznie ustalić jedynie wtedy, jeżeli kolumna jest właściwie prowadzona i zachowuje wszelkie prawidła ruchu. Dla obliczenia długości kolumny można posłużyć się wzorem:

$$S_k = P_m /x + 1/ - x$$

gdzie:

S_k - długość kolumny [m] ;

P_m - ilość pojazdów mechanicznych w kolumnie [szt] ;

x - odległość między pojazdami [m] ;

l - długość pojazdu [m] - średnią długość pojazdu w kolumnach wojskowych przyjmuje się najczęściej około 10 m z tego powodu, że same pojazdy posiadają długość 6,5 - 8,5 m, a ponadto część z nich osiągnie różnego rodzaju przyczepy, działa itp. i ich długość wynosi wówczas 11-18m.

Odległości między pojazdami podczas ruchu kolumny samochodowej nie będą utrzymywane przez kierowców takie, jakie zostały ustalone. Odległości te jest

trudno kierowcom oceniać w czasie ruchu. Dlatego też zachodzą ciągłe przypadki utrzymywania przez kierowców odległości między pojazdami nieco większych lub też mniejszych od wymaganych. Błąd ten zależy od stopnia wyszkolenia kierowców w ocenie odległości podczas ruchu w kolumnie i waha się w granicach około ± 10%. Z tych też przyczyn faktyczna długość kolumny nie będzie równała się długości wyliczonej analitycznie, lecz błąd w przypadku kolumny będzie już dużo mniejszy i wahał się będzie w granicach około 0-4%. Mniejszy błąd w stosunku do całej kolumny wynika z tego, że pewna ilość kierowców utrzymuje większe odległości między pojazdami, lecz pewna ich ilość utrzymuje mniejsze od wymaganych, co w konsekwencji częściowo odległości te wyrównują się.

Dla udowodnienia wyżej wspomnianych danych posłużono się długościami badanych kolumn, które prowadzone były dla opracowania rozdziału VI niniejszej pracy. Długość faktyczną kolumny ustalono wg wzoru

$$S_k = \frac{V \cdot t}{3,6}$$

V - prędkość kolumny na badanym końcowym odcinku drogi [km/godz]

t - różnica na punkcie przyjazdu między 1-szym a ostatnim pojazdem [sek]

S_k - długość kolumn [m]

Weryfikacja średniego procentu odchylenia długości kolumny faktycznej od wyliczeniowej oraz wielkość próbki przeprowadzona została na podstawie wyjaśnień

Data badania	Czas wyjazdu		Czas przyjazdu		Ilość poj. [szt.]	V [km/godz.]	Długość teoretyczna	Różnica przyjazdu 1-go i ostatniego [min]	Długość faktyczna [km]	Różnica w procentach
	1-szy poj.	ostatni poj.	1-szy poj.	ostatni poj.						
3.09.1968	11.41	11.47	12,52´40	12.55	45	32	1.170	2.20	1.244	+ 6,3
3.09.1968	9.10	9.15	9.59´	10.02	45	45	1.462	2.00	1.500	+ 2,6
3.09.1968	13.17	13.20	14.00	14.02,10	45	38	1.305	2.10	1.400	+ 7,2
7.08.1970	7.32	7.36	9.10´20	9.12	23	15	0.402	1.40	0.414	+ 3
7.08.1970	10.31	10.33	12.05´10	12.06.40	23	20	0.460	1.30	0.500	+ 8,7
31.05.1969	7.29	7,32	9.23´10	9.25	36	30	0.900	1.50	0.917	1,9
31.05.1969	9.57	10.00	12.18´50	12.20´45	36	30	0.900	1.55	0.958	6.4
4.07.1970	6.15	6.22	7.12´30	7.14´15	32	24	0.704	1.45	0.700	- 0.1
4.07.1970	12.15	12.22	15.42´35	15.45	32	15	0.560	2.25	0.604	7.8
22.05.1969	13.25	13.28	15.39´10	13.41	20	10	0.300	1.50	0.305	0.4
24.05.1969	7.40	7.43	9.06´40	9.08	30	42	0.930	1.20	0.933	0
24.05.1969	9.45	2.53	11.48´15	11.49´50	30	30	0.750	1.35	0.792	5.6
2.08.1968	8.33	8.35	10.01´40	10.03	30	50	1.050	1.20	1.111	5.8
2.08.1968	11.00	11.02	13.01	13.08´50	30	20	0.600	1.50	0.611	1,8
6.08.1969	9.15	9.17	11.10	11.12´15	33	18	0.627	2.15	0.675	7.6
6.08.1969	13.46	13.55	15.11´15	15.13	33	28	0.792	1.45	0.816	3.1
12.08.1969	8.25	8.28	9.20´30	9.22	25	20	0.500	1.30	0.500	0
12.08.1969	9.56	9.59	11.20´30	11.22	25	22	0.550	1.30	0.550	0

podanych w rozdziale V/2.

Przedział	x	n	x.n	$x-\bar{x}$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2 . n$
0,6 - 0,5	0	5	0	-4	16	80
0,6 - 1,5	1					
1,6 - 2,5	2	2	4	-2	4	8
2,6 - 3,5	3	3	2	-1	1	3
3,6 - 4,5	4					
4,6 - 5,5	5					
5,6 - 6,5	6	4	24	2	4	16
6,6 - 7,5	7					
7,6 - 8,5	8	3	24	4	16	48
8,6 - 9,5	9	1	9	5	25	9
		18	70			164

$$\bar{x} = \frac{\sum /x \cdot n/}{\sum n} = \frac{70}{18} = 4$$

$$\delta^2 = \frac{\sum /x \cdot n/^3 n}{\sum n} = \frac{164}{18} = 9,1$$

$$b = \frac{\bar{x} \cdot \%}{100} = \frac{4 \cdot 5}{100} = \frac{20}{100} = 0,2$$

$$N = \frac{t^2 \cdot \delta^2}{b^2} = \frac{/1,96/^2 \cdot 9,1}{/0,2/^2} = \frac{3,84 \cdot 9,1}{0,04} = 8738$$

Jak wynika z wyliczenia, to ilość zjawisk powinna wynosić 8738. Z uwagi na wielki koszt tego rodzaju prowadzonych badań, poprzestano na przeprowadzonych 18 badaniach. Na podstawie przeprowadzonych już badań można dość dokładnie ocenić różnicę w odchyleniach teoretycznej i praktycznej długości kolumny.

Biorąc powyższe stwierdzenie pod uwagę - dla uproszczenia obliczeń - można bez żadnego błędu pominąć w podanym wzorze wyrażenie - x, gdyż jest to wielkość bardzo mała; tym mniejsza /procentowo/, czym większa jest kolumna i w kolumnie stanowiącej około 50 pojazdów stanowi ona około 1%.

W takiej sytuacji ostateczny wzór na długość kolumny samochodowej przyjmie postać:

$$S_k = P_m / x + l /$$

Z uwagi na to, że duże kolumny /najczęściej wojskowe/ dzielą się na mniejsze /jakoby podkolumny/ kolumny pododdziałów poruszające się jedna za drugą w założonych odległościach, wzór powyższy przyjmie wówczas postać:

$$S_k = P_m /x + l/ \sum_{i=1}^{n-1} O_k - nx$$

gdzie:

O_k - suma odległości między kolumnami pododdziałów;

n - ilość "podkolumn" kolumn pododdziałów.

Tak jak zostało podane powyżej, podobnie i w tym przypadku pomija się wartość - nx, dlatego też wzór na obliczenie kolumny przyjmie następującą ostateczną postać:

$$S_k = P_m /x + l/ + \sum_{i=1}^{n-1} O_k$$

Można obliczyć również długość kolumny w czasie. Pojęcie długości kolumny w czasie odnosi się do czasu przejazdu kolumny przez dany punkt na drodze. Wzór na długość kolumny w czasie przyjmie postać:

$$t_k = \frac{S_k}{V} \cdot 60$$

t_k - długość kolumny w czasie [min] ;

S_k - długość kolumny [km] ;

V - prędkość kolumny [km/godz] .

10 km

20 km/h

$$t_k = \frac{10}{20} \cdot 60 = 30'$$

III. OPTYMALNE ODLEGŁOŚCI MIĘDZY POJAZDAMI PODCZAS RUCHU W KOLUMNIE

1. Dotychczasowe poglądy na stosowanie odległości między samochodami w kolumnie.

Prowadzenie samochodów w kolumnie nie należy do łatwych zadań wykonywanych przez kierowców. Niezależnie od tego, że tak jak kierowcy jadący indywidualnie, odpowiadają za bezpieczeństwo przewożonych ludzi i sprzętu w każdych warunkach drogowych i atmosferycznych, to prowadzenie pojazdu w kolumnie sprawia dodatkowe trudności. Do nich należy zaliczyć:

- ciągłość zwracania uwagi na utrzymywaną odległość między poprzedzającym pojazdem;
- dużą zmienność prędkości w czasie jazdy - szczególnie w ogonie kolumny;
- niemożliwość dowolnego wykorzystania ukształtowania drogi;
- niemożliwość obserwacji drogi na większym odcinku.

Te wszystkie zagadnienia wymagają od kierowcy ciągłego skupienia uwagi przez cały okres jazdy. Dlatego też zagadnienie bezpieczeństwa jazdy w kolumnie jest bardzo istotne tak z punktu widzenia wypadków samochodowych jak również i wykonania bez zakłóceń postawionego zadania.

Zachodzi problem, jakie odległości w czasie ruchu między pojazdami samochodowymi są bezpieczne i jakie należy zachowywać mając na uwadze dwa zasadni-

cze techniczno - ekonomiczne problemy, a mianowicie:

- pełne bezpieczeństwo w czasie zatrzymania poprzedzającego samochodu w kolumnie;
- zajmowanie możliwie jak najmniejszych odcinków drogi przez maszerującą kolumnę.

Do chwili obecnej utarło się pojęcie bezpiecznych odległości /pochodzących od pojęć wojskowych, gdyż jak dotąd to w tej dziedzinie jedynie wojsko ma największe doświadczenia/ takie, że odległości między pojazdami samochodowymi w marszu kolumny powinny "równać się jej prędkości" tzn. z jaką prędkością porusza się pojazd samochodowy w km/godz., z taką odległością w metrach powinien poruszać się jeden za drugim. Jest jeszcze dodatkowe zastrzeżenie, że po śliskich jezdniach odległości te należy nieco powiększyć. Praca zbiorowa "Samochody pd A do Z" str. 111. Pojęcia te wynikły z troski o bezpieczeństwo ruchu tzn. aby istniała możliwość bezawaryjnego zatrzymania się samochodu w kolumnie.

Dla zatrzymania się samochodu potrzebny jest pewien odcinek drogi, który nazywa się "drogą zatrzymania". Rzeczywiście - odcinek ten mierzony w metrach jest w przybliżeniu taki /wyjaśnione jest to w następnym paragrafie/ z jaką prędkością porusza się pojazd w km/godz. Jednak w marszu kolumny samochodowej, zagadnienie to należy rozpatrywać w sposób odmienny uważając, że przeszkodą, która zmusza do zatrzymania się, jest pojazd jadący w przodzie. Jak z tego wynika, pojazd jadący w kolumnie nie stanowi przeszkody nieruchomej, ponieważ w czasie zatrzymywania - przemieszcza się. Dlatego też, dotychczasowe odległości

stosowane między pojazdami samochodowymi w marszu nie są właściwe - szczególnie w sytuacjach natężonego ruchu na drogach. Kolumny takie zajmują zbyt duże odcinki dróg są zbyt rozciągnięte i tym samym powodują duże zakłócenia na drogach. Jest to zbyt niebezpieczne - szczególnie w warunkach wojny. Kolumny powinny być możliwie zwarte, nie zajmować dużych odcinków dróg i przemieszczać się szybko. W takiej sytuacji będą mniej narażone na ogień nieprzyjaciela, a przepustowość dróg znacznie wzrośnie i zmaleje ilość zatorów na drogach.

2. Optymalnie bezpieczne odległości między samochodami w ruchu kolumny samochodowej.

Rozpatrując to zagadnienie należy mieć na uwadze problem optymalnie bezpiecznych odległości między pojazdami w czasie ruchu, które celem zwiększenia przepustowości dróg /jak to później zostanie udowodnione/ oraz skrócenia czasu zajmowania skrzyżować dróg przez maszerujące kolumny - należy stosować.

Ze względu na bezpieczeństwo ruchu w kolumnie, kierowcy powinni poruszać się w takiej odległości, by w każdej chwili mieć możliwość /gdy zajdzie potrzeba/ bezpiecznego zatrzymania samochodu.

Przy zatrzymaniu samochodu zamienia się energię kinetyczną samochodu na inną postać energii, którą wykorzystuje się na wykonanie pracy hamowania, czyli na stworzenie sił działających w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu samochodu. Do hamowania samochodu można wykorzystać:

1. Siły oporów ruchu - działają one po odłączeniu silnika. Są to siły oporów powietrza i toczenia skierowane zawsze przeciwnie do kierunku ruchu pojazdu, które powodują zmniejszenie prędkości.
2. Hamujące działanie silnika - spowodowane jest zmniejszeniem dopływu mieszanki do cylindrów przez zamknięcie przepustnicy mieszanki /lub przez zmniejszenie dawki paliwa/ W takim przypadku silnik w pewnym stopniu pracuje jako sprężarka napędzana przez rozpędzony pojazd.
3. Siłę hamującą spowodowaną działaniem mechanizmu hamulcowego. Siła ta skierowana przeciwnie niż siła napędowa przeciwstawia się dalszemu ruchowi samochodu.

Jednak z uwagi na to, że w kolumnie samochody zatrzymywane są zazwyczaj jedynie przy wykorzystaniu siły hamowania, po odłączeniu silnika, a siły oporów przy niedużej prędkości podczas hamowania w kolumnie są niewielkie, dlatego też dla większego bezpieczeństwa rozpatrywanego zagadnienia, odległości między samochodami rozpatruje się jedynie z tego punktu widzenia.

Minimalna odległość między samochodami /biorąc pod uwagę warunki techniczne/ winna równać się drodze zatrzymania. Całkowita droga zatrzymania jest to odległość podawana zazwyczaj w metrach, jaką samochód przebędzie od chwili zauważenia przez kierowcę niebezpieczeństwa do chwili zatrzymania się. Dokładne obliczenie tej drogi jest niemożliwe i dlatego stosuje się zawsze sposób uproszczony. I tak przecież

Biblioteka Główna ASG
Nr ewid

D:\ROZ-ROB.DOC\~$NOWA4.1.DOC

nie można ustalić dokładnie wszystkich okoliczności reakcji kierowcy i hamowania jak: np. szybkości decyzji kierowcy, zdecydowanego działania kierowcy, stopnia śliskości drogi, przyczepności opon, stanu bieżników opon itp czynników, które mają wpływ na drogę zatrzymania. Droga zatrzymania składa się z:

- reakcji kierowcy;
- opóźnienia układu hamulcowego;
- rzeczywistej drogi hamowania.

Całkowita droga zatrzymania uzyskuje postać:

$$S_z = S_r + S_o + S_h$$

S_z - droga zatrzymania [m]

S_r - droga przebyta w czasie reakcji kierowcy [m]

S_o - droga przebyta przy opóźnieniu układu hamulcowego [m]

S_h - droga przebyta w czasie rzeczywistego hamowania [m]

Reakcja psychiczna kierowcy jest to okres czasu, w którym kierowca zadecyduje /uświadomi sobie/ o konieczności zatrzymania samochodu. Okres ten liczy się od momentu zauważenia przez kierowców przyczyny wymagającej hamowania do chwili przeniesienia nogi na pedał hamulcowy. Czas ten kształtuje się różnie dla różnych kierowców. Zależy on od indywidualności kierowcy, jego stopnia wyszkolenia, spostrzegawczości oraz szybkości reagowania. Kierowca w pierwszym rzędzie zauważa pewnego rodzaju niebezpieczeństwo na drodze. Uwaga

kierowcy, dotychczas normalnie rozproszona na wszystkie otaczające go zjawiska, koncentruje się. Uświadamia sobie w jakiej sytuacji znajduje się i dokonuje szybkiego rozważania - hamować, czy wystarczy zdjąć nogę z przyspiesznika /wykorzystując hamujące działanie silnika/ lub skręcić i objechać przeszkodę, a następnie decyduje i przez tkanki nerwowe przesyła decyzję do mięśni odpowiedniej kończyny uruchamiając ją.

W. Rychter czas reakcji psychicznej kierowcy dzieli nawet na cztery okresy.

Szczególnego podkreślenia wymaga stwierdzenie, że czas reakcji psychicznej zwiększa się w sposób niebezpieczny, gdy kierowca pił alkohol, zażywał lekarstwo o charakterze narkotyków, lub oddycha powietrzem z zawartością tlenku węgla. Również ujemny wpływ na czas reakcji ma zmęczenie, nieuwaga, odwracanie wzroku od drogi, osłabienie wzroku, jak również podeszły wiek kierowcy.

Na podstawie wieloletnich badań i doświadczeń prowadzonych przez Okręgową Pracownię Psychologiczną w Bydgoszczy przyjmuje się czas reakcji psychicznej dobrego kierowcy w granicach 0,4 - 1 sek. Literatura podaje podobnie. W. Rychter 0,3 - 1,5 sek. a praca zbiorowa "Samochody od A do Z" 0,6 - 1,1 sek. Podczas jazdy szybkimi samochodami - a obecnie można nawet niektóre już samochody ciężarowe do tej grupy zaliczyć- wszyscy autorzy są zgodni, że czas reakcji psychicznej kierowcy nie może przekraczać 1 sek.

Biorąc pod uwagę czas reakcji psychicznej kierwcy, wynoszący 0,4 - 1 sek. przebieg samochodu w metrach

w zależności od prędkości ruchu ustala się wg wzoru:

$$S_r = V \cdot \frac{t_r}{3,6}$$

S_r - długość drogi przebytej przez samochód w czasie reakcji kierowcy [m]

V - prędkość samochodu w momencie reakcji kierowcy [km/godz.]

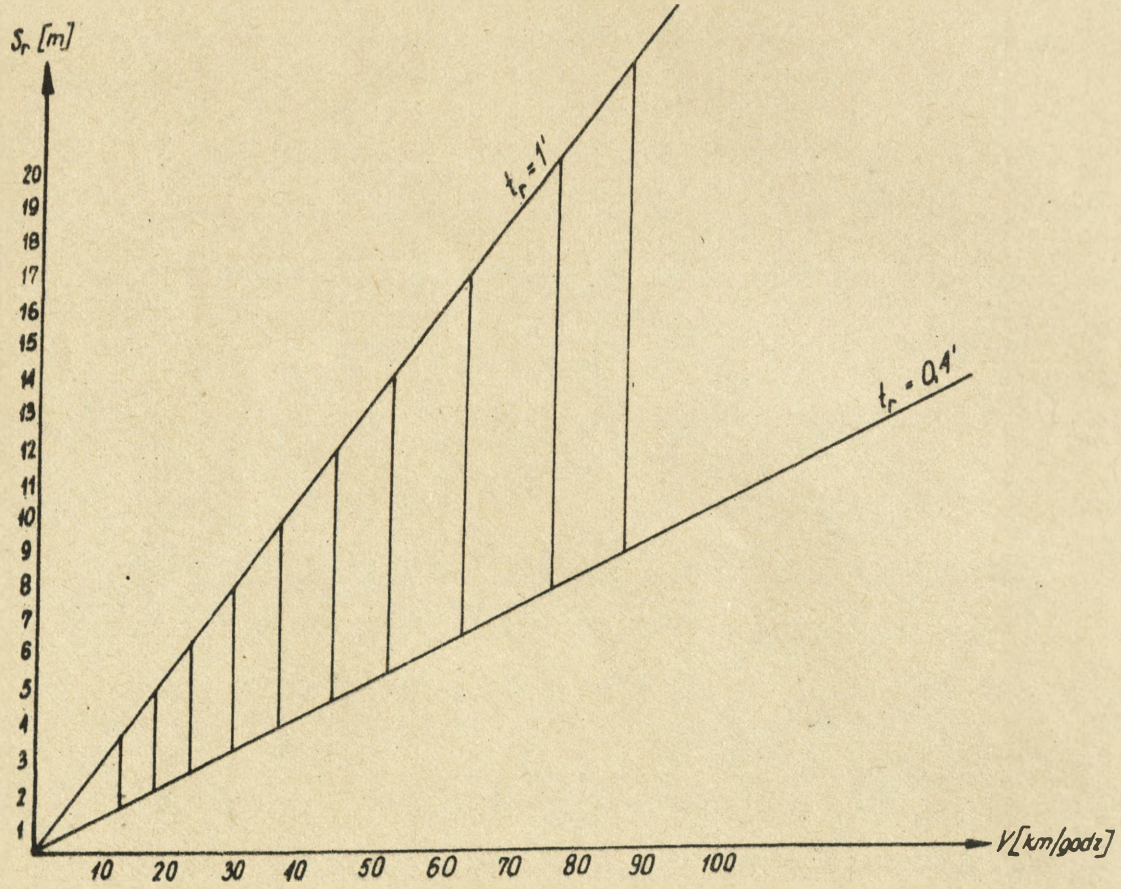
t_r - czas reakcji kierowcy [sek.]

V [Km/godz.]	Przebieg w [m]
10	1,2 - 2,8
20	2,3 - 5,6
30	3,4 - 8,4
40	4,5 - 11,1
60	6,7 - 16,7
80	8,9 - 22,2
100	11,1 - 27,8

Poniższy wykres dobitnie obrazuje o szczególnej roli badań psychotechnicznych, które prowadzone są w wojsku. Badania te należy rozwijać jeszcze w szerszym zakresie niż dotychczas - szczególnie na odcinku cywilnym. Wynika z tego, że należy przeprowadzać badania tak kandydatów na kierowców - by eliminować przyjmowanie ludzi na kurs o opóźnionej reakcji - jak również i kierowców - by w ten sposób eliminować od dalszego wykonywania zawodu kierowców takich, których czas reakcji psychicznej niebezpiecznie się powiększył

Z wykresu tego wynika prosty wniosek określający samą organizację marszu, a mianowicie taki, że czym

słabszych posiadamy kierowców, tym prędkość pojazdów w kolumnie celowo należy ograniczać, gdyż przy większych prędkościach i słabej reakcji kierowcy znacznie wzrasta droga przebyta przez pojazd w czasie reakcji psychicznej kierowcy.



Opóźnienie układu hamulcowego jest to okres czasu upływający od chwili naciśnięcia przez kierowcę na pedał hamulcowy do chwili rozpoczęcia tarcia szczęk o bębny hamulcowe i tym samym rozpoczęcie hamowania kół. Czas ten jest różny i w zależności od rodzaju hamulców waha się:

- dla hamulców hydraulicznych około 0,2 sek.;
- dla hamulców pneumatycznych około 0,6 sek.

Przebieg samochodu w metrach będzie wahał się średnio w zależności od początkowej prędkości:

$$S_0 = V \cdot \frac{t_0}{3,6} \quad (1)$$

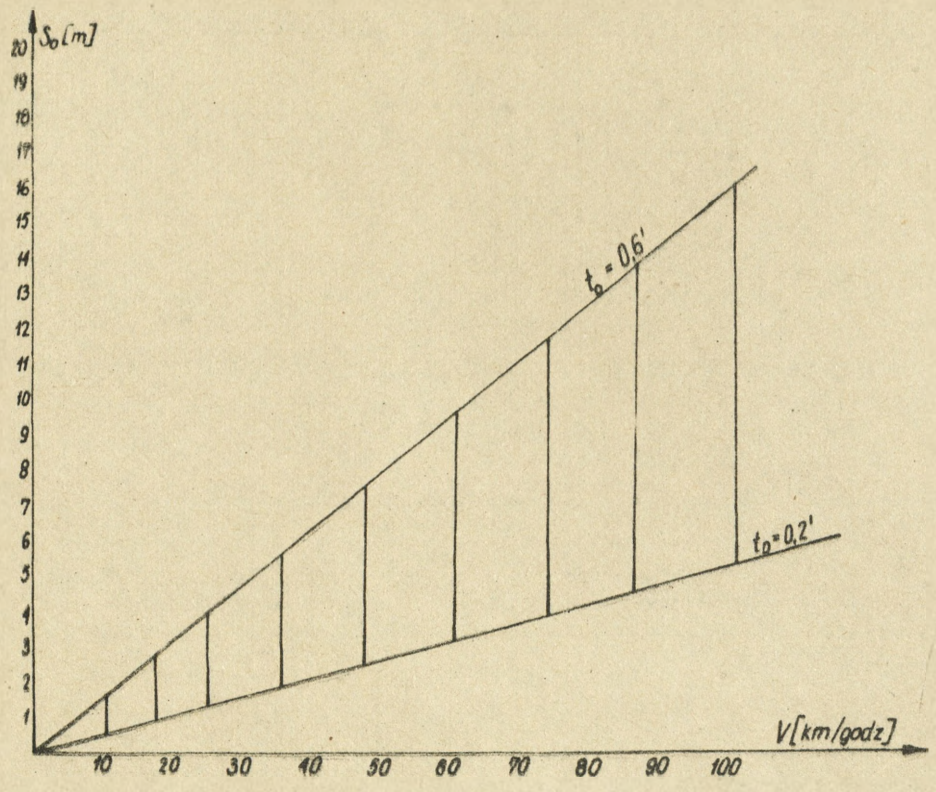
t_0 - czas opóźnienia układu hamulcowego [sek.]

S_0 - długość drogi przebytej przez samochód w czasie opóźnienia układu hamulcowego [m]

V [km/godz.]	Przebieg w metrach	
	hamulce hydrauliczne	hamulce pneumatyczne
10	0,6	1,7
20	1,1	3,4
30	1,7	5,0
40	2,2	6,7
60	3,3	10,0
80	4,4	13,3
100	5,6	16,7

Rzeczywistą droga hamowania jest równa drodze, jaką przebędzie samochód od chwili rozpoczęcia tar - cia szczęk hamulcowych o bębny hamulcowe do chwili zatrzymania samochodu. Przy rozpatrywaniu warunków hamowania na drodze poziomej pomija się pomagające działanie sił oporów powietrza z powodu niewielkich prędkości ruchu kolumn. Pomagające działanie sił oporów ruchu w hamowaniu pomijamy, gdyż są one rów - noważne przeciwstawnymi siłami mas wirujących układu

napędowego. Pomija się również hamujące działanie



silnika, gdyż najczęściej przy hamowaniu, kierowcy odłączają go od układu napędowego oraz dlatego, aby uzyskać pełną gwarancję bezpieczeństwa rozpatrywanego zagadnienia.

Uproszczone zatem równanie siły hamowania przybiera ostatecznie postać:

$$P_h = \frac{G \cdot a}{g}$$

P_h - siła hamowania,

G - całkowity ciężar samochodu w [kG],

a - opóźnienie hamowania w $[m/sek^2]$,

g - przyspieszenie ziemskie 9,81 $[s/sek^2]$,

Hamowanie jest możliwe w zasadzie tylko wówczas, kiedy siła przyczepności jest równa lub wyższa niż siła hamująca. Ze względu na bezpieczeństwo jazdy, ruch samochodu w okresie hamowania powinien być w pełni kontrolowany, co zachodzi w przypadku, kiedy koła jezdne toczą się jeszcze po powierzchni drogi.

Czyli że:

$$P_h \leq T \qquad \text{lub} \qquad P_h \max = \mu \cdot G$$

T - siła przyczepności w [kG] ,

μ - współczynnik przyczepności.

Srednie wartości współczynników przyczepności opon samochodowych dla różnych nawierzchni drogi według pracy zbiorowej "Samochody od A do Z" podaje poniższa tabela:

Rodzaj nawierzchni	Współczynnik przyczepności dla nawierzchni	
	suchej	mokrej
Beton	0,8 - 0,9	0,5 - 0,6
Asfalt	0,7 - 0,8	0,3 - 0,4
Kostka granitowa	0,7 - 0,8	0,4 - 0,5
Bruk	0,6 - 0,7	0,3 - 0,4
Piasek ubity	0,5 - 0,6	0,3 - 0,4
Tłuczeń	0,7 - 0,8	0,5 - 0,6
Snieg ubity	0,2 - 0,5	0,2 - 0,4
Droga oblodzona	0,15- 0,3	0,15- 0,3

Jeżeli siła hamująca jest większa od siły przyczepności wówczas następuje "zablokowanie" kół, które przestają się toczyć i ślizgają się po nawierzchni, wskutek czego łatwo nastąpić może zarzucenie samochodu /szczególnie po śliskiej jezdni/.

Opóźnienie hamowania zależne jest od:

$$a = \frac{gPh}{G}$$

Przy czym największe dopuszczalne opóźnienie hamowania wynosi:

$$a\ max = \frac{g \cdot P_{hmax}}{G} = \frac{g \cdot \mu \cdot G}{G} = g \cdot \mu$$

Maksymalne opóźnienie hamowania występuje tylko w początkowej fazie hamowania. Opóźnienie hamowania "a" będzie tylko średnim opóźnieniem hamowania, które waha się w granicach 0,7 amax. Z tego jasno wynika, że maksymalne opóźnienie hamowania zależy przede wszystkim od współczynnika przyczepności /ponieważ g = 9,81 m/sek^2 jest stałe/. Maksymalne opóźnienie hamowania możliwe do uzyskania na różnych rodzajach nawierzchni drogi podaje poniższa tabela.

Rodzaj nawierzchni	amax w m/sek^2 dla nawierzchni	
	suchej	mokrej
Beton	0,8 - 9	0,5 - 6
Asfalt	0,7 - 8	0,3 - 4
Kostka granitowa	0,7 - 8	0,4 - 5
Bruk	0,6 - 7	0,3 - 4
Piasek ubity	0,5 - 6	0,3 - 4
Tłuczeń	0,7 - 8	0,3 - 6
Snieg ubity	0,2 - 4	2 - 4
Droga oblodzona	0,1 1,5 - 3	1,5 - 3

Siła hamowania wykonuje pracę na rzeczywistej drodze hamowania /dla uproszczenia pominięto wpływ mas wirujących, opory toczenia i powietrza/. Praca

przy hamowaniu następuje kosztem energii kinetycznej, przy czym:

$$E_k = \frac{G \cdot V^2}{2g}$$ wstawiając zamiast $E_k = P_h \cdot S_h$

stąd

$$P_h \cdot S_h = \frac{G \cdot V^2}{2g}$$ ponieważ $P_h = \frac{G \cdot a}{g}$

stąd

$$S_h \cdot \frac{G \cdot a}{g} = \frac{G \cdot V^2}{2g}$$ czyli że $S_h = \frac{G \cdot V^2}{2g} : \frac{G \cdot a}{g}$

stąd

$$S_h = \frac{V^2}{2a}$$ ponieważ V wyrażamy w km/godz., a "a" w m/sek^2, stąd ostateczny wzór przyjmuje postać:

$$S_h = \frac{V^2}{26\ a}$$

ze wzoru 1-go $S_h = \frac{V^2}{2a} = \left[\frac{1\ km}{godz}\right]^2 : 2a =$

$= V \left[\frac{1000\ m}{3600\ sek}\right]^2 : 2\ a = \frac{100}{1296} : 2a$ - licznik i mianownik dzielony przez 100, wówczas $= \frac{1}{12,96} : 2a$

stąd

$$\boxed{S_h = \frac{V^2}{26a}}$$

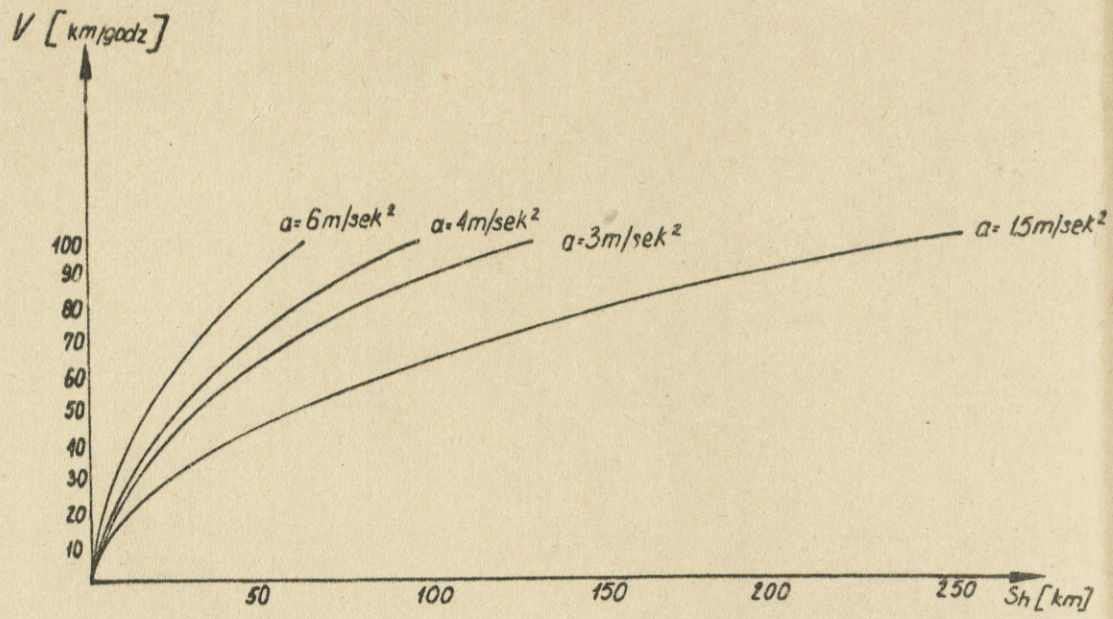
S_h - rzeczywista droga hamowania w metrach;

V - prędkość jazdy w chwili rozpoczęcia hamowania w [km/godz.]

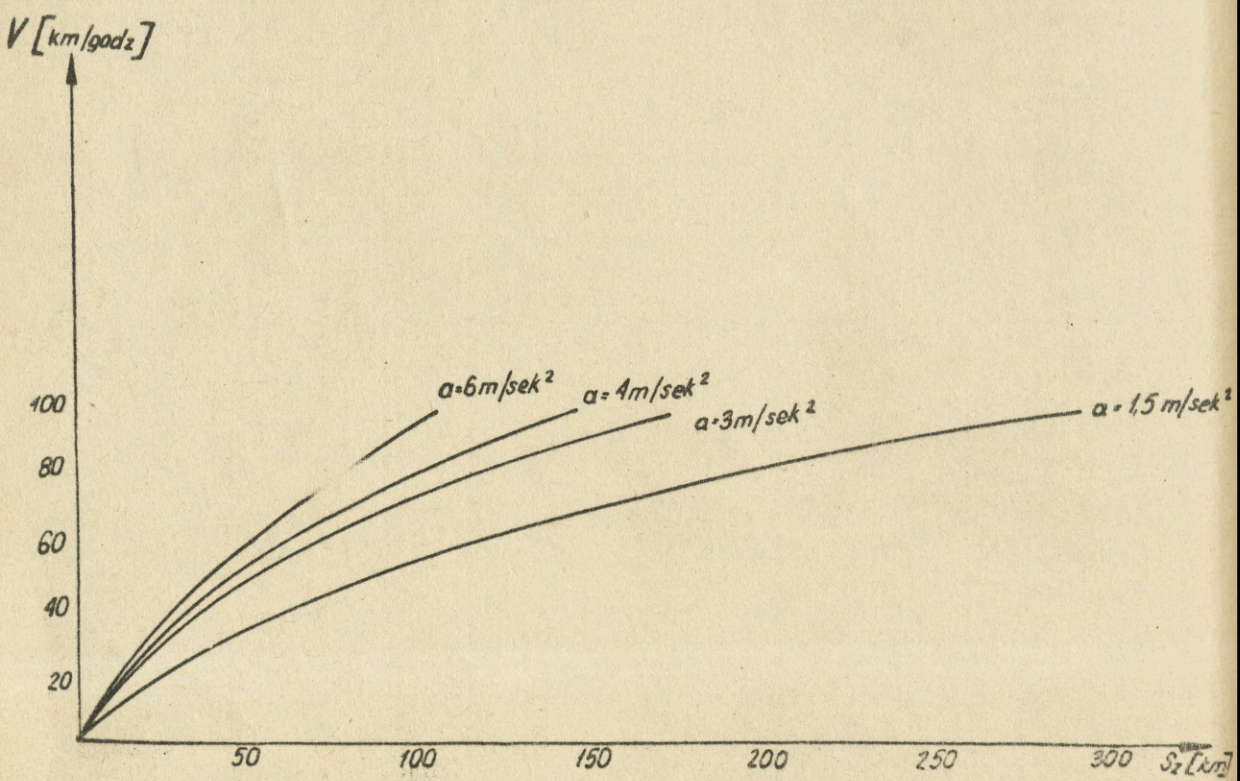
jak z powyższego wynika, długość drogi hamowania rośnie do kwadratu jego prędkości, o czym tak często zapominają - szczególnie młodzi kierowcy.

Prędkość początkowa hamowania km/godz.	Średnie opóźnienie hamowania w m/sek^2 "a"							
	1,5	2	3	4	5	6	7	8
	Rzeczywista droga hamowania "S_h" w metrach							
10	2,6	1,9	1,3	0,96	0,77	0,64	0,55	0,48
20	10,4	7,7	5,2	3,9	3,1	2,6	2,2	1,9
30	23,1	17,3	11,5	8,7	6,9	5,8	4,9	4,3
40	41,7	30,8	20,5	15,4	12,3	10,3	8,8	7,7
50	64,2	48,1	32,1	24,1	19,5	16,0	13,8	12,0
60	92,4	69,3	46,2	34,6	27,7	23,1	19,8	17,3
70	125,6	94,3	62,8	47,2	37,7	31,4	26,9	23,6
80	164,2	123,0	82,1	61,6	49,3	41,0	35,2	30,8
100	256,4	192,0	128,3	96,2	76,9	64,2	55,0	48,0
	Całkowita droga zatrzymania "S_z" w metrach							
10	7,1	6,4	5,8	5,46	5,27	5,14	3,05	4,96
20	19,3	16,7	14,2	12,9	12,1	11,6	11,2	10,9
30	36,5	30,7	24,9	22,1	20,3	19,2	18,3	17,7
40	59,0	48,6	38,3	33,2	30,1	28,1	26,6	25,5
50	86,4	70,3	54,3	46,3	41,7	38,2	36,0	34,2
60	119,1	96,0	72,9	61,3	54,4	49,8	46,5	44,0
70	156,7	125,5	94,0	78,0	68,9	62,6	58,1	54,8
80	199,7	158,5	117,6	97,1	84,8	76,5	70,7	66,3
100	300,9	236,5	172,8	140,7	121,4	108,7	99,5	92,5

Powyższa tabela pokazuje drogę hamowania w zależności od średniego opóźnienia hamowania, prędkosci ruchu, średniej reakcji kierowcy i opóźnienia układu hamulcowego.



Wykres obrazujący kształtowanie się krzywych opóźnienia hamowania.



Wykres obrazujący kształtowanie się krzywych zależnych od opóźnienia hamowania, reakcji kierowcy i opóźnienia układu hamulcowego.

Z powyższych wykresów w dać dokładnie jakie odległości potrzebne są do zatrzymania samochodu.

Prowadzenie samochodu w dzisiejszych warunkach szybkiego rozwoju motoryzacji powoduje prowadzenie go w dużym natężeniu ruchu, zwłaszcza w miastach. Powoduje to tworzenie się jakoby kolumn samochodowych i kierowca prowadzi zazwyczaj samochód w tak wytworzonych warunkach. Z tego powodu każdy samochód poruszający się w kolumnie staje się dla następnego przeszkodą. Stanie się on jednak przeszkodą tylko wówczas - gdy porusza się w mniejszą prędkością niż następny, a szczególnie wtedy, gdy zacznie raptownie hamować. Następny samochód w takim przypadku może rozpocząć wyprzedzanie /gdy na to sytuacja drogowa zezwala/ lub musi również hamować podobnie jak poprzedni.

W zorganizowanych kolumnach samochodowych każdy kierowca następnego samochodu czyni w zasadzie zawsze to samo co poprzedni. Z tego też powodu poprzedni samochód będzie przeszkodą zasadniczo tylko wtedy, kiedy hamuje lub nastąpi jego zatrzymanie.

Zachodzi teraz zasadnicze pytanie, jakie minimalne odległości należy utrzymywać między pojazdami w kolumnie, aby zachować bezpieczeństwo jazdy. Powszechnie utarło się mniemanie, że odległości między samochodami należy utrzymywać takie /w metrach/, jaka jest prędkość pojazdu /w km/godz/, natomiast na śliskich drogach odległość tą należy odpowiednio powiększać. Powyższe pojęcie nie jest całkiem słuszne, gdyż odnosi się ono w zasadzie do przeszkody stałej.

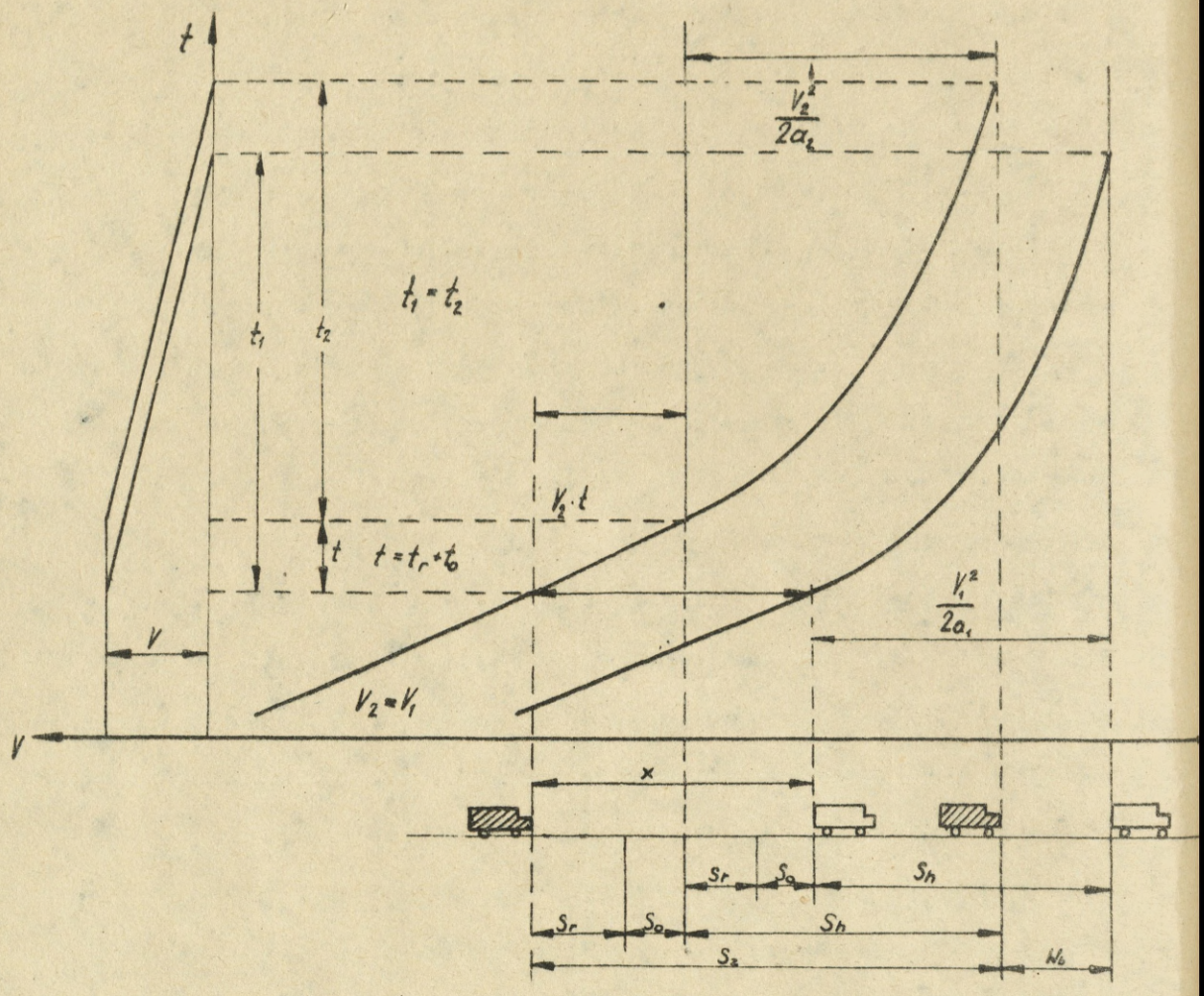
W kolumnach samochodowych każdy samochód staje się dla następnego przeszkodą ruchomą i będzie nią tylko w momencie zatrzymywania się. Kierowca następny zauważy praktycznie początek zatrzymywania się pojazdu poprzedzającego wówczas, gdy w pojeździe tym zapali się światło "stop" i nastąpi widoczne jego zwolnienie, wtedy przystępuje on również do zatrzymania lub zwolnienia prędkości swego samochodu. Różnica jest jednak taka, że w tym czasie kiedy kierowca samochodu jadącego w przodzie rozpoczyna drogę hamowania, kierowca jadący w tyle rozpoczyna drogę zatrzymania.

W zorganizowanej holumnie samochody poruszają się jeden za drugim w przybliżeniu z jednakową stałą prędkością V w odległości x. Jeżeli pierwszy pojazd rozpoczyna hamowanie z opóźnieniem a_1, które trwa przez t_1 /aż do zatrzymania/ - w okresie tym pojazd przebywa drogę S_1. Następny natomiast pojazd przebywa czas $t = t_r + t_o$ i drogę $S = S_r + S_o$ z niezmienioną prędkością V. Dopiero potem następuje jego hamowanie z opóźnieniem a_2, trwające t_2 /aż do zatrzymania/ - w okresie tym pojazd przebywa drogę S_2.

Samochody nie zderzą się, jeżeli pojazd jadący z tyłu zatrzyma się jeszcze w pewnej odległości. Odległość tą nazywamy warunkiem bezpieczeństwa i oznacza odległość między samochodami po ich zatrzymaniu się w kolumnie, mierzoną od tyłu samochodu poprzedzającego do przodu kolejnego

samochodu. Wielkość warunku bezpieczeństwa może być różna i zależna jest od rodzaju pojazdów oraz wyszkolenia kierowców. Jednak w kolumnach samochodowych - szczególnie wojskowych - ustalona jest w granicach 15 - 20 m. Odległość ta, jako warunek bezpieczeństwa, uwzględnia jednocześnie ewentualne opóźnienie reakcji kierowcy. Jest to zagadnienie dość istotne, gdyż kierowca nie utrzyma przez długi okres czasu skupionej uwagi /ma on w czasie długotrwałej jazdy uwagę częściowo rozproszoną/ i z tego powodu często opóźni swoją reakcję. Poza tym, kierowcy nigdy nie utrzymują idealnie odpowiednich odległości między pojazdami - szczególnie przy większych prędkościach - różnice te wynoszą nawet ± 10 m. Z tego też powodu, aby zapewnić pełne bezpieczeństwo ruchu pojazdów, zachowanie takiego warunku jest nieodzowne. Tym bardziej, jeżeli w składzie kolumny znajdują się młodzi i niedoświadczeni kierowcy, dla których wymieniony warunek bezpieczeństwa celowo ustala się duży. Podczas ruchu pojazdów w miastach warunek bezpieczeństwa jest zachowywany znacznie mniejszy. Spowodowane jest to tym, że w mieście poruszają się raczej bardziej doświadczeni kierowcy, a poza tym utrzymują oni cały czas uwagę skupioną. Dlatego też warunek bezpieczeństwa w mieście utrzymywany jest najczęściej w granicach 2 - 5 m.

Poniższy rysunek obrazuje sytuację ruchu pojazdów w czasie ich zatrzymywania.



Na podstawie rysunku ustala się następującą zale - żność:

$$V_1 = V_2$$

$$S_1 = \frac{V_1^2}{2a_1}$$

natomiast

$$S_2 = V_2 t + \frac{V_2^2}{2a_2}$$

$$x + \frac{V_1^2}{2a_1} = W_b + V_2 t + \frac{V_2^2}{2a_2}.$$

stąd

$$X = V_2 t + W_b + \frac{V_2^2}{2a_2} - \frac{V_1^2}{2a_1}$$

Z założenia wynika, że: $\frac{V_2^2}{2a_2} = \frac{V_1^2}{2a_1}$

wówczas $\boxed{x = Vt + W_b}$

czyli że:

$$x = \frac{Vt_r}{3,6} + \frac{Vt_o}{3,6} + W_b$$

Jeżeli $\frac{V_2^2}{2a_2} \neq \frac{V_1^2}{2a_1}$ oznacza to, że jeden z pojazdów silniej hamuje, czyli występuje różne opóźnienie $z = \frac{a_1 - a_2}{2a_1 a_2}$ - współczynnik przyśpieszeń.

Biorąc pod uwagę współczynnik przyśpieszeń "z" to wówczas odległość między pojazdami wyniesie:

$$\boxed{x = Vt + W_b + zV^2}$$ odległość pomiędzy pojazdami.

z - współczynnik przyśpieszeń, którego wartość zależna jest od różnicy opóźnienia pojazdów w czasie hamowania. Na "z" mają wpływ takie czynniki jak: siła hamowania, sprawność i konstrukcja hamulców oraz stopień zużycia ogumienia.

Jeżeli: 1/ $a_1 = a_2$ to $z = 0$

2/ $a_1 > a_2$ to $z > 0$

3/ $a_1 < a_2$ to $z < 0$

Ze względu na to, że w kolumnie samochodowej przyjmuje się dość znaczny warunek bezpieczeństwa, współczynnik przyśpieszeń rozpatruje się jako równy zeru, gdyż w innym przypadku praktycznie nie można było by podać kierowcom utrzymywanych odległości między pojazdami. Przy czym utrzymuje się, że sprawność techniczna pojazdów poruszających się po drogach - szczególnie sprawność ha ów- jest właściwa i nie występują aż tak rażące różnice opóźnienia hamowania, dlatego współczynnik przyśpieszeń rozpatruje się w takich przypadkach równy zeru.

Z powyższych zależności można również napisać, że:

$$x + S_{h1} = W_b + S_{z2}$$

$$W_b = x + S_{h1} - S_{z2} \quad \text{lub} \quad x = W_b + S_{z2} - S_{h1}$$

ponieważ

$$S_z = S_h + S_r + S_o \quad \text{lub} \quad S_z = Vt + S_h$$

a

$$S_{h2} = S_{h1} \quad \text{i} \quad Vt = S_r + S_o$$

wówczas

$$x = W_b + S_{h2} + S_r + S_o - S_{h1}$$

$$x = W_b + S_r + S_o$$

W takiej sytuacji:

dla V = 10 km/godz. x = /15-20/+2,8+1,7=19,5-21,5≅20 m

W_b = 20+0,7-5,1 ≅ 15,6 m

dla V = 20 km/godz. x = /15-20/=5,6+3,4=24-29≅ 25 m

W_b = 25+2,6-11,6 ≅ 16 m

dla V = 40 km/godz. x = /15-20/+11,1+6,7=32,8-37,7≅35 m

W_b = 35+10,3 - 28,1 ≅ 17,2 m

dla V = 60 km/godz. x = /15-20/+16,7+10=41,7-46,7≅45 m

W_b = 45+23,1 - 49,8 ≅ 18,3 m

Dla uproszczenia tego zagadnienia i łatwego stosowania w praktyce można napisać, że:

$$\Delta x \left[\text{m/poj.}\right] = \frac{1}{2} \Delta V \left[\text{km/godz.}\right]$$

czyli

$$\boxed{x = \frac{1}{2} V\alpha + W_b} \text{ praktycznie } \boxed{x = \frac{1}{2}V + W_b}$$

gdzie:

α - 1 $\left[\frac{\text{godz.} - \text{m.}}{\text{km . poj.}}\right]$ - współczynnik przeliczeniowy = 1

x - odległość między pojazdami [m/poj.]

V - prędkość [km/godz.]

W_b - warunek bezpieczeństwa [m/poj.]

3. Proponowane odległości między samochodami podczas ruchu w kolumnie.

Prowadzenie pojazdu samochodowego w ruchu o dużym natężeniu, zmusza coraz częściej do jazdy w kolumnach nierzadko wielorzędowych, zwłaszcza w miastach. Prędkości tego rodzaju kolumn są przeważnie stosunkowo duże, przy czym poszczególne pojazdy poruszają się jeden za drugim w niewielkich odległościach. Warunki takie sprzyjają zderzeniom, ponieważ w razie nagłego zahamowania któregoś z pojazdów, pojazd jadący za nim może nań najechać, niejednokrotnie nie tylko wskutek nie - uwagi kierowcy.

Przy rozpatrywaniu tego rodzaju zagadnienia należy brać pod uwagę zasadnicze dwa aspekty problemu:

1. Techniczny.

Jeżeli odległości pomiędzy kolejnymi pojazdami w kolumnie są zbyt małe, zderzenia są często nie do uniknięcia, ze względu na okresy czasu potrzebne na reakcje kierowców. W okresie czasu reakcji "z", jak już zostało udowodnione, pojazd mechaniczny przebywa drogę "S" i o taką odległość zmniejsza się odstęp pomiędzy pojazdami, wskutek czego nawet pomimo najbardziej skutecznego hamowania zderzenie może być często nieuchronne. Powyższe uzasadnia konieczność utrzymywania minimalnych odległości pomiędzy kolejnymi pojazdami kolumny i to tym większe im większa jest jej prędkość. Zachowanie odpowiednich odległości pomiędzy pojazdami w kolumnie stanowi bowiem jedyny sposób ograniczenia do minimum prawdopodobieństwa ich zderzeń. Aby uniknąć zderzeń można byłoby stosować

znaczne odległości pomiędzy pojazdami, lecz zachodzi tu drugi problem.

2. Organizacyjno - ekonomiczny.

Jeżeli odległości pomiędzy kolejnymi pojazdami w kolumnie są zbyt duże, wówczas kolumna taka rozciąga się na znacznym odcinku drogi. Kierowcy utrzymujący duże odległości, nie zauważają na ile te odległości w niektórych sytuacjach jeszcze bardziej się zwiększyły. Kolumna taka narażona jest na rozrywanie się - szczególnie na wszelkiego rodzaju skrzyżowaniach dróg. Kolumną taką trudno jest dowodzić, gdyż tworzą się wówczas grupy samochodów nie związane systemem organizacyjnym. Najważniejszym mankamentem jest jednak duże rozciągnięcie się kolumny, zajmowanie przez nią długiej drogi i tym samym /jak to zostało udowodnione w rozdziale IV/2/ poważne zmniejszenie przepustowości dróg. Jest to najważniejszy czynnik przy współczesnym natężeniu ruchu, determinujący wszelkie rozważania z tym związane.

Mając na uwadze powyższe problemy, odległości między kolejnymi pojazdami w kolumnie należy zachowywać wg uprzednio udowodnionych zależności, a mianowicie:

$$X = \frac{1}{2} V\alpha + W_b$$

Z powyższego wzoru wynika, że dla prędkości ruchu pojazdów w kolumnie np. 50 km/godz., odległości między nimi powinny wynosić:

$$x = \frac{1}{2} \cdot 50 + 15 = 40 \text{ m.}$$

IV. ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY PRZEPUSTOWOŚCIĄ DROGI, PRĘDKOŚCIĄ RUCHU POJAZDÓW I ODLEGŁOŚCIĄ MIĘDZY NIMI

1. Pojęcie przepustowości drogi.

Miarą wzrostu motoryzacji danego państwa /regionu/ jest oprócz wzrostu ilości pojazdów samochodowych jednoczesny wzrost dróg kołowych o twardej nawierzchni, umożliwiających właściwą organizację ruchu i zabezpieczających najekonomiczniejszą eksploatację pojazdów samochodowych. Ilość dróg kołowych określa się najczęściej ich długością przypadającą na 100 km^2 powierzchni kraju /regionu/. Natężenie ruchu na drogach kraju, jest jednak nierównomierne - tym większe, im bardziej jest region uprzemysłowiony. Dlatego też problem przepustowości dróg w tych regionach nabiera szczególnego znaczenia, a w okresie działań bojowych - wyjątkowego.

Podczas ruchu kolumny samochodowej między pojazdami /jak już zostało udowodnione/ utrzymywane są pewne odległości. Odległości te powinny być takie, aby:

- nie były zbyt małe, gdyż nie zapewnią bezpieczeństwa ruchu pojazdów w kolumnie;
- nie były zbyt duże, gdyż pogarsza się możliwość dowodzenia /kierowania kolumną/ pojazd od pojazdu jest zbyt daleko, kolumna "rwie się" na mniejsze elementy oraz co jest tego bezpośrednią przyczyną - zmniejsza się przepustowość drogi.

Z tych to powodów problem ten powinien być należycie rozpatrzony i naukowo udowodniony w celu znalezienia optymalnego rozwiązania do stosowania go w praktyce.

Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia w wojsku, a tym bardziej w czasie działań bojowych, gdyż w tych warunkach ruch pojazdów na drogach zostaje spotęgowany, a ilość dróg o dobrej nawierzchni z uwagi na działania bojowe - zmniejszy się. A więc, zagadnienie przepustowości drogi z uwagi na współczesny stan motoryzacji jest istotnym problemem, a tym bardziej szczególnego znaczenia nabiera w okresie działań bojowych.

Pod pojęciem p r z e p u s t o w o ś c i d r o g i k o ł o w e j r o z u m i e m y i l o ś ć p o j a z d ó w, j a k a m o ż e p r z e j e c h a ć p r z e z o k r e ś l o n y p u n k t j e d n e g o p a s a d r o g i w o k r e ś l o n y m c z a s i e. Przy czym punkt ten stanowi najgorszy odcinek drogi na danej trasie. Z tego też powodu dla obliczania przepustowości drogi przyjmuje się ciągłość ruchu pojazdów na danej drodze w określonym czasie.

2. Metody obliczania przepustowości drogi.

Miarą natężenia ruchu drogowego /przepustowości drogi/ jest liczba pojazdów samochodowych jaka może przejechać w ciągu pewnego czasu /najczęściej godziny/ przez określony punkt jednego pasa drogi.

Dla wyprowadzenia wzoru na przepustowość drogi można posłużyć się wzorem na długość kolumny

$$S_k = P_m / x + 1 /$$

Przyjmuje się w tym przypadku ciągły i nieprzerwany ruch kolumny, zakładając jej nieograniczoną wielkość.

Przy czym:

$$t = \frac{S}{V}$$

t - czas [godz.]

V - prędkość [km/godz.]

S - droga [km.]

Za drogę S w tym przypadku można przyjąć kolumnę, która zajmuje pewien jej odcinek i porusza się z prędkością V.

Stąd: $t = \frac{S_k}{V}$ lub $t = \frac{P_m\ /x + 1/}{V \cdot 1000}$

- w mianowniku V w km/godz. zamieniono na m/godz.

Po przekształceniu powyższego, otrzymujemy ostateczną postać wzoru na przepustowość drogi.

$$\boxed{P_m = \frac{1000tV}{x + 1}}$$

3. Przepustowość drogi przy odległościach między samochodami w kolumnie według dotychczasowych poglądów.

Ponieważ odległość między pojazdami x jest bezpośrednio zależna od prędkości ruchu pojazdów V, to odległość jest funkcją prędkości.

Zatem:

$$x = x/v/$$

czyli

$$x = av$$

to

$$P_m = \frac{1000tV}{av + 1}$$

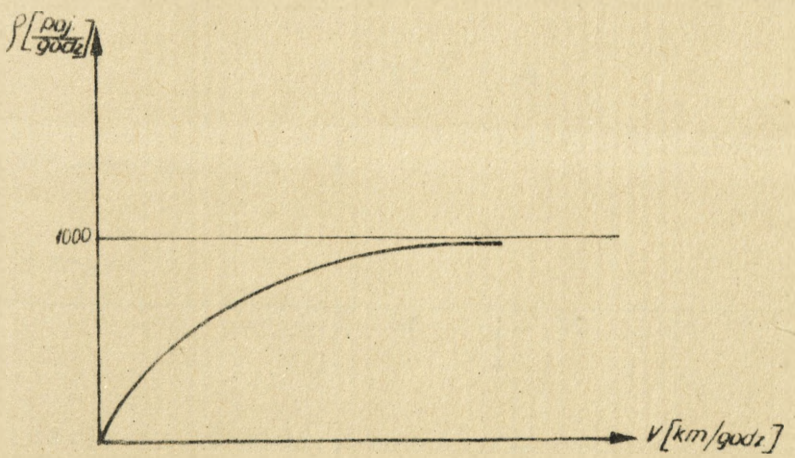
Granica funkcji

$$\lim_{V \to \infty} \frac{1000tV}{av + 1}$$ z zasady d' Alemberta

$$\lim_{V \to \infty} \frac{1000t}{a} = \frac{1000t}{a}$$

Jeżeli t przyjmiemy jedna godzina, a odległość x w metrach jest równa prędkości V w km/godz. to; a = 1. W takim przypadku krzywa przepustowości jest krzywą asymptotyczną zdążającą do 1000, gdyż

$$\frac{P_m}{t} = \frac{1000}{1} \quad \text{skąd:} \quad \frac{P_m}{t} = \rho$$



Dla uzyskania wykresu przepustowości drogi przyjmuje się t = 1 godz. i l = 10 m, zgodnie z twierdzeniem według pracy zbiorowej - Samochody od A do Z str. 111 - odległość x w mtr. równa się szybkości V w km/godz.

Wówczas dla:

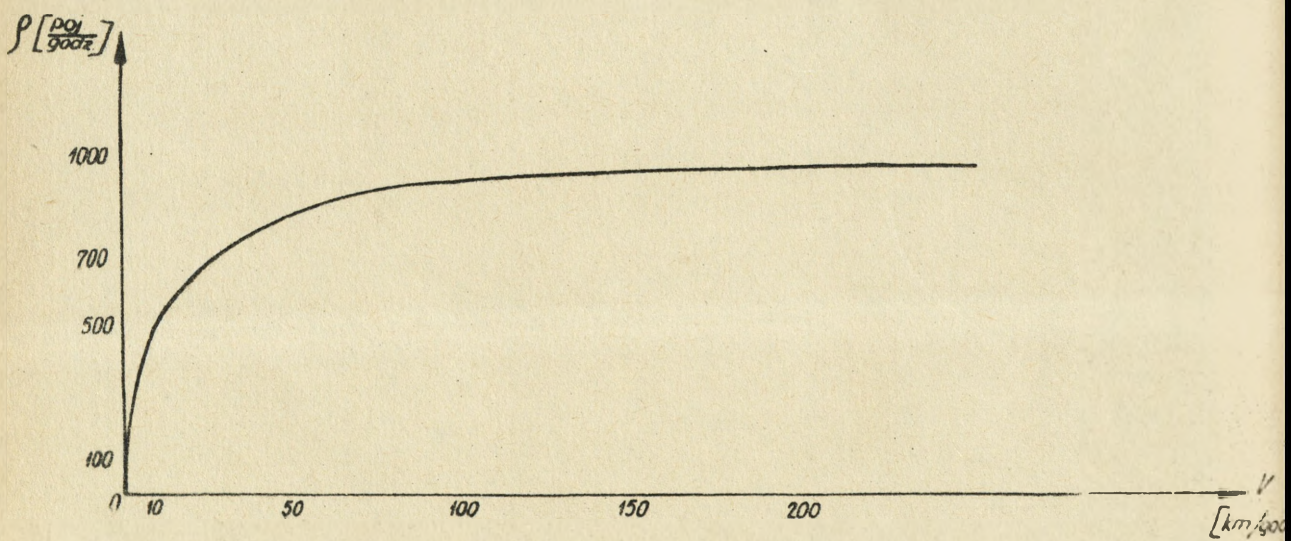
$$V = 10 \text{ km/godz. to } P_m = \frac{1000 \cdot 10}{10 + 10} = 500$$

$$V = 50 \text{ km/godz. to } P_m = \frac{1000 \cdot 50}{50 + 10} = 833$$

$$V = 100 \text{ km/godz. to } P_m = \frac{1000 \cdot 100}{100 + 10} = 910$$

$$V = 150 \text{ km/godz. to } P_m = \frac{1000 \cdot 150}{150 + 10} = 936$$

$$V = 200 \text{ km/godz. to } P_m = \frac{1000 \cdot 200}{200 + 10} = 953$$



Jak z powyższego wynika to krzywa przepustowości przebiega asymptotycznie, a nie tak - jak w pracy zbiorowej "Samochody od A do Z" str. 111 - parabolicznie. Jednocześnie nie słuszne jest pojęcie /jak już było stwierdzone/, że odległość między pojazdami w kolumnie w metrach jest równa ich prędkości ruchu w km/godz. Jak z powyższego wykresu wynika /a tym bardziej gdyby przyjąć wykres z pracy zbiorowej/, to nie opłacało by się budować dobrych dróg, gdyż jak widać - przepustowość już przy niewielkich prędkościach bardzo nieznacznie [illegible]sta i tym bardziej mniej wzrasta przy prędkościach większych.

4. Przepustowość drogi przy odległościach między samochodami w kolumnie według proponowanych poglądów.

Biorąc za podstawę udowodniony już uprzednio pogląd zachodzi za tym pytanie, czy nie można zmniejszyć odległości między pojazdami i o ile, by w ten sposób zwiększyć przepustowość drogi - przy zabezpieczeniu pełnego bezpieczeństwa ruchu - i czy takie zmniejszenie da widoczny i pozytywny rezultat.

Jeżeli przyjmiemy za właściwe udowodnione uprzednio odległości między pojazdami w kolumnie równe;

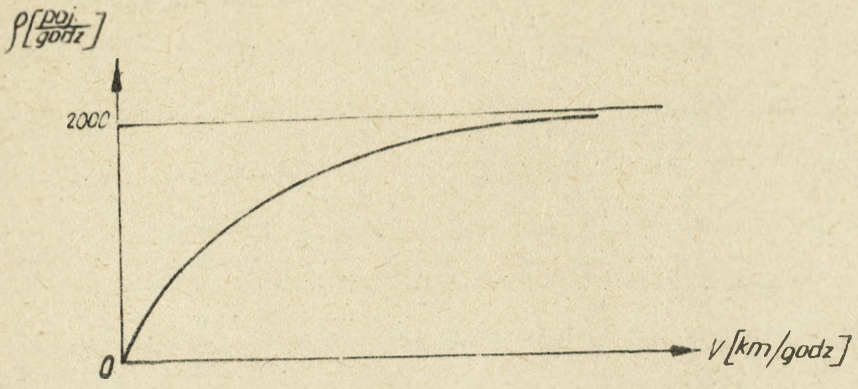
$$x = \frac{1}{2}V\alpha + W_b$$

to wówczas $a = \frac{1}{2}$

Z tego

$$\lim_{V \to \infty} \frac{1000t}{a} = \frac{1000t}{\frac{1}{2}} = 2000t$$

Jeżeli t = 1 godz., to wówczas krzywa przepustowości jest krzywą asymptotyczną zdążającą do 2000.



Dla uzyskania krzywej przepustowości przyjmuje się

t = 1 godz. i l = 10 m oraz $x = \frac{1}{2}V\alpha + W_b$

Wówczas dla:

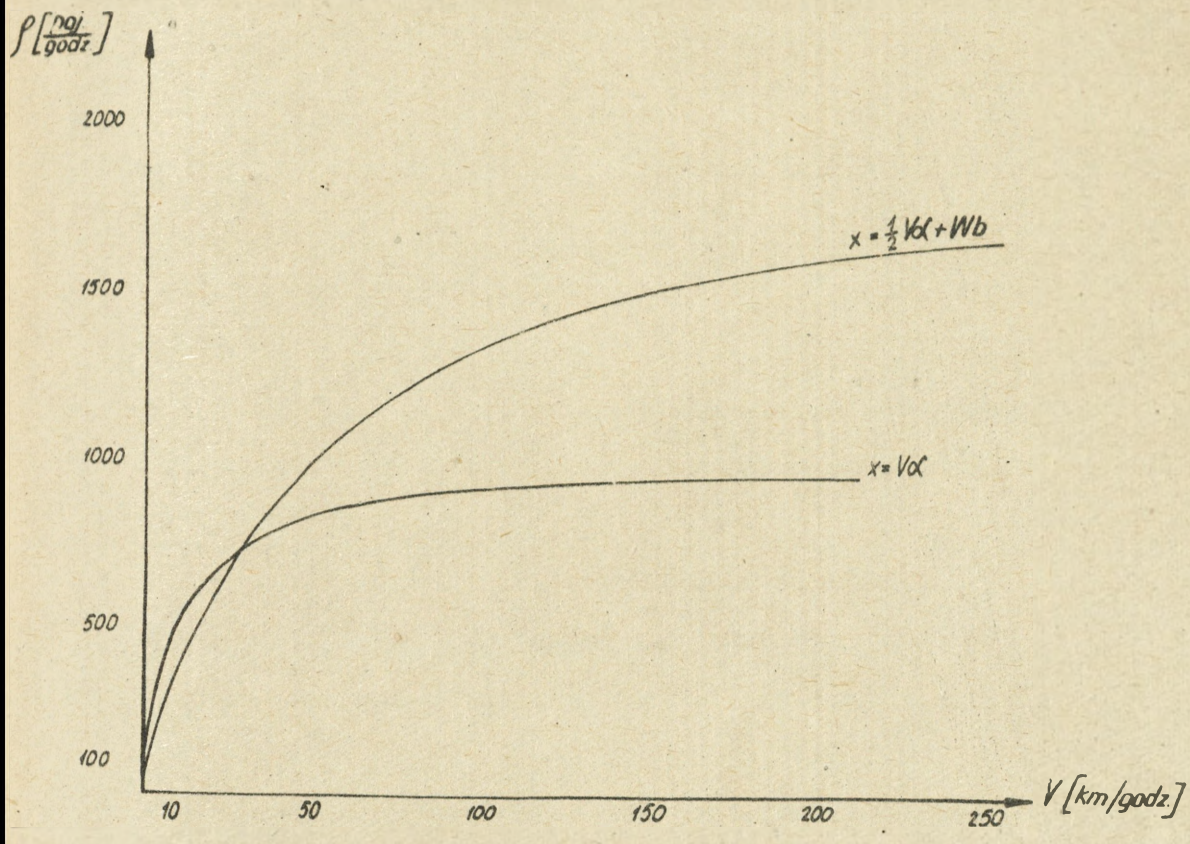
V = 10 km/godz. to $P_m = \frac{1000 \cdot 10}{5 + 15 + 10} = 333$

V = 50 km/godz. to $P_m = \frac{100 \cdot 50}{25 + 15 + 10} = 1000$

V = 100 km/godz. to $P_m = \frac{1000 \cdot 100}{50 + 15 + 10} = 1334$

V = 150 km/godz. to $P_m = \frac{1000 \cdot 150}{75 + 15 + 10} = 1500$

V = 200 km/godz. to $P_m = \frac{1000 \cdot 20}{100+15+10} = 1600$



Z powyższego wykresu dobitnie widać jak w sposób zauważalny wzrasta przepustowość drogi w zależności od wzrostu prędkości i dla prędkości, jakie mogą osiągnąć kolumny samochodowe, przepustowość ta dość widocznie rośnie.

5. Przepustowość drogi podczas ruchu kolumny samochodowej.

Przepustowość drogi uzależniona jest od prędkości ruchu pojazdów i ich ilości na jednym kilometrze bieżącym. Za tym;

$$\lambda = \frac{1000}{b} \quad [poj/km,/] \quad b = \frac{1000}{\lambda}$$

Jeżeli nie uwzględnimy bezpieczeństwa ruchu i odległości między pojazdami, wówczas wzór na ilość pojazdów mechanicznych znajdujących się na jednym kilometrze

bieżącym przyjmie abstrakcyjnie postać $\lambda = \frac{1000}{I}$

$$b = x + l$$

$$x = \frac{1}{2}V\alpha + W_b$$

$$b = \frac{1}{2}V\alpha + W_b + l$$

$$\frac{P_m}{t} = \frac{1000V}{b} = \rho\left[\frac{poj.}{godz.}\right]$$

gdzie:

b - odległość od przodu jednego pojazdu do przodu drugiego $[m/poj.]$

λ - ilość pojazdów mechanicznych na jeden kilometr $[poj./km.]$

ρ - ilość pojazdów mechanicznych na jedną godzinę $[poj./godz.]$

$$\rho = \frac{1000V}{b} = \frac{1000V}{\frac{1000}{\lambda}} = \frac{1000V\lambda}{1000}$$

$$\boxed{\rho = V\lambda}$$

Wzór jest słuszany jedynie tylko dla odpowiadającej ilości pojazdów przy bezpiecznej odległości między nimi. Jeżeli przyjmiemy;

$$W_b = 15\left[\frac{m}{poj.}\right] \qquad l = 10\left[\frac{m}{poj.}\right]$$

$$V = \left[\frac{km}{godz.}\right] \qquad \alpha = 1\left[\frac{godz. \cdot m}{poj \cdot km}\right]$$

to

$$\lambda = \frac{1000}{W_b + \frac{1}{2}V\alpha + 1}$$

$$\lambda = \frac{1000}{15 + \frac{1}{2}V \cdot 1 + 10}$$

$$\frac{1}{2}V\lambda + 25\lambda = 1000$$

$$\frac{1}{2}V\lambda = 1000 - 25\lambda$$

$$V\lambda = \frac{1000 - 25\lambda}{\frac{1}{2}}$$

$$V\lambda = 2000 - 50\lambda$$

ponieważ $V\lambda = \rho$ wówczas

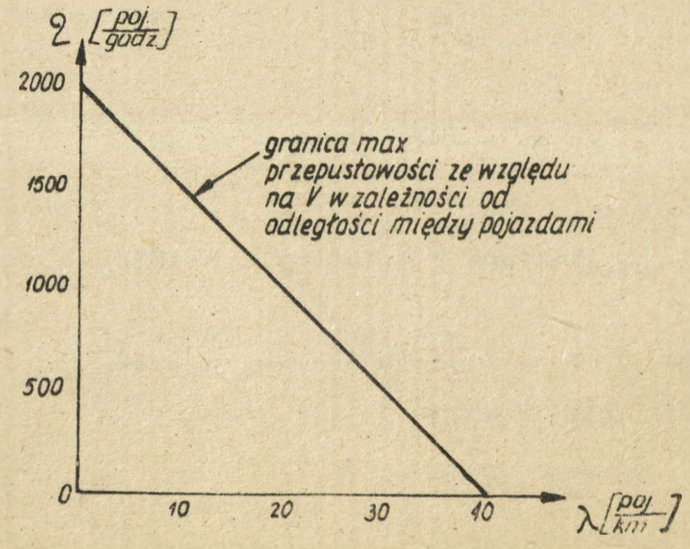
$$\boxed{\rho = 2000 - 50\lambda}$$

$\rho \to 0$ gdy $\lambda \to 40$ $\quad \rho = 2000 - 50.40 = 0$

$\rho \to 2000$ gdy $\lambda \to 0$ $\quad \rho = 2000 - 50.20 = 1000$

$\rho = 2000 - 50.10 = 1500$

$\rho = 2000 - 50.0 = 2000$



Należy nadmienić, że jeżeli jeden z przyjętych parametrów W_b; 1 lub x/v/ zmieni się, wówczas zmieni się również i granica przepustowości.

Przyjmując:

$$\rho = V\lambda \quad \text{to} \quad V = \frac{\rho}{\lambda}$$

$$\rho = 2000 - 50\lambda \quad \text{to} \quad V = \frac{2000 - 50\lambda}{\lambda}$$

$$\lambda = 40 \quad \text{to} \quad V = \frac{2000 - 50.40}{40} = \frac{0}{40} = 0$$

wówczas $\rho = 0.40 = 0$

$$\lambda = 30 \quad \text{to} \quad V = \frac{2000 - 50.30}{30} = 16{,}6$$

wówczas $\rho = 16{,}6 \cdot 30 = 498$

$$\lambda = 20 \quad \text{to} \quad V = \frac{2000 - 50.20}{20} = 50$$

wówczas $\rho = 50 \cdot 20 = 1000$

$$\lambda = 10 \quad \text{to} \quad V = \frac{2000 - 50.10}{10} = 150$$

wówczas $\rho = 150 \cdot 10 = 1500$

$$\lambda = 1 \quad \text{to} \quad V = \frac{2000 - 50.1}{1} = 1950$$

wówczas $\rho = 1950 \cdot 1 = 1950$

$$\lambda = \frac{1}{2} \quad \text{to} \quad V = \frac{200.50.\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = 3950$$

wówczas $\rho = 3950 \cdot \frac{1}{2} = 1975$

$\lambda \to 0$ to $V = \frac{2000-50.0}{0} \to \infty$

wówczas $\rho = \infty \cdot +0 \to 2000$

$V \to 0$ gdy $\lambda \to 40$

$V \to \infty$ gdy $\lambda \to 0$

W praktyce jednak ze względu na możliwości konstrukcyjno-techniczne pojazdów mechanicznych osiąganie dużych prędkości jest niemożliwe. Również niemożliwe jest osiąganie dużej prędkości ze względu na nawierzchnię drogi, jej profil i szerokość. Z tego też powodu praktyczna prędkość ruchu pojazdów mechanicznych - a szczególnie kolumn samochodowych jest w pewnym stopniu ograniczona.

Jak już zostało wyżej wspomniane, to prędkości ruchu pojazdów są do pewnego stopnia ograniczone. Dlatego też, w dalszym ciągu należy ustalić przepustowość drogi uzależniając od stałej prędkości ruchu V = const. oraz od nasycenia pojazdów na jeden kilometr drogi.

V = const. a $\lambda \neq$ const.

Jeżeli V = 30 km/godz. to $\lambda = \frac{1000}{b} = \frac{1000}{15+\frac{1}{2}.30+10} = 25$

wówczas $\rho = V \cdot \lambda = 30.25 = 750$ największa przepustowość

$\rho = 30.20 = 600$

$\rho = 30.0 = 0$ najmniejsza przepustowość

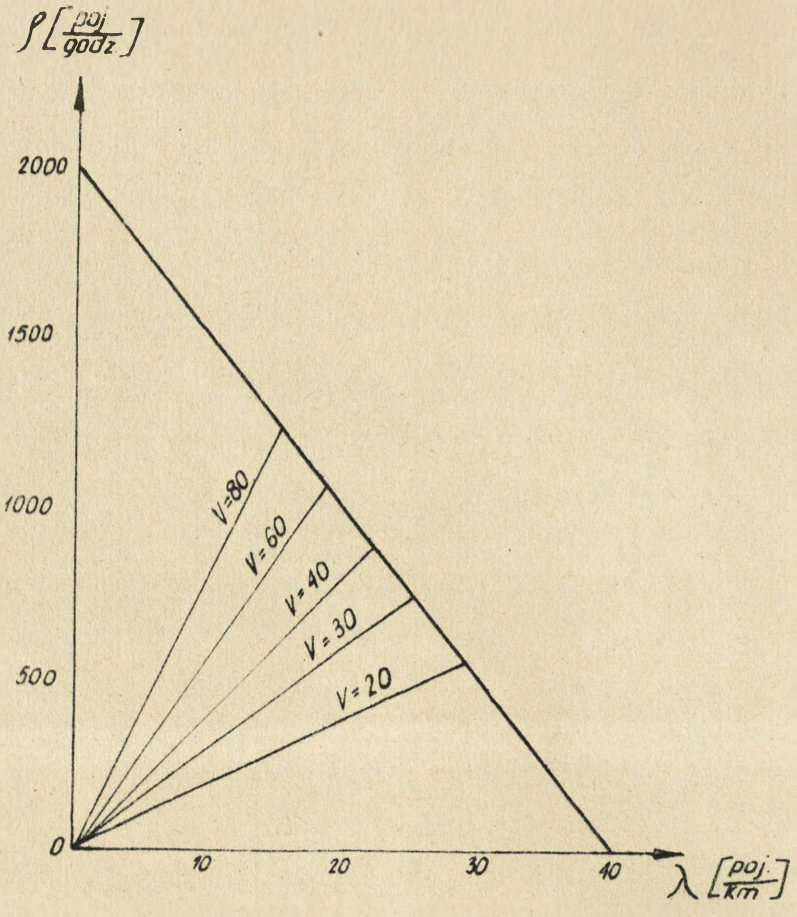
jeżeli V = 20 km/godz. to $\lambda = \frac{1000}{35} = 28,6$ a $\rho = 20.28,6 = 572$

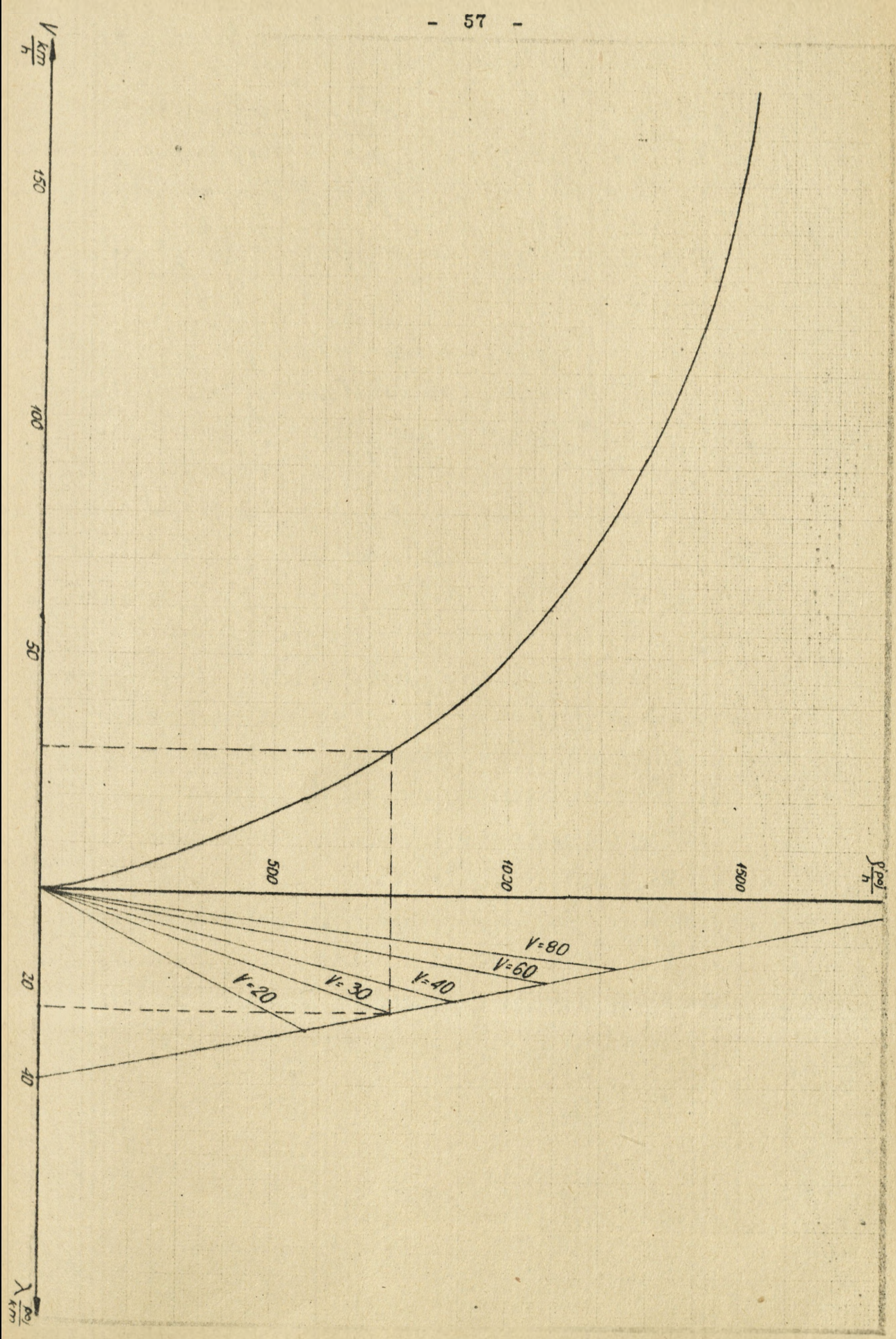
jeżeli V = 40 km/godz. to $\lambda = \frac{1000}{45} = 22,2$ a $\rho = 40.22,2 = 888$

jeżeli V = 60 km/godz. to $\lambda = \frac{1000}{55} = 18,2$ a $\rho = 60.18,2 = 1092$

jeżeli V = 80 km/godz. to $\lambda = \frac{1000}{65} = 15,4$ a $\rho = 80.15,4 = 1230$

Zależność tą przedstawia poniższy wykres.




V km/h
150
100
50
30
40
λ pej/km
500
1030
1500
p pej/h
V=80
V=60
V=40
V=30
V=20

Zależność w stosunku do prędkości, przepustowości dróg i nasycenia pojazdów n jeden kilometr bieżący drogi przedstawia wykres na następnej stronie.

6. Przepustowość drogi podczas ruchu ciągłego /w dużych miastach/.

Jak już zostało wykazane uprzednio, to w przypadku przyjęcia innych parametrów, a mianowicie takich, które dotyczą ruchu pojazdów na zatłoczonych drogach miejskich, otrzymamy również podobny wykres, lecz nieco o zmiennych wartościach. W miastach po głównych i zatłoczonych dro - gach poruszają się w zasadzie najczęściej pojazdy oso - bowe i autobusy /trolejbusy/ - rzadko pojazdy ciężarowe, a raczej w ogóle nie poruszają się pociągi drogowe. W takim przypadku średnia długość pojazdu l nie będzie wynosiła 10 mtr jak przyjęto w kolumnach samochodowych pojazdów ciężarowych - szczególnie wojskowych - lecz około l = 6 mtr. Tak samo warunek bezpieczeństwa nie za - kłada się 15 mtr. W miastach przy nasilonym ruchu, kie - rowcy samochodowi są zmuszeni do ciągłego utrzymywania w czasie jazdy mocno skupionej uwagi i dlatego warunek bezpieczeństwa może być utrzymywany o wiele mniejszy, a samochody przy zatrzymywaniu się na ulicy nie stają jeden za drugim 15 mtr., odległość ta waha się zazwyczaj w granicach około 2 mtr.

W takiej sytuacji.

$$\lambda = \frac{1000}{W_b + \frac{1}{2}V + 1} \qquad \text{gdzie} \quad W_b = 2 \ [\text{m/poj.}]$$

$$l = 6 \ [\text{m/poj.}]$$

wówczas

$$\lambda = \frac{1000}{2 + \frac{1}{2}V1 + 6}$$

$$\frac{1}{2}V\lambda = 1000 - 8\lambda$$

$$V\lambda = \frac{1000 - 8\lambda}{\frac{1}{2}}$$

$$\boxed{\rho = 2000 - 16\lambda}$$

$\rho \longrightarrow 2000$ gdy $\lambda \longrightarrow 0$

$\rho \longrightarrow 0$ gdy $\lambda \longrightarrow 125$

Z tych zależności wynika, że

$V \longrightarrow 0$ gdy $\lambda \longrightarrow 125$

$V \longrightarrow \infty$ gdy $\lambda \longrightarrow 0$

Jak z powyższego wynika, to na jednym kilometrze może znaleźć się do 125 pojazdów, a nie jak podano uprzednio, biorąc pod uwagę ruch kolumn poza miastem - szczególnie wojskowych , do 40 pojazdów.

Zakładając stałe prędkości otrzymamy:

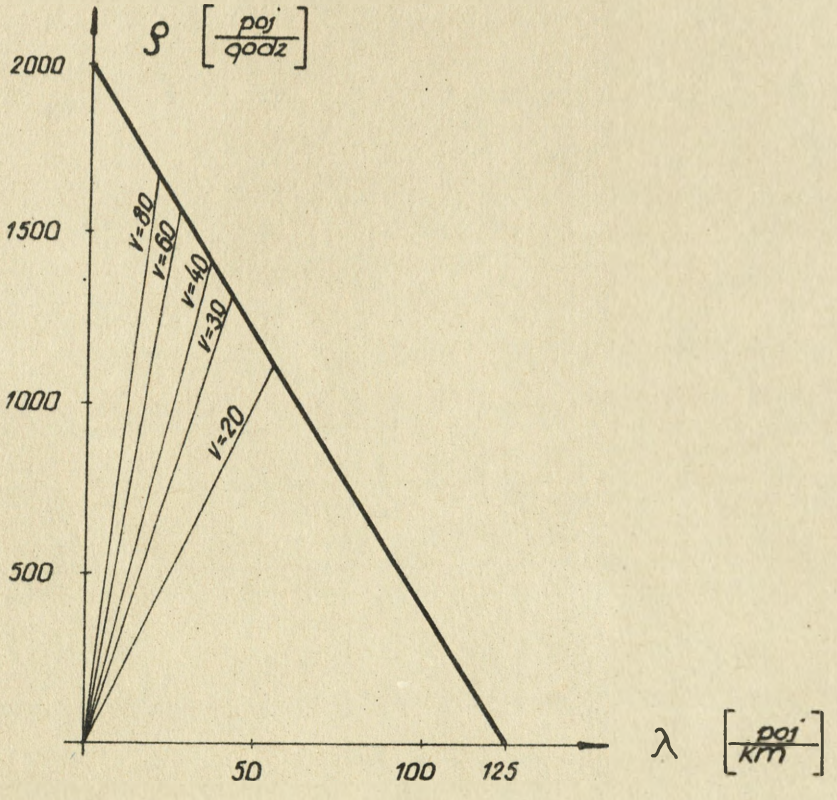
jeżeli V = 20 km/h to $\lambda = \frac{1000}{18} = 55,6$ a $\rho = 20.55,6 = 1112$

jeżeli V = 30 km/h to $\lambda = \frac{1000}{23} = 43,5$ a $\rho = 30.43,5 = 1310$

jeżeli V = 40 km/h to $\lambda = \frac{1000}{28} = 35,7$ a $\rho = 40.35,7 = 1428$

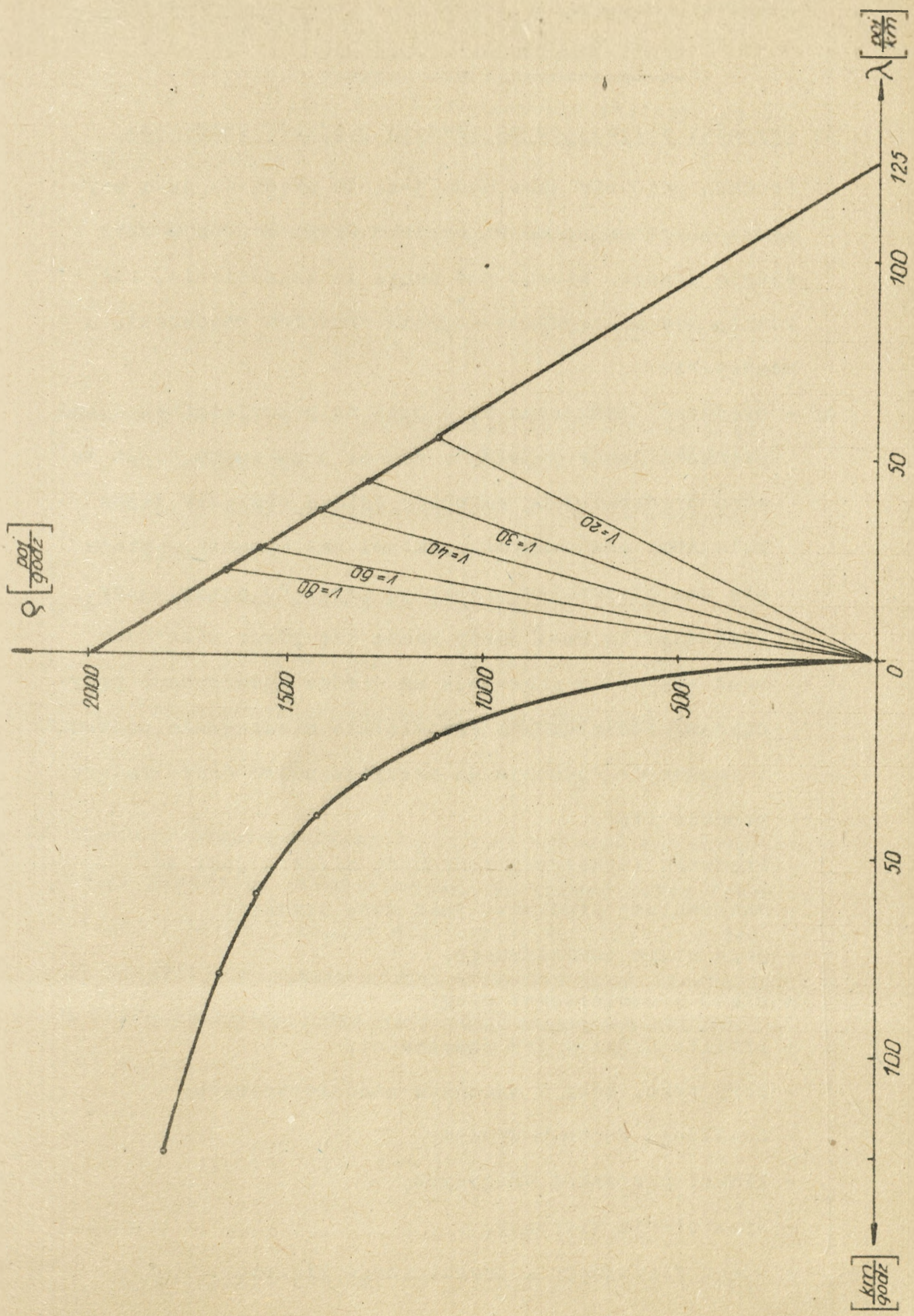
jeżeli V = 60 km/h to $\lambda = \frac{1000}{38} = 26,3$ a $\rho = 60.26,3 = 1576$

jeżeli V = 80 km/h to $\lambda = \frac{1000}{48} = 20,4$ a $\rho = 80.20.4 = 1668$



Powyższy wykres przedstawia granicę maksymalnej przepustowości ze względu na V w zależności od odległości między pojazdami oraz przepustowość w zależności od V = const.

Zależności w stosunku do prędkości, przepustowości dróg i nasycenia pojazdów na jeden kilometr bieżący drogi przedstawia wykres na następnej stronie.


ϑ [zpoč/100]
2000
1500
1000
500
0
V = 20
V = 30
V = 40
V = 60
V = 80
λ [zpoč/km]
125
100
50
0
50
100
V [zpoč/km]

V. ŚREDNIA PRĘDKOŚĆ KOLUMN SAMOCHODOWYCH I NIEREGULARNOŚĆ RUCHU SAMOCHODÓW W KOLUMNIE

1. Czynniki wpływające na średnią prędkość samochodu.

Średnia prędkość samochodu jest to prędkość, jaką uzyskuje samochód na danym odcinku drogi w pewnym określonym czasie. Biorąc pod uwagę to zagadnienie, rozróżnia się następujące pojęcia średnich prędkości, a mianowicie:

a/ - prędkość techniczna V_t - jest to przeciętnie osiągana prędkość jazdy pojazdu w czasie jego ruchu. Jest to więc prędkość, jaką samochód osiąga pomiędzy dwoma kolejnymi planowanymi punktami zatrzymania. Wyraża się ona stosunkiem przebytej drogi do czasu jazdy. Przy czym za czas jazdy uważa się jazdę efektywną oraz wszystkie przestoje na drodze spowodowane przyczynami technicznymi /niewielkie niedmagania pojazdu/ i ruchowymi /postoje na skrzyżowaniach dróg, zatory drogowe itp/.

Prędkość techniczna samochodu zależna jest od:

- maksymalnej prędkości jaką może uzyskać;
- jego stanu technicznego;
- stanu i nawierzchni drogi;
- profilu drogi i jej szerokości;
- pory roku, doby i warunków atmosferycznych;
- nasilenia ruchu na drodze;
- ilości przeszkód drogowych;
- wyszkolenia kierowcy;
- stanu fizycznego i psychicznego kierowcy.

Dla uzyskania wzoru na prędkość techniczną wychodzi się z podstawowego wzoru na drogę

$S = V \cdot t$ stąd $t = \frac{S}{V}$ co pozwala obliczyć czas pracy pojazdu $t = \frac{S}{V_t} + t_z + t_o + t_w$

z powyższego prędkość techniczna samochodu równa się:

$$V_t = \frac{S}{t - /t_z + t_o + t_w} = \frac{S}{t_j} \quad [km/godz.]$$

S - długość trasy od punktu wyjazdu do punktu przeznaczenia [km]

t - ogólny czas przeznaczony na wykonanie zadania [godz.]

t_z - czas przeznaczony na załadowanie [godz.]

t_o - czas przeznaczony na odpoczynki [godz.]

t_w - czas przeznaczony na wyładowanie [godz.]

t_j - czas jazdy - równy; $t_j = t - /t_z + t_o + t_w/$

b/ prędkość eksploatacyjna V_e - jest wyrazem stosunku drogi przebytej przez samochód do całego czasu roboczego, łącznie z czasem zużytym na wszelkiego rodzaju przestoje z czasem przygotowawczym oraz ładowaniem i rozładowywaniem. Prędkość eksploatacyjną oblicza się z wzoru:

$$V_e = \frac{S}{t} \quad [km/godz.]$$

gdzie: V_e - prędkość eksploatacyjna [km/godz.]

Z powyższego wynika, że jedynie prędkość techniczna obrazuje techniczne możliwości ruchu pojazdu.

Prędkość eksploatacyjna obrazu tego nie daje, gdyż obejmuje również czas nie związany z bezpośrednim ruchem pojazdu.

2. Średnia prędkość samochodu w funkcji jego prędkości maksymalnej /na podstawie badań/.

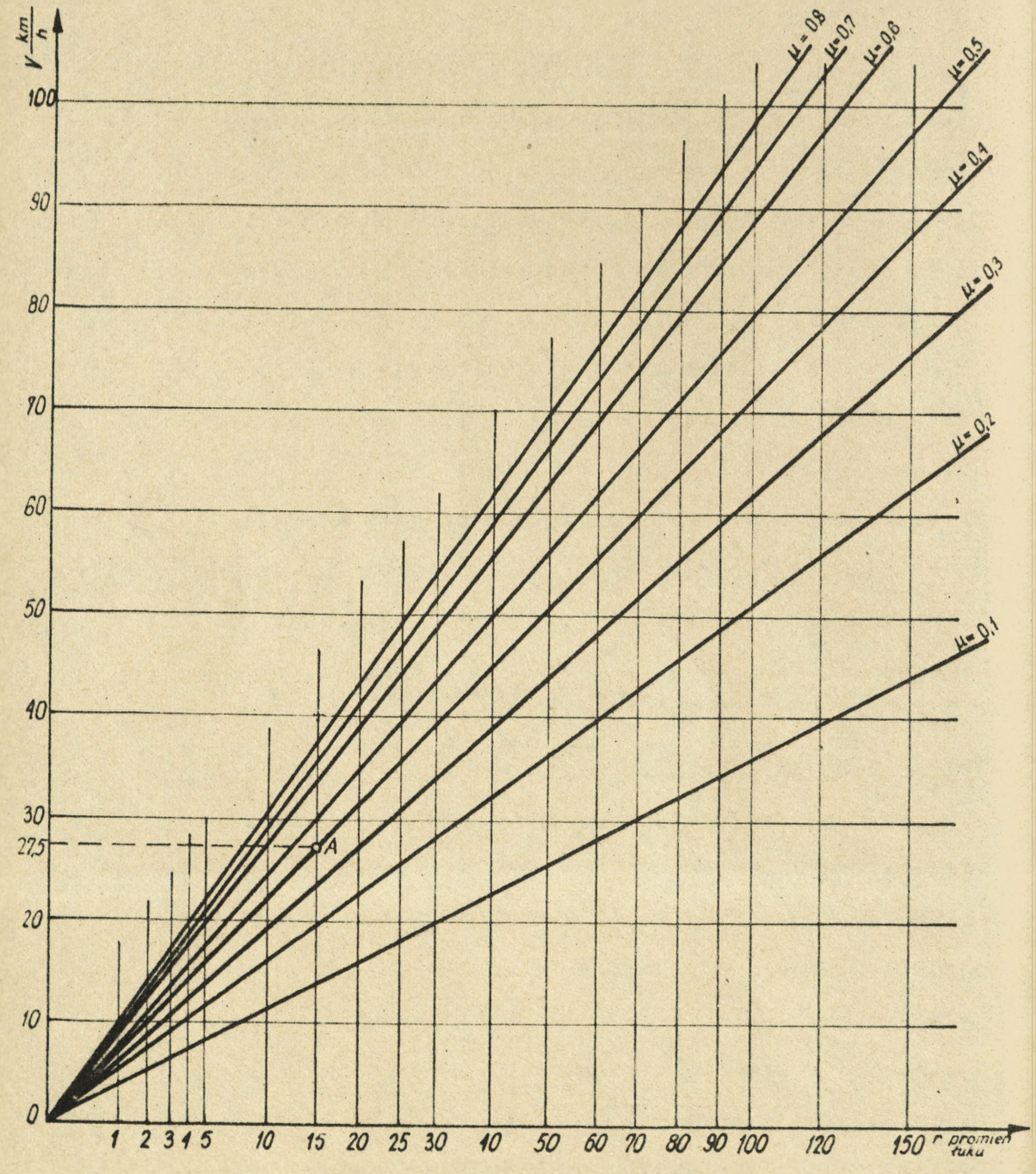
Prędkość techniczna V_t - jest jednocześnie średnią prędkością samochodu i jest mniejsza od prędkości maksymalnej jaką uzyskuje samochód na odcinkach trasy, po której się porusza. Czym prędkość maksymalna pojazdu w czasie ruchu jest większa, tym procentowe wykorzystanie średniej prędkości jest mniejsze. Taki stosunek wykorzystania średniej prędkości istnieje dlatego, gdyż na drodze istnieją wszelkiego rodzaju przeszkody hamujące ruch pojazdów mechanicznych, a mianowicie:

- mijanie i wyprzedzanie - im większą prędkość maksymalną może osiągać dany pojazd samochodowy, tym więcej traci na prędkości przy mijaniu - szczególnie na wąskich drogach. Tłumaczy się to tym, że czym jezdnia jest węższa, tym prędkość musi być mniejsza ze względu na bezpieczeństwo jazdy podczas mijania. Na wąskiej jezdni oba mijające się pojazdy, aby zachować w maksymalnym stopniu bezpieczeństwo ruchu, muszą zmniejszyć prędkość do granic bezpiecznych. Spowodowane jest to tym, że w takiej sytuacji mijanie się obu pojazdów odbywa się bardzo blisko z jednoczesnym ich ruchem prawie po poboczu jezdni. Szybka jazda w takiej sytuacji najczęściej kończy się wypadkiem samochodowym.

Należy mieć na uwadze również ruch powolnych pojazdów samochodowych. Taki ruch powoduje niejednokrotnie konieczność zatrzymania się w przypadkach wyprzedzania z jednoczesnym mijaniem się /o ile jest to jezdnia o dwóch pasach ruchu/;

zakręty - duża ilość zakrętów, a szczególnie ich małe promienie powodują znaczną utratę prędkości, tym większą, im większa jest prędkość maksymalna. Wykres na następnej stronie dokładnie obrazuje z jaką prędkością można pokonywać zakręty w zależności od współczynnika tarcia "μ" i promienia łuku. Tym samym widać do jakiej wielkości zmniejsza się niejednokrotnie prędkość pojazdu przy tego rodzaju sytuacjach. /W. Rychter str. 209/;

- wzniesienia - strome zjazdy, a szczególnie podjazdy powodują utratę prędkości. Silnik samochodu posiada ograniczoną moc. Dlatego też, jeżeli na trasie występują strome podjazdy, powstają w związku z tym dodatkowe opory - zwane oporem wzniesienia. W takiej sytuacji często zachodzi konieczność przeprowadzenia redukcji biegów, co prowadzi do poważnego zmniejszenia się prędkości ruchu. Wydawałoby się, że po pokonaniu wzniesienia, stratę prędkości można będzie nadrobić na zjeździe z wzniesienia. Jednak z uwagi na bezpieczeństwo ruchu nie można rozpędzać samochodu i praktycznie rzecz biorąc, prędkość samochodu zjeżdżającego z wzniesienia jest niewiele wyższa od jego prędkości podczas wjazdu na wzniesienie. W sytuacjach, kiedy podczas wjazdu na wzniesienie zajdzie konieczność mijania, a tym bardziej wyprzedzania, wówczas utrata prędkości jest bardzo


v km/h
100
90
80
70
60
50
40
30
27,5
20
10
0
A
μ = 0,8
μ = 0,7
μ = 0,6
μ = 0,5
μ = 0,4
μ = 0,3
μ = 0,2
μ = 0,1
1 2 3 4 5 10 15 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 120 150
r promień łuku

znaczna. W takich sytuacjach kierowca nie może we właściwy sposób wykorzystać warunków drogowych i siły kinetycznej masy rozpędzonego samochodu;

- miejscowości - w tych rejonach zachodzi konieczność celowego zmniejszenia prędkości z powodu zachowania maksymalnego bezpieczeństwa ruchu drogowego. Kodeks Drogowy ogranicza w miejscowościach prędkość pojazdu nie przekraczającą 50 km/godz.

Dla uzyskania danych o średnich prędkościach pojazdów samochodowych /w zależności od prędkości maksymalnych z jakimi poruszają się po danej drodze/ przeprowadzono badania w sposób następujący:

- wykorzystano przejazdy samochodów w celach tak służbowych jak i prywatnych;
- podczas takiego przejazdu odnotowywany był czas wyjazdu i przyjazdu do punktu docelowego, stan licznika przed wyjazdem i w punkcie docelowym oraz wszelkiego rodzaju czasy stracone na odpoczynki w czasie drogi;
- trasy, po których odbywały się badania, były do siebie podobne tak pod względem nasilenia ruchu, jak również ukształtowania terenowego i nawierzchni drogi;
- długość tych dróg wynosiła około 100 km a szerokość jezdni około 6 m. ;
- drogi na tej długości przebiegały przez 2 miasteczka oraz szereg mniejszych i większych wsi;
- w czasie badania kierowca w pełni przestrzegał przepisów o ruchu drogowym i utrzymywał w miarę możliwości założoną prędkość maksymalną;
- do badań użyte były samochody osobowe marki "Warszawa"

i "Syrena";

- zapisy w czasie prowadzonych badań dokonywane były w karcie chronometrażowej. Wzór karty chronometrażowej na następnej stronie;
- badania odbywały się z zachowaniem zbliżonych warunków atmosferycznych, pory roku i dnia;
- badania zostały przeprowadzone w zakresie użytkowych prędkości na tego rodzaju drogach.

W badaniach średniej prędkości pojazdu samochodowego, mamy do czynienia z losowym charakterem zjawiska /częściowy zator na drodze, niedomagania w pracy któregoś z zespołu samochodu itd/, co w konsekwencji pociąga za sobą takie wykonanie badań, żeby wyniki ich pozwoliły na dokonanie prawidłowej oceny uzyskanych parametrów z uzasadnionym najmniejszym błędem. Chodzi o to, aby ocena poszczególnych wielkości na podstawie próbki złożonej z określonej ilości pomiarów, możliwie dokładnie odpowiadała rzeczywistemu stanowi w całej populacji.

W prowadzonych tego typu badaniach z góry przyjmuje się określony błąd jako błąd dopuszczalny nie mający większego wpływu na ostateczny wynik prowadzonych badań. Zazwyczaj przyjmuje się błąd wynoszący 5%. Wielkość próbki ilości zaobserwowanych zjawisk musi być tym większa im większy jest rozrzut wyników pomiarów przy tym samym założonym błędzie pomiarów. Z uwagi na niewielki rozrzut w wynikach z przeprowadzonych badań, dla dokładnego uzyskania danych przyjęto błąd wynoszący 2%.

KARTA CHRONOMETRAŻOWA

Skąd - dokąd	Rozpoczęcie kursu		Zakończenie kursu		Czas odpoczynków /min/	V_{max}
	Licznik	Czas	Licznik	Czas		

Z centralnego twierdzenia rachunku prawdopodobieństwa /twierdzenie Lapunowa/ wynika, że średnia z próbki posiada rozkład asymptotycznie normalny przy dowolnym rozkładzie zmiennej losowej. Opierając się na tym twierdzeniu można obliczyć liczebność próbki według wzoru:

$$N = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{b^2}$$

gdzie: t - współczynnik z tablic rozkładu normalnego. Przyjęto dla poziomu ufności 0,95; t = 1,96, oraz błąd oszacowania 2%

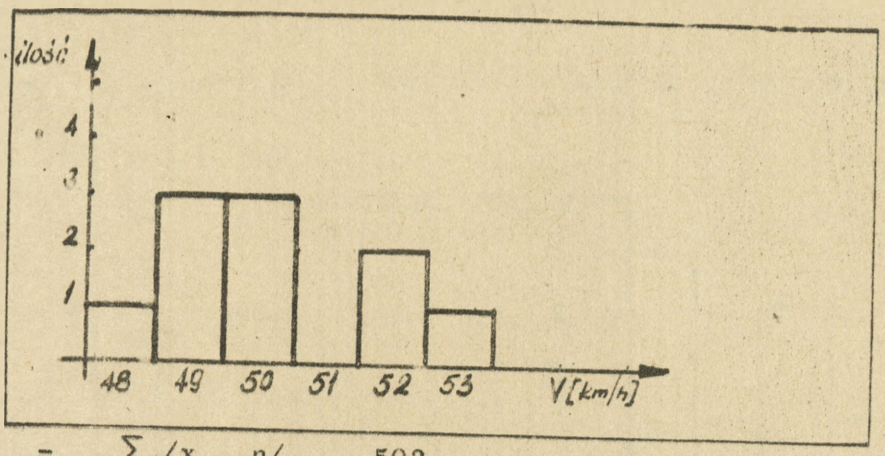
Wariancja $$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot n}{\sum n}$$

$$b = \frac{\bar{x} \cdot \%}{100}$$

Biorąc za podstawę prowadzone badania, uzyskano następujące wyniki w poszczególnych przedziałach prędkości.

Przy V_{max} = 60 km/godz.

x	n	x.n	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	$(x-\bar{x})^2.n$
48	1	48	-2,2	4,84	4,84
49	3	147	-1,2	1,44	4,32
50	3	150	-0,2	0,04	0,12
51	-	-	-	-	-
52	2	104	1,8	3,24	6,48
53	1	53	2,8	7,84	7,84
	10	502			23,6



$$\bar{x} = \frac{\sum (x \cdot n)}{\sum n} = \frac{502}{10} = 50,2 \quad \text{czyli } V_t = 50,2 \text{ km/godz.}$$

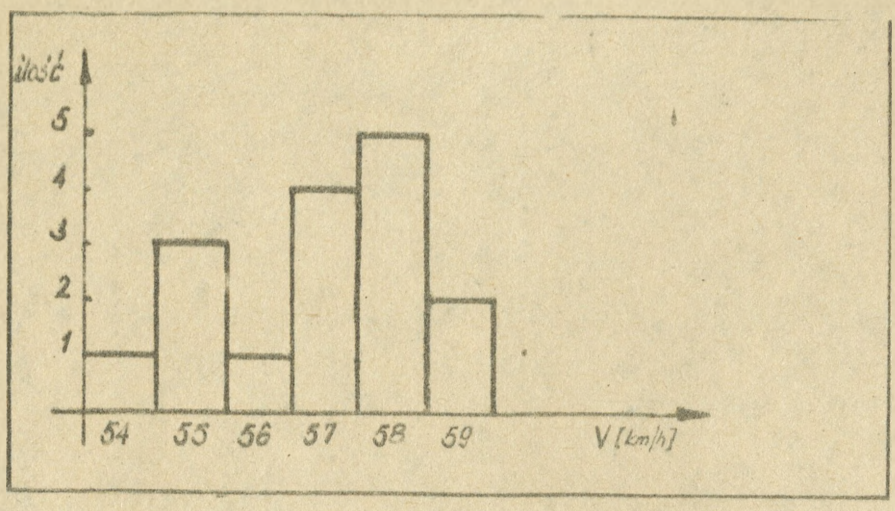
$$\delta^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot n}{\sum n} = \frac{23,6}{10} = 2,36$$

$$b = \frac{\bar{x} \cdot \%}{100} = \frac{50,2 \cdot 2}{100} = \frac{100,4}{100} = 1$$

$$N = \frac{t^2 \cdot \delta^2}{b^2} = \frac{(1,96)^2 \cdot 2,36}{1^2} = \frac{3,84 \cdot 2,36}{1} = 9$$

Przy V_{max} = 70 km/godz.

x	n	x.n	$/x-\bar{x}/$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2 . n$
54	1	54	- 3	9	9
55	3	165	- 2	4	12
56	1	56	- 1	1	1
37	4	228	0	0	0
58	5	290	1	1	5
59	2	118	2	4	8
	16	211			35



$\bar{x} = \frac{911}{16} = 57$ czyli $V_t = 57$ km/godz.

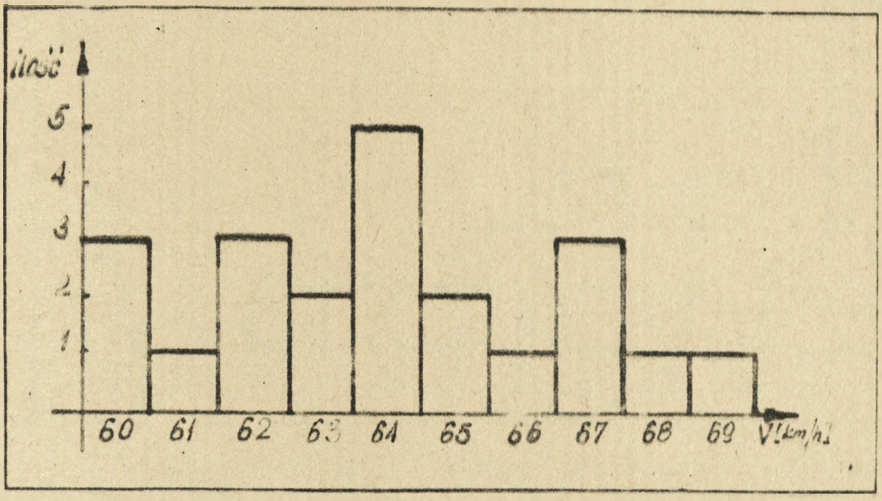
$\delta^2 = \frac{35}{16} = 2,2$

$b = \frac{57 \cdot 2}{100} = \frac{114}{100} = 1,14$

$N = \frac{3,84 \cdot 2,2}{/1,14/^2} = \frac{3,84 \cdot 2,2}{1,3} = 7$

Przy V_{max} = 80 km/godz.

x	n	z.n	$x-\bar{x}$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2 . n$
60	3	180	- 4	16	48
61	1	61	- 3	9	9
62	3	186	- 2	4	12
63	2	126	- 1	1	2
64	5	320	0	0	-
65	2	130	1	1	2
66	1	66	2	4	4
67	3	201	3	9	27
68	1	68	4	16	16
69	1	69	5	25	25
	22	1407			145



$\bar{x} = \frac{1407}{22} = 64$ czyli $V_t = 64$ km/godz.

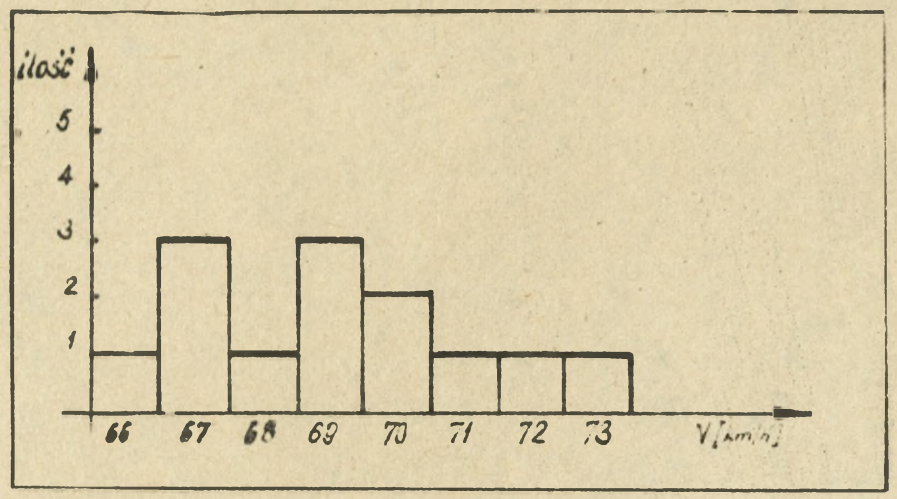
$\delta^2 = \frac{145}{22} = 6,6$

$b = \frac{64 : 2}{100} = \frac{128}{100} = 1,28$

$N = \frac{3,84 \cdot 6,6}{/1,28/^2} = \frac{25 \cdot 34}{1,64} = 16$

Przy $V_{max} = 90$ km/godz.

x	n	x·n	$x-\bar{x}$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2 \cdot n$
66	1	66	- 3	9	9
67	3	201	- 2	4	12
68	1	68	- 1	1	1
69	3	207	0	0	0
70	2	140	1	1	2
71	1	71	2	4	4
72	1	72	3	9	9
73	1	73	4	16	16
	13	898			54



$\bar{x} = \frac{898}{13} = 69$ czyli $V_t = 69$ km/godz.

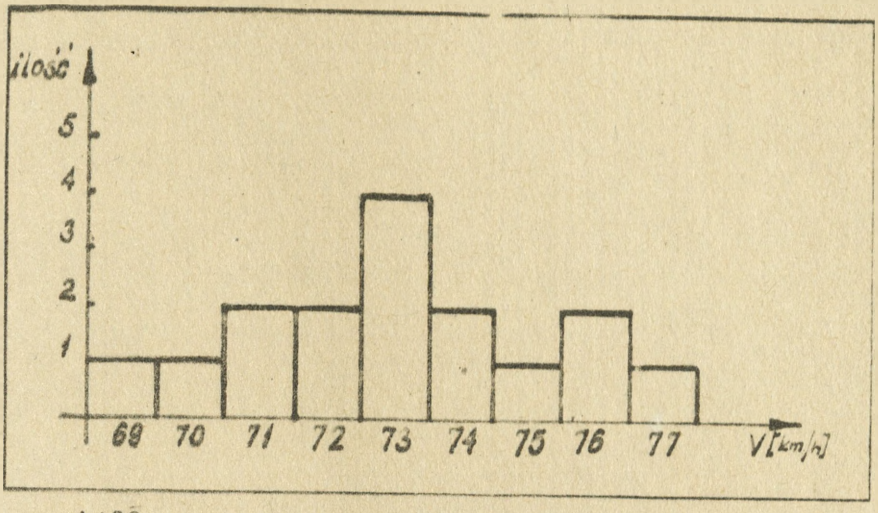
$\delta^2 = \frac{54}{13} = 4,2$

$b = \frac{69 \cdot 2}{100} = \frac{138}{100} = 1,38$

$N = \frac{3,84 \cdot 4,2}{/1,38/^2} = \frac{16,1}{1,9} = 9$

Przy $V_{max} = 100$ km/godz.

x	n	z·n	$x-\bar{x}$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2 \cdot n$
69	1	69	- 4	16	16
70	1	70	- 3	9	9
71	2	142	- 2	4	8
72	2	144	- 1	1	2
73	4	292	0	-	-
74	2	148	1	1	2
75	1	75	2	4	4
76	2	152	3	9	18
77	1	77	4	16	16
	16	1169			75



$\bar{x} = \frac{1169}{16} = 73$ czyli $V_t = 73$ km/godz.

$\delta^2 = \frac{75}{16} = 4,7$

$b = \frac{73 : 2}{10} = \frac{146}{10} = 1,46$

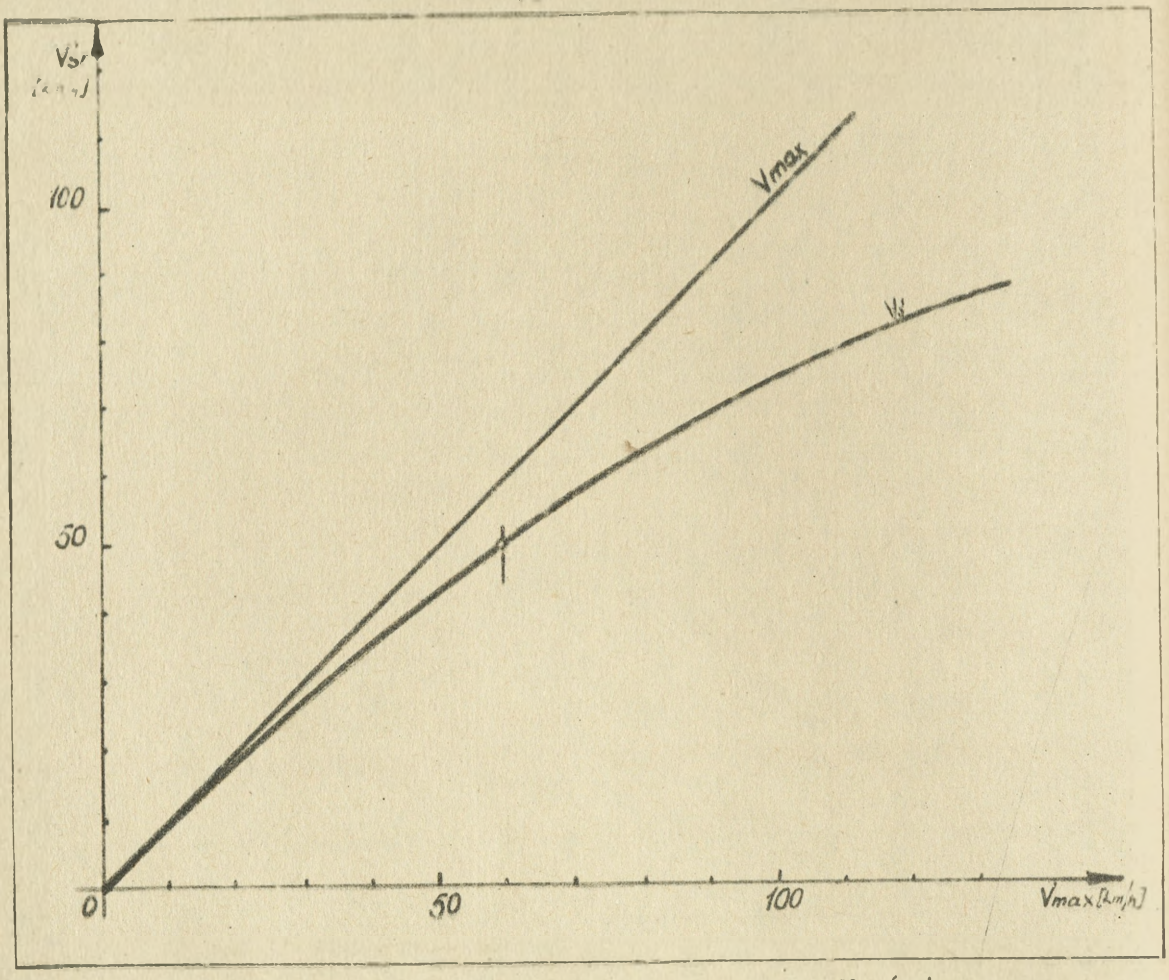
$N = \frac{3,84 : 4,7}{/1,46/^2} = \frac{18,2}{2,13} = 9$

Ilość przeprowadzonych badań w każdym przedziale prędkości jest wystarczająca, gdyż nawet nieco przekracza potrzebne wielkości.

Na podstawie obliczeń z przeprowadzonych badań uzyskuje się tabelę o następujących wynikach.

x	0	60	70	80	90	100
y	0	50,2	57	64	69	73

Nanosząc powyższe dane na wykres uzyskujemy przebieg krzywej średniej prędkości pojazdu samochodowego w funkcji jego prędkości maksymalnej.



Celem uzyskania wyrażenia średniej prędkości w postaci równania matematycznego należy przeprowadzić weryfikację tej krzywej. Z powyższego wykresu wynika, że prawdopodobnie mamy do czynienia z funkcją:

$$y^n = ax$$

Przed przystąpieniem do obliczeń przeprowadza się wyrównanie krzywej metodą średniej ruchomej trzypunktowej.

x:	0	60	70	80
	60	70	80	90
	70	80	90	100
	130:3 = 43,3	210:3=70	240:30=80	190:3=90

Y:	0	50,2	57	64
	50,2	57	64	69
	57	64	69	73
	107;2:3=35,7	171,2:3=57	190:3=63,3	206:3=68,7

otrzymuje się nową tablicę danych.

x	43,3	70	80	90
y	35,7	57	63,3	68,7

Z pierwszej pary x,y wynika

$$35,7^n = 43,3a$$

zaś z drugiej pary $57^n = 70a$

Po podzieleniu tego równania stronami otrzymujemy

$$\left(\frac{57}{35,7}\right)^n = \frac{70}{43,3}$$

stąd= n /lg 57 - lg . 35,7/ = lg 70 - lg43,3.

$$n_{2,1} = \frac{\lg 70 - \lg 43,3}{\lg 57 - \lg 35,7} = \frac{1,8451 - 1,6365}{1,7559 - 1,5527} = \frac{2086}{2032} = 1,02$$

$$n_{3,2} = \frac{\lg 80 - \lg 70}{\lg 63,3 - \lg 57} = \frac{1,9031 - 1,8451}{1,8014 - 1,7559} = 1,25$$

$$n_{4,3} = \frac{\lg 90 - \lg 80}{\lg 68,7 - \lg 63,3} = \frac{1,9542 - 1,9031}{1,8370 - 1,8014} = 1,40$$

$$\bar{n} = \frac{1,02 + 1,25 + 1,40}{3} = 1,22$$

Wykładnik potęgowy badanej funkcji wynosi więc 1,22 W dalszym ciągu obliczeń stała się wielkość parametru "a"

$$a = \frac{y^n}{x} \quad * \quad n \lg y - \lg x$$

$a_1 = 1,22 \lg 36,7 - \lg 43,3 = 1,22.1,5527-1,6365 =$

$= 1,8943 - 1,6365 = 0,2518 = 1,79$

$a_2 = 1,2 \lg 57 - \lg 70 = 1,22.1,7559.1,8451 =$

$= 2.1422 - 1,8451 = 0,2971 = 1,98$

$a_3 = 1,22 \lg 63,3 - \lg 80 = 1,22.1,8014-1,9031 =$

$= 2,1977-1,9031 = 0,2946 = 1,97$

$a_4 = 1,22 \lg 68,7 - \lg 90 = 1,22.1,8370-1,9542 =$

$= 2,2311-1,9542 = 0,2769 = 1,89$

$$\bar{a} = \frac{1,79+1,98+1,97+1,89}{4} = \frac{7,63}{4} = 1,91$$

Na podstawie przeprowadzonych badań uzyskuje się równanie krzywej średnich prędkości ruchu pojazdu samochodowego

$$y^{1,22} = 1,91\,x \qquad \text{czyli} \qquad \boxed{V_t^{1,22} = 1,91 V_{max}}$$

Mając powyższe równanie można ustalić V_t w zależności od V_{max} w każdym dowolnym punkcie.

V_{max} = 20 km/godz., wówczas - $\lg V_t = \frac{\lg (1,91 \cdot 20)}{1,22}$ =

$= \frac{\lg 38,2}{1,22} = \frac{1,5821}{1,22} = \boxed{1,2967}$

stąd: V_t = 19,8 km/godz.

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi:

$$\frac{19,8 \cdot 100}{20} = 99\%$$

V_{max} = 40 km/godz., wówczas $\lg V_t = \frac{\lg (1,91 \cdot 40)}{1,22}$ =

$= \frac{\lg 76,4}{1,22} = \frac{1,8831}{1,22} = 1,5435$

stąd: V_t = 35 km/godz.

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi:

$$\frac{35 \cdot 100}{40} = 87,6\%$$

V_{max} = 60 km/godz,, wówczas $\lg V_t = \frac{\lg (1,91 \cdot 60)}{1,22}$ =

$= \frac{\lg 114,6}{1,22} = \frac{2,0592}{1,22} = 1,6879$

stąd: V_t = 48,8 km/godz.

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi:

$$\frac{48,8 \cdot 100}{60} = 81,3\%$$

V_{max} = 80 km/godz., wówczas $lgV_t = \frac{lg(1,91 \cdot 80)}{1,22} =$

$= \frac{lg\ 152,8}{1,22} = \frac{2,1841}{1,22} = 1,7902$

stąd: $V_t = 61,7$

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi:

$$\frac{61,7 \cdot 100}{80} = 77,2\%$$

V_{max} = 100 km/godz., wówczas $lgV_t = \frac{(lg\ 1,91 \cdot 100)}{1,22}$

$= \frac{lg\ 191}{1,22} = \frac{2 \cdot 2810}{1,22} = 1,8615$

stąd: V_t = 72,7 km/godz.

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi :

$$\frac{72,7 \cdot 100}{100} = 72,7\%$$

V_{max} = 130 km/godz., wówczas $lgV_t = \frac{lg(1,90 \cdot 130)}{1,22} =$

$= \frac{lg\ 248,3}{1,22} = \frac{2,3950}{1,22} = 1,9631$

stąd: V_t = 91,8 km/godz.

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi :

$$\frac{91,8 \cdot 100}{130} = 70,6\%$$

V_{max} = 150 km/godz., wówczas $V_t = \frac{lg(1,91 \cdot 150}{1,22} =$

$$= \frac{lg\ 286,5}{1,22} = \frac{2,4572}{1,22} = 2,0141$$

stąd: V_t = 100 km/godz.

procent wykorzystania średniej prędkości wynosi:

$$\frac{100 \cdot 100}{150} = 66,6\%$$

Poniższa tabela obrazuje procentowe wykorzystanie średniej prędkości samochodu w zależności od jego prędkości maksymalnej

V_{max} /km/	V_t /km/	procent wykorzystania prędkości maksymalnej /w %/
20	19,8	99
40	35	87,6
60	48,8	81,3
80	61,7	77,2
100	72,7	72,7
130	91,8	70,6
150	100	66,6

3. Czynniki wpływające na średnią prędkość kolumn samochodowych.

Srednia prędkość kolumn samochodowych zależna jest od tych samych warunków co i pojedynczych pojazdów samochodowych, a ponadto od:

- maksymalnej prędkości najpowolniejszego pojazdu samochodowego w kolumnie;

- ilości pojazdów samochodowych w kolumnie;
- różnorodności pojazdów samochodowych w kolumnie.

Z tych to też powodów prędkość techniczna kolumn samochodowych przy tych samych warunkach jazdy jest zawsze mniejsza od prędkości technicznej pojazdu samochodowego poruszającego się samodzielnie. Na powyższe wpływa różnorodność pojazdów samochodowych w kolumnie, posiadających różn wskaźniki dynamiczne i różne maksymalne prędkości. Oprócz tego stan techniczny pojazdów samochodowych również poważniej wpływa na obniżenie prędkości technicznej marszu kolumny niż podczas indywidualnej jazdy. Tłumaczy się to tym, że pojazdy samochodowe mogą pozostawać za kolumną z powodu defektów i z tych przyczyn muszą mieć możliwość jej dopędzenia. Przy słabym stanie technicznym więcej pojazdów pozostaje za kolumną, dlatego też należy niekiedy jechać celowo wolniej, aby dać możność szybszego dopędzenia kolumny przez pozostałe pojazdy. Różnica w tym przypadku jest taka, że przy poruszaniu się pojazdu samochodowego samodzielnie brany jest pod uwagę tylko jego stan techniczny, natomiast w marszu kolumny trzeba brać pod uwagę stan techniczny wszystkich pojazdów samochodowych znajdujących się w kolumnie.

Podczas ruchu kolumny samochodowej, jadące w niej pojazdy, mogą z takich czy innych przyczyn zostać uszkodzone i z tego powodu zatrzymują się na trasie marszu. Uszkodzony pojazd w kolumnie powinien natychmiast - o ile jest to możliwe - zjechać na prawą stronę drogi by nie hamować ruchu i zasygnalizować

o jego uszkodzeniu. Kierowca tego pojazdu zobowiązany jest przystąpić natychmiast do wykrycia i usunięcia uszkodzenia /niedomagania/, a po jego usunięciu dołączyć do składu kolumny. W takiej sytuacji kierowca ten pozostaje za kolumną i aby do niej dołączyć musi najpierw ją dopędzić. Dopędzenie kolumny odbywa się z maksymalną prędkością jaką można uzyskać pojazdem na danej drodze przy istniejącym ruchu, z zachowaniem jednak pełnego bezpieczeństwa jazdy.

Drogę oraz czas dopędzenia kolumny przez pozostały samochód można obliczyć następująco:

$$S_1 = S_2 \rightarrow \text{droga}$$

V_k – prędkość kolumny
t – czas jazdy kolumny

$$S_1 = V_k \cdot t + V_k \cdot T$$

$$S_1 = V_k \,/t + T/$$

$$S_2 = V_s \cdot T$$

$$V_k \,/t + T/ = V_s \cdot T$$

$$V_s \cdot T = V_k \cdot T + V_k \cdot t$$

$$T \,/V_s - V_k/ = V_k \cdot t$$

stąd:

$$T = \frac{V_k \cdot t}{V_s - V_k}$$

Drogę jaką przebędzie pojazd mechaniczny dopędzający kolumnę określa poniższy wzór:

$$S = T \cdot V_s \quad \text{lub} \quad S = \frac{V \cdot t \cdot V_s}{V_s \cdot V_k}$$

skąd:

S_1 - droga jaką przebędzie kolumna w czasie naprawy i dopędzenia kolumny przez pozostały samochód [km]

S_2 - droga jaką przebędzie samochód w czasie dopędzenia kolumny [km.]

V_k - prędkość kolumny [km/godz.]

t - czas naprawy /postoju/ pojazdu [godz. lub min.]

T - czas dopędzenia kolumny przez pozostały samochód [godz. lub min.]

W kolumnie najczęściej występują różne pojazdy mechaniczne tak pod względem maksymalnych prędkości jak również wskaźników dynamicznych oraz różne pod względem ich stanu technicznego. Tyczy się to też i samych kierowców. Różna ich umiejętność w kierowaniu pojazdem, wyszkolenie, doświadczenie - szczególnie ruchu w kolumnie - powoduje konieczność brania tych warunków pod uwagę przy ustalaniu prędkości technicznej dla kolumn samochodowych. Dlatego też średnia prędkość kolumny samochodowej będzie uzależniona od tych czynników, które najbardziej ograniczająco wpływają na możliwość uzyskania dużych prędkości.

Czas dla przejazdu kolumny równa się:

$$t = \frac{S}{V_t} + \frac{S_k}{V_p} + t_z + t_o + t_w$$

z czego prędkość techniczna kolumny równa się:

$$V_t = \frac{S}{t - \frac{S_k}{V_p} + t_z + t_o + t_w} = \frac{S}{t_j - \frac{S_k}{V_p}}$$

S - długość trasy od punktu wyjściowego do punktu rozdzielczego [km];

t - ogólny czas przeznaczony na wykonanie zadania [godz.];

S_k - długość kolumny [km];

V_p - prędkość kolumny na końcowym punkcie trasy [km/godz.];

t_z - czas przeznaczony na załadowanie, formowanie, wyciągania i dojazd kolumny do punktu przejścia [godz.];

t_o - czas przeznaczony na odpoczynki w czasie jazdy kolumny [godz.];

t_w - czas przeznaczony na wyładowanie pojazdów oraz zejście kolumny z punktu rozdzielczego do wyznaczonego rejonu [godz.];

t_j - czas jazdy - równy $t - /t_z + t_o + t_w/$

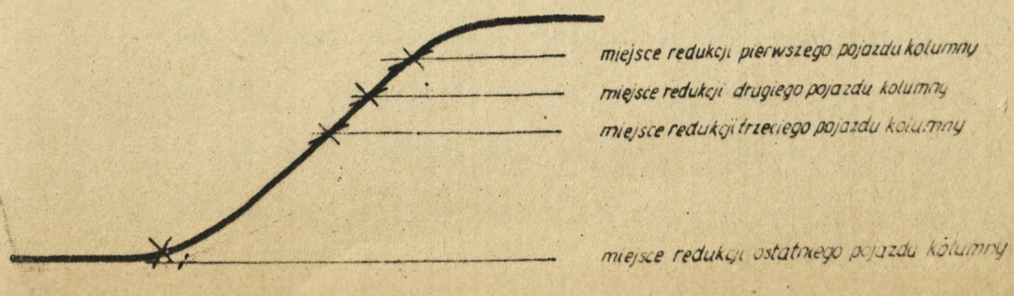
4. Czynniki wpływające na nieregularność ruchu samochodu w kolumnie.

Z ruchem kolumn samochodowych związany jest termin "nieregularności". Nieregularność ruchu kolumn jest to zjawisko rozciągania się i kurczenia kolumny samochodowej. Z praktycznego punktu widzenia jest to zjawisko szkodliwe. Toteż aby móc je jak najbardziej ograniczyć, trzeba znać zależności powodujące

te zjawiska i wszystkie tajniki prowadzenia kolumny. Rozciąganie się kolumny jest tym większe, im więcej pojazdów mechanicznych znajduje się w kolumnie oraz im gorsze są warunki ruchu. W ruchu kolumny, pojazdy jadące w jej ogonie, mają większą chwilową prędkość maksymalną niż jadące w jej czole. W stwierdzeniu tym tkwi pozorny paradoks, który jednak łatwo zrozumieć po wyjaśnieniu istoty sprawy.

Kierowcy nie są w stanie utrzymywać stale określonych odległości między samochodami. W zasadzie w czasie normalnej jazdy, gdy odległości między pojazdami wynoszą około 30 mtr., kierowca reaguje na zmianę odległości dopiero wtedy, gdy wynosi ona około ± 4 - 7 mtr., a przy większych prędkościach około ± 5 - 10 mtr. Kierowca, który chce zmniejszyć odległość musi uzyskać większą prędkość niż jego poprzednik. Następni kierowcy muszą robić to samo, lecz ich prędkość będzie wzrastała o ΔV praktycznie do takiej prędkości, jaką może maksymalnie uzyskać dany pojazd przy istniejących warunkach drogowych. Za nim nie następuje już wzrost prędkości, a pojazdy poruszają się już z maksymalną prędkością do momentu nadrobienia straconych odległości. Praktycznie rzecz biorąc, odległości te nadrabiane są przez poszczególne pojazdy więcej niż potrzeba, gdyż podczas zmniejszania odległości i prędkości zjawisko jest podobne, tylko przebiega w odwrotnym kierunku. Wzrost odległości jest powodowany ciągłym opóźnianiem zwiększania prędkości przez poszczególnych kierowców w kolumnie, a zmniejszanie odległości zbyt późnym reagowaniem na zmniejszanie prędkości.

Jeszcze większy wpływ na nieregularność ruchu kolumny ma charakter drogi i warunki ruchu drogowego. Podczas wjeżdżania na wzniesienia, kierowca jadący samochielnie wykorzystuje teren w ten sposób, że zwiększa prędkość przed wzniesieniem, aby wykorzystać później energię kinetyczną nadaną pojazdowi. Kierowca jadący w kolumnie /z wyjątkiem pierwszych samochodów/ tak nie może postępować z uwagi na ograniczoną odległość między pojazdami. Bardzo często kierowca w takiej sytuacji musi dokonywać nawet redukcji biegów, co powoduje duże zmniejszenie prędkości. Każdy następny kierowca w takiej sytuacji musi przeprowadzić także redukcję biegów, lecz zrobi to już niżej pod wzniesieniem niż przeprowadził ją poprzednik. Z tego powodu dalsi kierowcy w kolumnie nie mogą należycie wykorzystywać siły kinetycznej rozpędzonego pojazdu. Dlatego też podczas ruchu kolumny samochodowej po większych wzniesieniach zachodzi nawet taka ewentualność, że ostatni kierowcy w kolumnie zmuszeni będą do wielokrotnej redukcji biegów z uwagi na duże wytracanie prędkości- szczególnie wtedy - gdy poprzedni kierowcy źle przeprowadzą redukcję, lub przeprowadzą ją w nieodpowiednim momencie. Opisaną powyżej sytuację przedstawia poniższy wykres



W podobny też sposób przebiega sytuacja w ciężkim terenie i na drogach, gdzie z uwagi na ich stan nawierzchni lub wzmożony ruch zachodzi konieczność częstego zmieniania przyjętych na danym odcinku prędkości.

Mijanie powoduje to, że pierwsze pojazdy zmniejszają prędkość /na drogach wąskich/ podczas właściwego mijania się. Natomiast ostatnie pojazdy kolumny zmniejszają prędkość dużo wcześniej, tracąc tym samym na prędkości, którą muszą nadrobić na dalszej drodze. Droga, którą przebędzie ostatni pojazd w kolumnie przy zmniejszonej prędkości wynosi:

długość kolumny: $S = P_m / x + 1/$

pomniejszonej o zmniejszone odległości przy zmniejszonej prędkości

$$S' = P_m \frac{1}{2} \Delta \quad V\alpha$$

oraz o drogę, jaką przebędzie mijany pojazd przez kolumnę, przy jednoczesnym jej ruchu.

$$S'' = V_s \cdot t$$

$$t = \frac{S}{V} = \frac{S_k}{V_k} = \frac{P_m /x_1 + 1/}{2 V_k}$$

$$S'' = \frac{V_x \cdot P_m /x_1 + 1/}{2 V_k} = \frac{1}{2} P_m /x_1 + 1/$$

$$S = P_m /x + l/ - P_m \frac{1}{2} \Delta \ V\alpha - \frac{1}{2}P_m /x_1 + l/$$

$$S = P_m /x + l/ - \frac{1}{2}P_m /\Delta \ V\alpha + x_1 + l/$$

$$S = P_m /x + l - \frac{1}{2}\Delta \ V\alpha - \frac{1}{2}x_1 - \frac{1}{2}l/$$

$$S = P_m /x - \frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{2}l - \frac{1}{2}\Delta \ V\alpha /$$

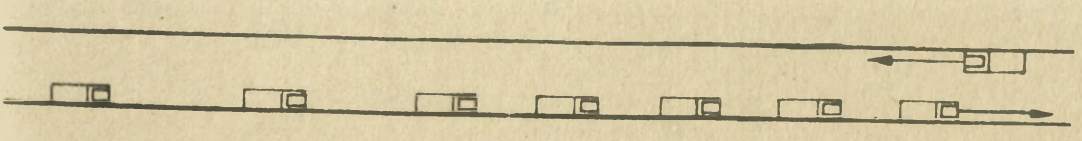
$$\boxed{S = \frac{1}{2}P_m /2x - x_1 + 1 - \Delta V\alpha /}$$

skąd

x_1 - odległość między pojazdami w czasie mijania [m]

α - współczynnik przeliczeniowy = 1.

W założeniu przyjmuje się, że podczas mijania prędkość kolumny i mijanego samochodu są sobie równe $/V_s = V_k/$.



Ostre zakręty powodują to, że pierwsze samochody dojeżdżają prawie do samego zakrętu i dopiero wtedy zmniejszają prędkość, natomiast pojazdy jadące w ogonie, prędkość tą muszą zmniejszyć odpowiednio wcześniej. Dlatego też, strata czasu na pokonanie zakrętu przez pierwszy i ostatni pojazd jest różna -

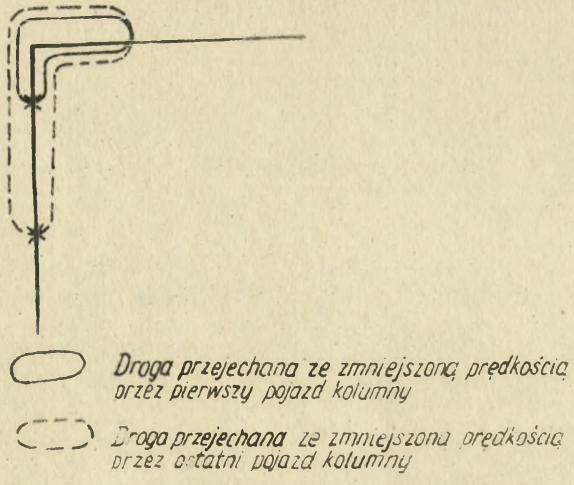
na niekorzyść tego ostatniego, który musi nadrabiać to później prędkością na dalszej trasie marszu. Drogę, którą przebędzie ostatni pojazd przy zmniejszonej prędkości można ustalić

$$S = P_m \angle x + 1/ - P_{m2}\frac{1}{2} \Delta V\alpha + S'$$

gdzie:

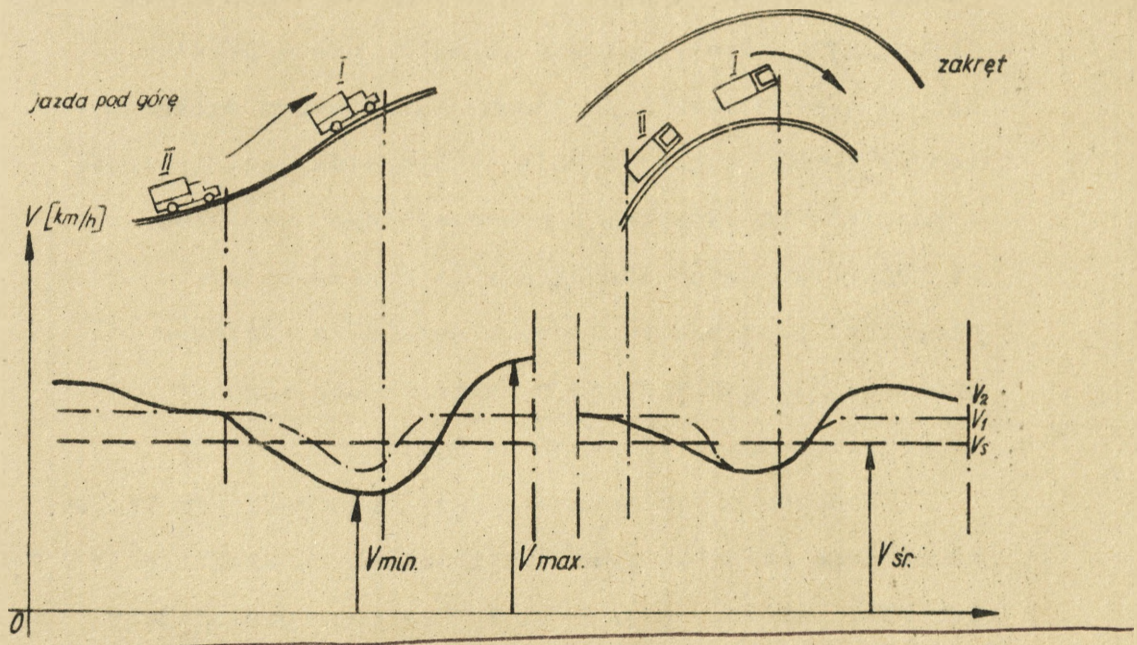
S' - długość zakrętu [m]

Sytuację tą obrazuje poniższy wykres.



Aby utrzymać na całej trasie prawidłową harmonijność kolumny, należałoby w każdej takiej sytuacji stosować jej wyciąganie. Jest to jednak niemożliwe, ponieważ zmniejszałoby to jej średnią prędkość. Mimo to, jeśli sytuacja drogowa lub warunki ruchu na niektórych odcinkach trasy marszu są bardzo złe, wyciąganie kolumny staje się konieczne. Jest to podyktowane koniecznością zachowania odpowiedniego skupienia kolumny i niedopuszczenie do jej rozerwania się. Szczególnego znaczenia nabiera harmonijność w kolumnach wojskowych, a tym bardziej w warunkach bojowych,

gdzie często spotyka się zatłoczone drogi. Wówczas każde zwiększenie odległości między pojazdami grozi jej rozerwaniem. Charakterystyczną zależność prędkości ruchu pierwszego i ostatniego samochodu przedstawia poniższy wykres.



Różnicy prędkości pierwszego i ostatniego pojazdu w kolumnie nie daje się wyliczyć matematycznie, gdyż w czasie ruchu jest tyle nieprzewidzianych sytuacji tak drogowych, technicznych jak i w wyszkoleniu kierowców, których nie sposób jest przewidzieć. Jednak dla określenia tych różnic można przeprowadzić szereg badań, które dadzą podstawę do bliższego określenia tych wielkości i pokusić się na tej podstawie do pewnych uogólnień. Badania takie są jednakowoż dość kosztowne i pracochłonne, wymagające odpowiedniego wyposażenia technicznego. Z tego też powodu nie są one pełną realizacją zamierzonego celu, lecz na ich podstawie można w za-

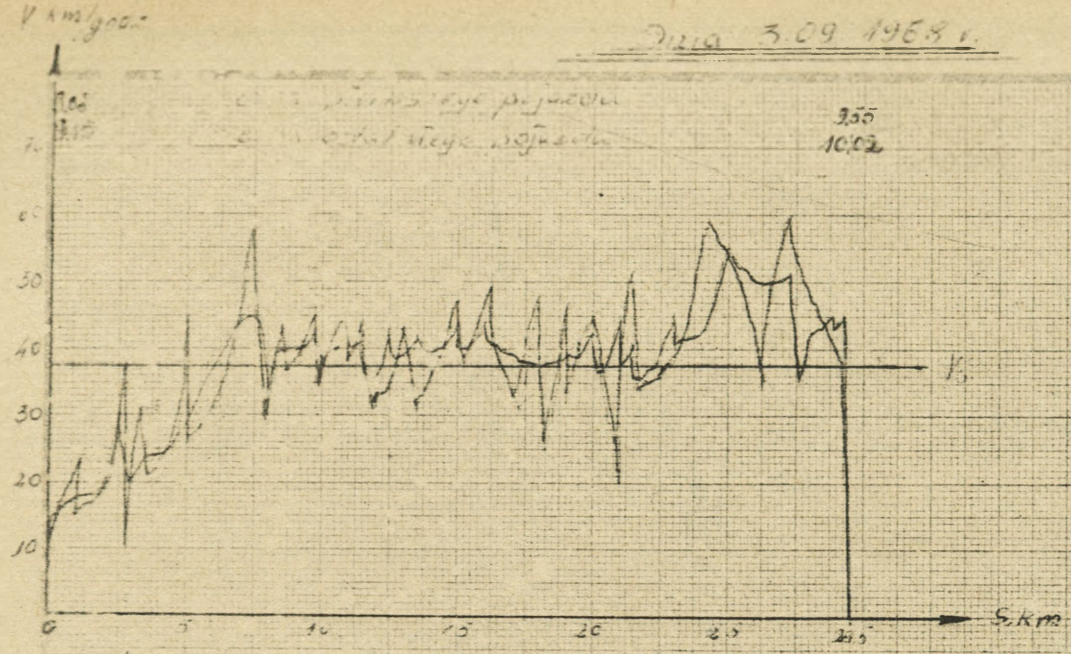
sadzie przyjąć już wszystkie twierdzenia za prawdopodobne. Dla zobrazowania tych zjawisk przeprowadzono szereg badań podczas marszu kolumn samochodowych. Były to kolumny w zasadzie typu wojskowego maszerujące po różnych drogach, z przeważającą jednak większością dróg gruntowych. Do badań użyto techografów, które jak się okazało, nie w pełni nadają się do tego typu badań. Największym mankamentem użytych w takiej formie techografów jest trudność w późniejszym odczytaniu poszczególnych wielkości. Do tego typu badań techografy te musiałyby być częściowo przekonstruowane, w celu 4-ro krotnego zmniejszenia skali czasu pełnego obrotu tarczy techografu, tj. z 24 godz. na 6 godz.

Podczas badań marszu kolumn samochodowych kierowcy do tego celu nie byli przygotowani, a wyszkolenie ich było bardzo różne. Byli to kierowcy posiadający prawo jazdy kategorii 2-giej, lecz byli i tacy, którzy posiadali prawo jazdy kategorii amatorskiej. Na tej podstawie można wszystkie wykazane wyniki uznać za całkowicie normalne i prawidłowe. Wyjątek stanowiła jedynie kolumna wykazana na stronie 93 , do której kierowców dobrano. Posiadali oni duże doświadczenie i byli powiadomieni o celu badania.

Wykresy na następnych stronach obrazują prędkości poruszania się pierwszego i ostatniego pojazdu w części z badanych kolumn. Natomiast na dalszych stronach przedstawione są zdjęcia tarcz techografów również tylko pewnej ilości badanych kolumn.

W sumie przeprowadzono 18 sytuacji w badanych kolumnach. Na tej podstawie można określić o jaki

Dnia 3.09 1968 r.



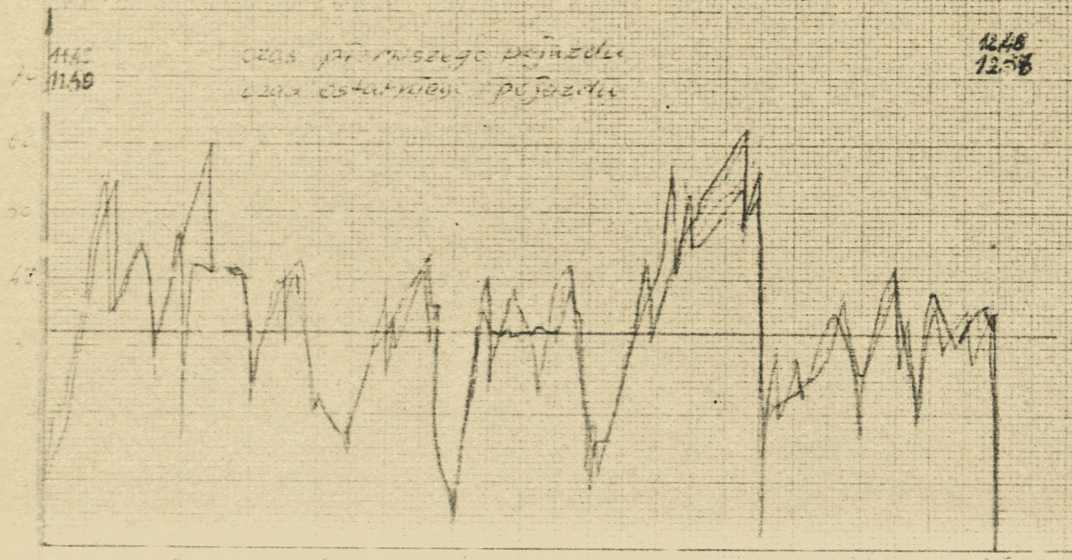
Pierwszy odcinek

V_{max} 55 km/godz
V_{min} 20 km/godz

$V_s = \frac{295 \cdot 60}{47} = 377$ km/godz

V_{max} 60 km/godz
V_{min} 10 km/godz

$V_s = \frac{295 \cdot 60}{47} = 37,7$ km/godz.



Drugi odcinek

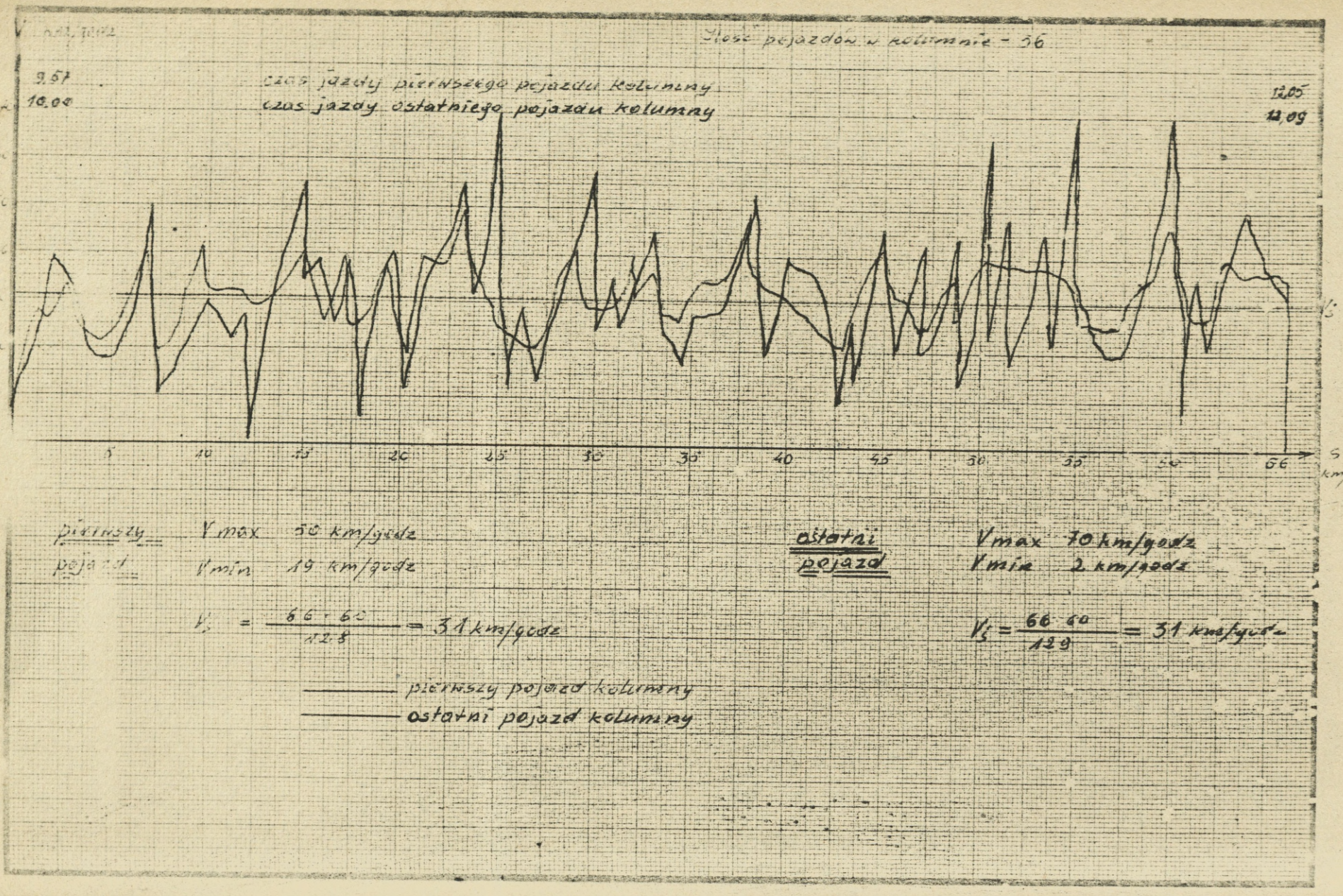
V_{max} 56 km/godz.
V_{min} 4 km/godz.

$V_s = \frac{35 \cdot 60}{66} = 32$ km/godz.

V_{max} 62 km/godz.
V_{min} 3 km/godz

$V_s = \frac{35 \cdot 60}{66} = 32$ km/godz.

——— pierwszy pojazd kolumny
——— ostatni pojazd kolumny



pierwszy pojazd — V_{max} 50 km/godz, V_{min} 19 km/godz

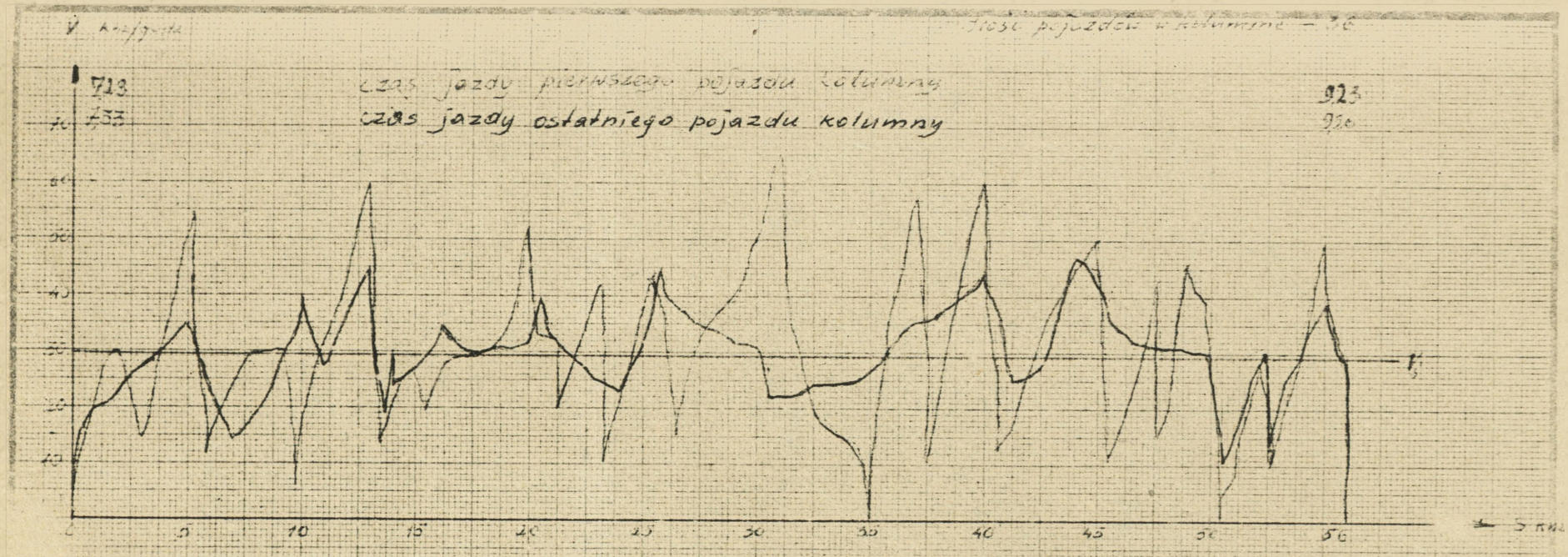
ostatni pojazd — V_{max} 70 km/godz, V_{min} 2 km/godz

$$V_s = \frac{66 \cdot 60}{12 \cdot 8} = 31 \text{ km/godz}$$

$$V_s = \frac{66 \cdot 60}{120} = 31 \text{ km/godz}$$

——— pierwszy pojazd kolumny

——— ostatni pojazd kolumny



Pierwszy pojazd

v_{max} 67 km/godz

v_{min} 40 km/godz

$v_s = \frac{26,60}{1,14} = 23,5$ km/godz

Ostatni pojazd

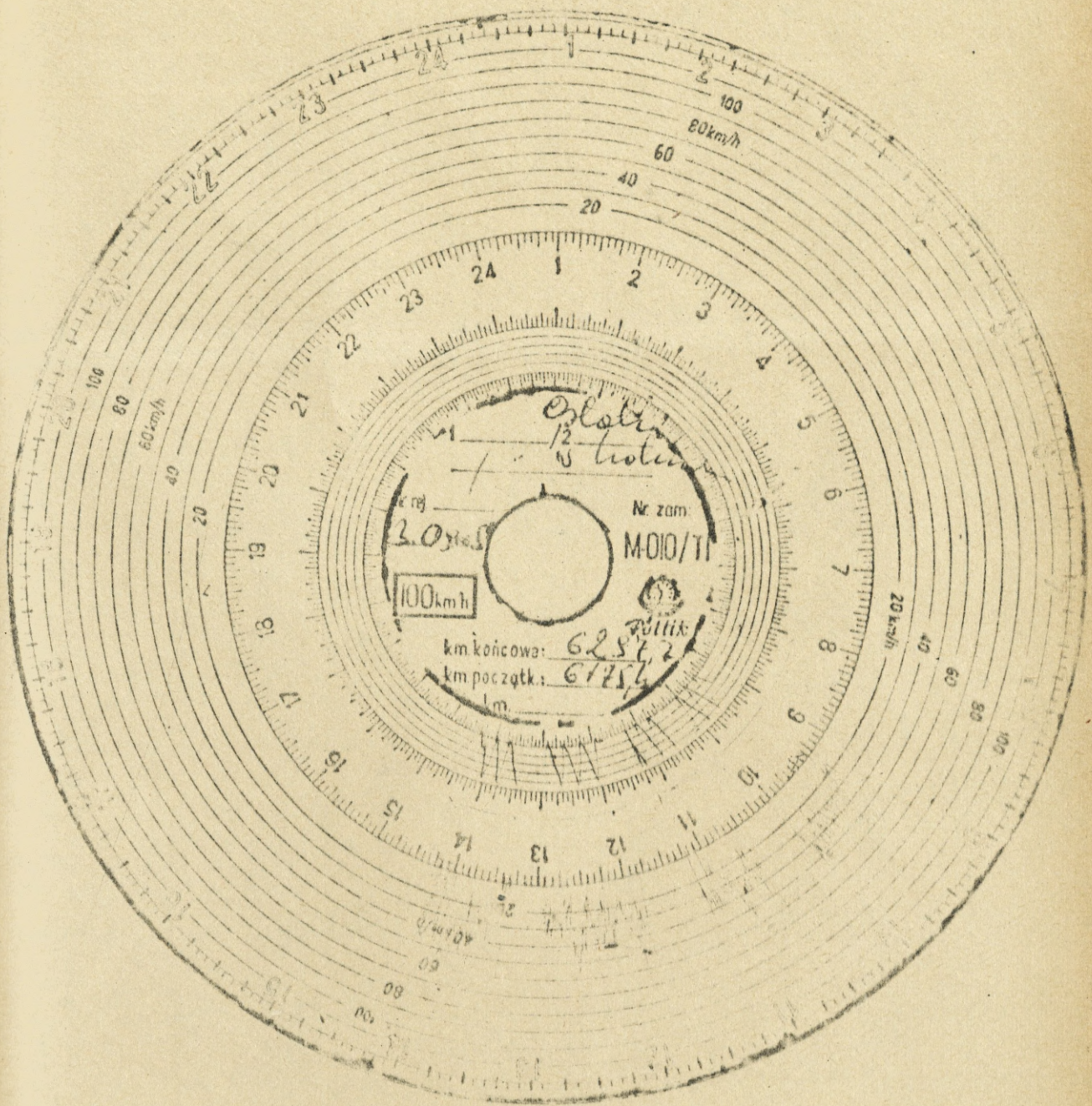
v_{max} 65 km/godz

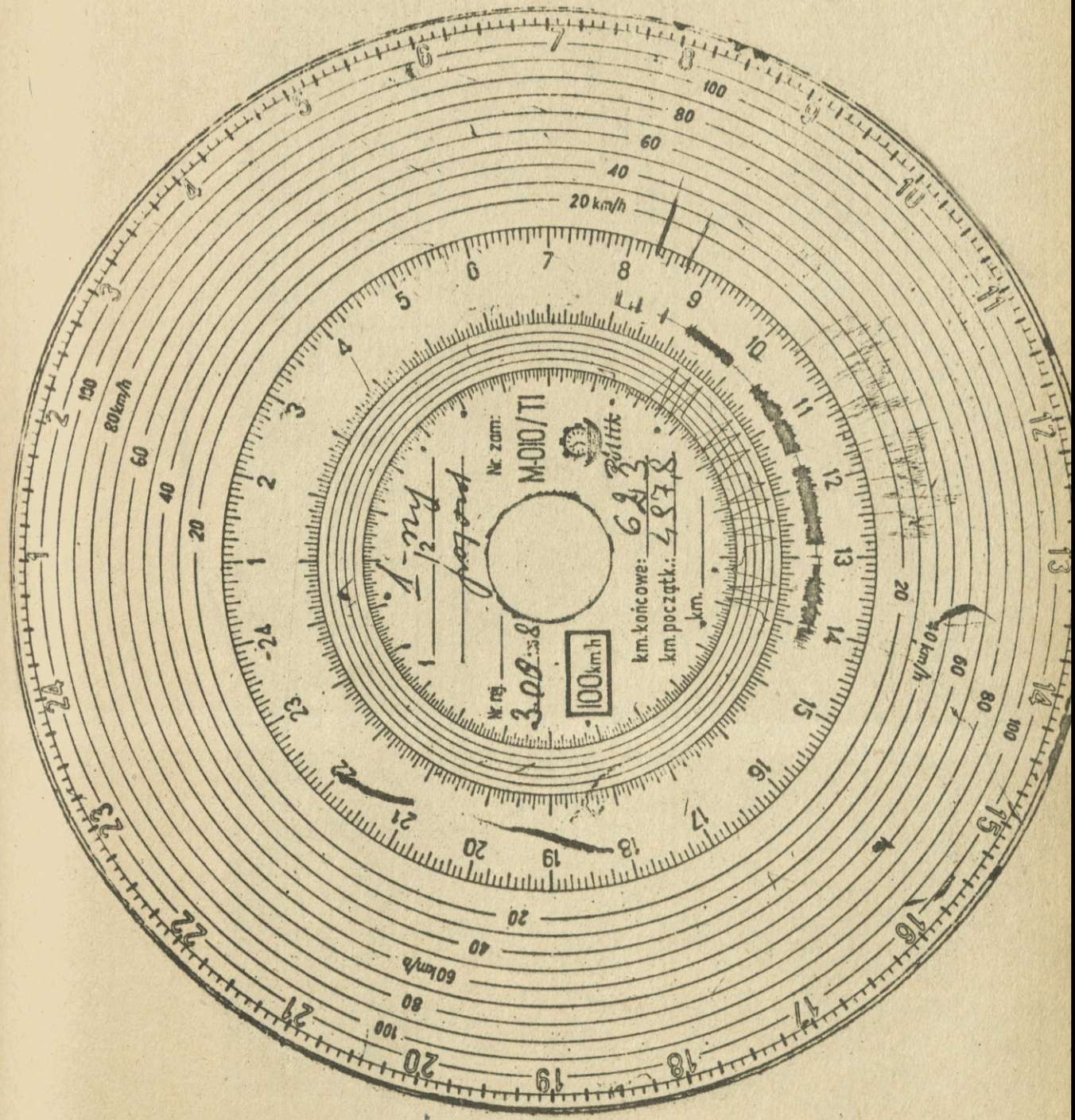
v_{min} 0 km/godz

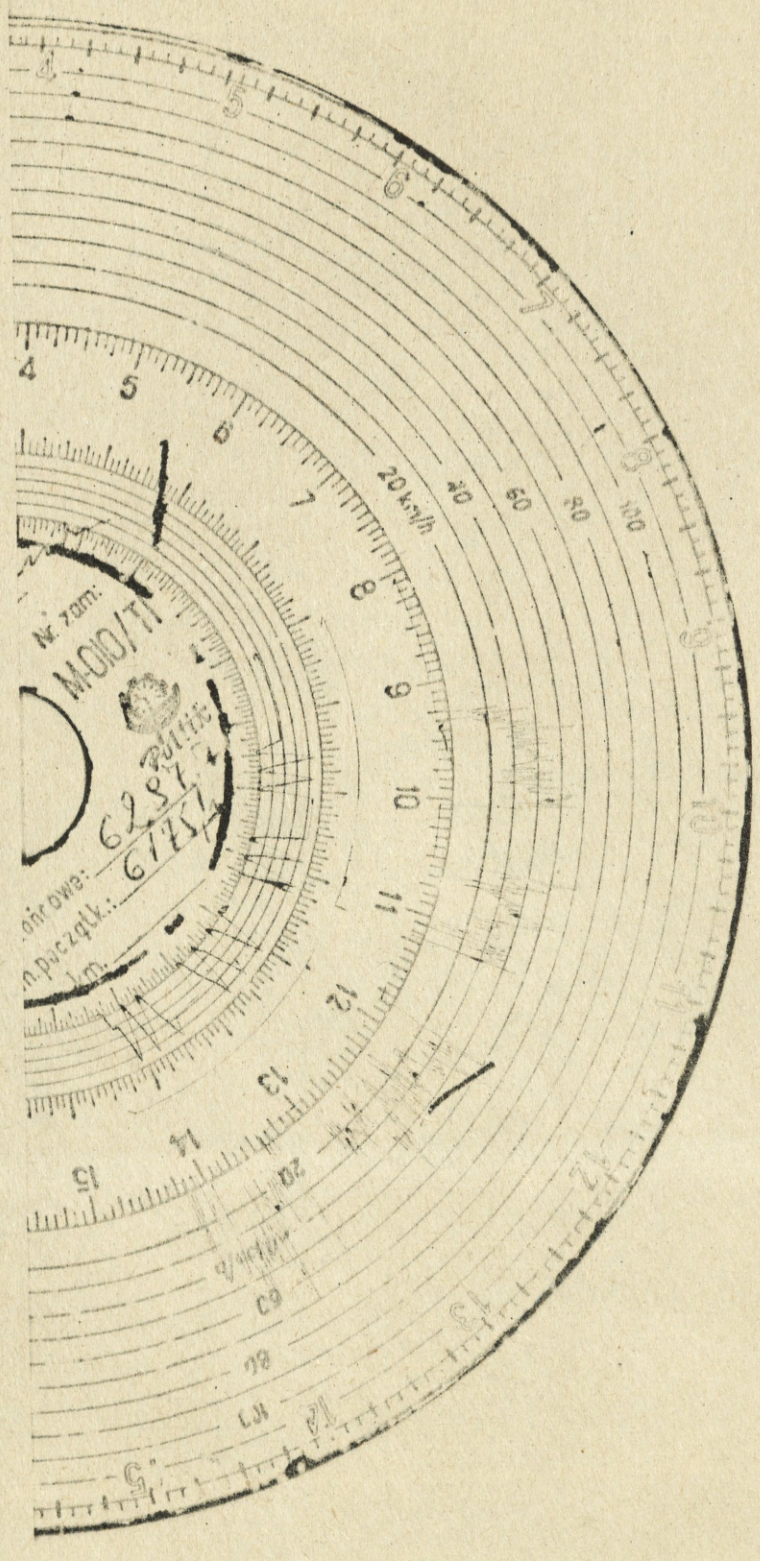
$v_s = \frac{56 - 6,6}{1,13} = 43,5$ km/godz

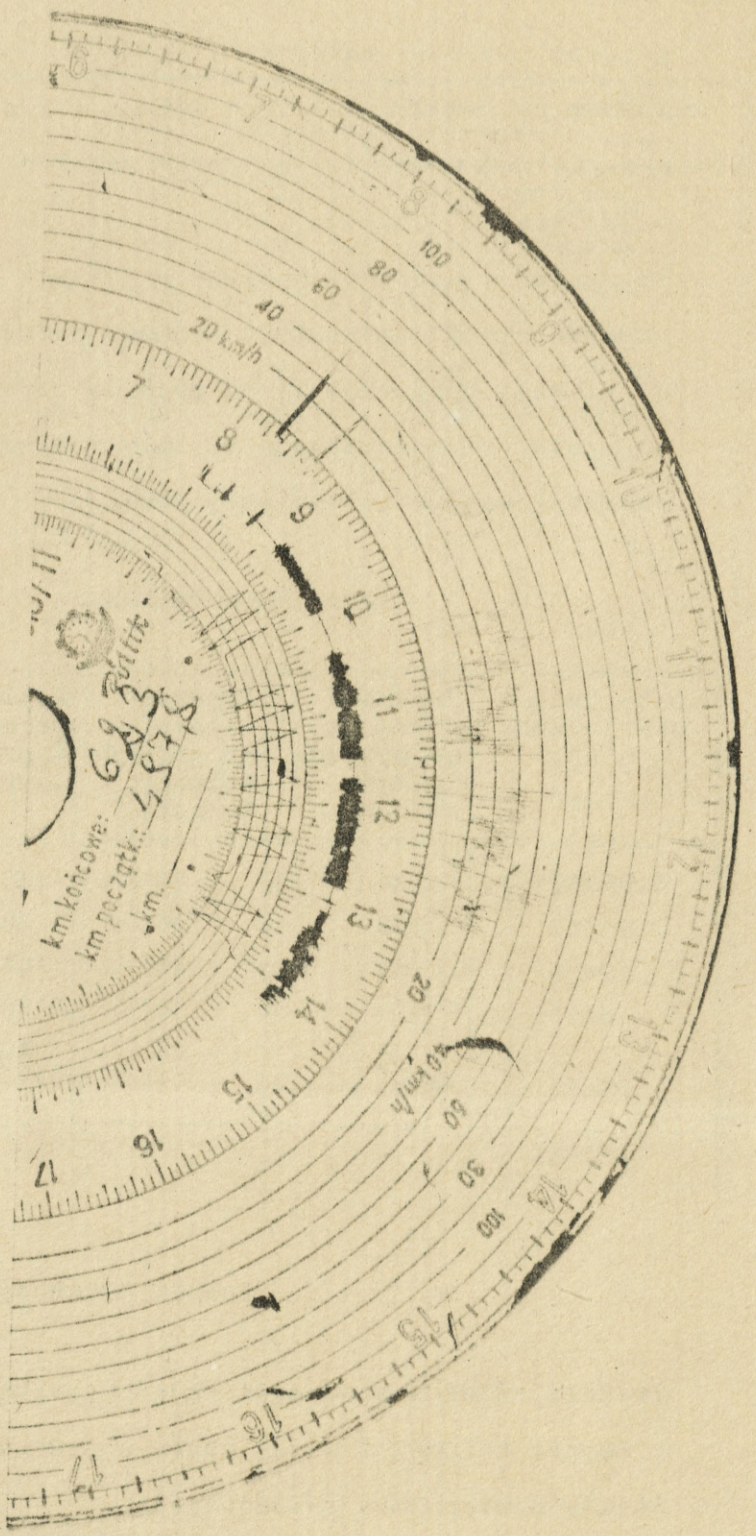
——— pierwszy pojazd kolumny

——— ostatni pojazd kolumny


Nr zam.
M-010/11
100km/h
km końcowa: 6257,2
km początk.: 6175,4
km


Nr zam: M010/TI
km.końcowe: 6233
km.początk.: 2878
km.
100km/h
20 km/h
40
60
80
100
120
60km/h


4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
20 km/h
40
60
80
100
Nr fabr.
MOD/TT
6257
6757


km końcowe: 6233
km początk.: 45378
km.

procent chwilowa maksymalna prędkość ostatnich pojazdów poruszających się w kolumnie jest większa od maksymalnej prędkości pojazdów poruszających się w jej czole.

Sytuacje, w których chwilowo prędkości /na pewnym odcinku drogi/ ostatniego pojazdu poruszającego się w kolumnie były większe od pojazdu poruszającego się na czole, przeprowadzone zostały według karty chronometrażowej przedstawionej poniżej.

KARTA CHRONOMETRAŻOWA

Data badania kolumny	Prędkość pierwszego pojazdu kolumny km/godz.	Prędkość ostatniego pojazdu kolumny km/godz.	Różnica prędkości w procentach	Uwagi
4.07.1970r.	20	30	50	
	22	30	36	
	20	33	65	
	20	30	50	
	21	30	43	
	i	t	J	

Podpis dokonującego badanie

Średnia różnica prędkości pojazdu poruszającego się w ogonie kolumny i w jej czole w procentach przedstawia następujące zestawienie

Przedział	x	n	x.n	$x-\bar{x}$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2.n$
1 - 5	3	21	63	-45	2025	42525
6 - 10	8	31	248	-40	1600	49600
11 - 15	13	24	312	-35	1224	29400
16 - 20	18	24	432	-30	900	21600
21 - 25	23	30	690	-25	625	18750
26 - 30	28	25	728	-20	400	10400
31 - 35	33	33	1089	-15	225	7425
36 - 40	38	40	1520	-10	100	4000
41 - 45	43	47	2021	- 5	25	1175
46 - 50	48	55	2640	0	0	
51 - 55	53	37	1961	5	25	975
56 - 60	58	30	1740	10	100	3000
61 - 65	63	19	1197	15	225	4275
66 - 70	68	25	1768	20	400	10400
71 - 75	73	23	1679	25	625	14375
76 - 80	78	11	858	30	900	9900
81 - 85	83	18	1494	35	1225	22050
85 - 90	88	12	1056	40	1600	19200
91 - 95	90	16	1488	45	2025	32400
95 -100	98	17	1666	50	2500	42500
101 i wyżej	110	20	2200	62	3844	76880
		560	26850			420780

$$\bar{x} = \frac{26850}{560} = 48$$

$$\sigma^2 = \frac{420780}{560} = 750$$

$$b = \frac{48 \cdot 5}{100} = 2,4$$

$$N = \frac{3,84 \cdot 750}{/2,4/^2} = \frac{2880}{5,36} = 540$$

Wielkość próbki jest zupełnie wystarczająca dla wszelkiego rodzaju uogólnień. Dlatego też można stwierdzić, że /w kolumnie samochodowej składającej się z 30 - 50 pojazdów/ średnia chwilowa maksymalna prędkość samochodów poruszających się w ogonie jest większa /na pewnych odcinkach drogi/ o około 48% niż prędkość pojazdów poruszających się w jej czole.

5. Średnia prędkość kolumn samochodowych w funkcji przepustowość dróg.

W rozdziale V/2 udowodniony został problem średnich prędkości samochodu w funkcji jego maksymalnych prędkości i wyprowadzony został na to wzór. Określone nawet zostało procentowe wykorzystanie średnich prędkości w zależności od prędkości maksymalnej. Zachodzi teraz pytanie, jakie prędkości może uzyskać kolumna samochodowa i jakie prędkości są najbardziej realne w funkcji przepustowości dróg. Zagadnienie to należy rozpatrywać biorąc za podstawę opłacalność prędkości ruchu kolumn samochodowych w zależności od bezpieczeństwa ruchu w kolumnie oraz przepustowości dróg.

Problem wyznaczenia konkretnych wielkości dla określenia, jaka prędkość kolumny samochodowej w funkcji przepustowości dróg jest najbardziej korzystna, jest dość złożony i trudny.

Nie można tych wielkości wyznaczyć matematycznie w sposób jednoznaczny, gdyż funkcja ta jest ciągle rosnąca w sposób degresywny. Funkcja ta nie posiada

Biblioteka Główna PSC Nr ewid.

ekstremum i dlatego też matematycznie żadnego punktu nie da się wyznaczyć.

Jest jednak oczywistym, że jakieś prędkości kolumn są najbardziej opłacalne w pewnych warunkach drogowych i sytuacjach bezpieczeństwa ruchu. Z tego też powodu wyznaczono te wielkości w sposób graficzny.

Rozpatrując to zagadnienie należy wyjść z czysto teoretycznego punktu widzenia, biorąc za podstawę jedynie bezpieczne lub nakazane odległości między pojazdami w kolumnie oraz problem przepustowości dróg. Dlatego też przy wstępnym rozpatrywaniu tego zagadnienia długość pojazdu przyjęto równe zeru.

Wykres został sporządzony na podstawie wielkości stosunkowych w postaci $\frac{q}{v}$ i $\frac{q}{t_x}$ z tym, że druga krzywa jest czystym odzwierciedleniem pierwszej. Przecięcie się obu krzywych określa najbardziej opłacalną prędkość kolumny samochodowej /przy odpowiednich założeniach/ w funkcji przepustowości dróg.
Wykres 1 dobitnie obrazuje, że od punktu przecięcia się krzywych, niewielkie przyrosty przepustowości powodują bardzo nieznaczne obniżenie się czasu przejazdu założonej ilości pojazdów, przy znacznych jednak przyrostach prędkości. Natomiast do punktu przecięcia się krzywych wielkości te mają się do siebie odwrotnie.

Dla określenia opłacalnych prędkości kolumn samochodowych w funkcji przepustowości dróg przedstawionych na wykresach w rozdziale IV/5 i IV/6 posłużono się wszystkimi udowodnionymi już danymi wykorzystywanymi do sporządzenia wymienionych wykresów.

Tabela obrazująca teoretyczne wielkości dla sporządzenia wykresu 1

V	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	Uwagi
X	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	$x=\frac{1}{2}V+W_b$
φ	500	800	1000	1142	1250	1333	1400	1455	1500	1540	1572	1600	1625	1648	1,68	$\varphi=\frac{1000V}{\frac{1}{2}V+W_b}$
$t_{k.teor}$	12	7,5	6	5,25	4,8	4,5	4,28	4,13	4,0	3,9	3,82	3,75	3,7	3,65	3,6	$t_k=\frac{S_k.60}{V}$
$\frac{\varphi}{V}$	50	40	33,3	28,6	25	22,2	20,0	18,4	16,7	15,4	14,3	13,4	12,5	11,8	11,2	$S_k=P_m.x$
$\frac{\varphi}{t_k}$	41,7	107	167	218	260	296	326	352	375	390	412	427	440	452	464	$W_b=15$
X	7	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	
$\varphi_{teor.}$	1430	1668	1765	1820	1854	1875	1894	1905	1915	1924	1930	1935	1940	1944	1947	$W_b=2$;
$t_{k.teor}$	4,2	3,6	3,4	3,3	3,24	3,2	3,17	3,15	3,13	3,12	3,11	3,1	3,09	3,08	3,07	P_m - przyjęto 100 poj.
$\frac{\varphi}{V}$	143	83,4	58,8	45,5	37,1	31,3	27,1	23,8	21,3	14,2	17,5	16,3	14,8	13,8	13,0	
$\frac{\varphi}{t_k}$	340	463	519	551	572	586	597	604	612	617	621	624	627	631	634	

Wykres 1

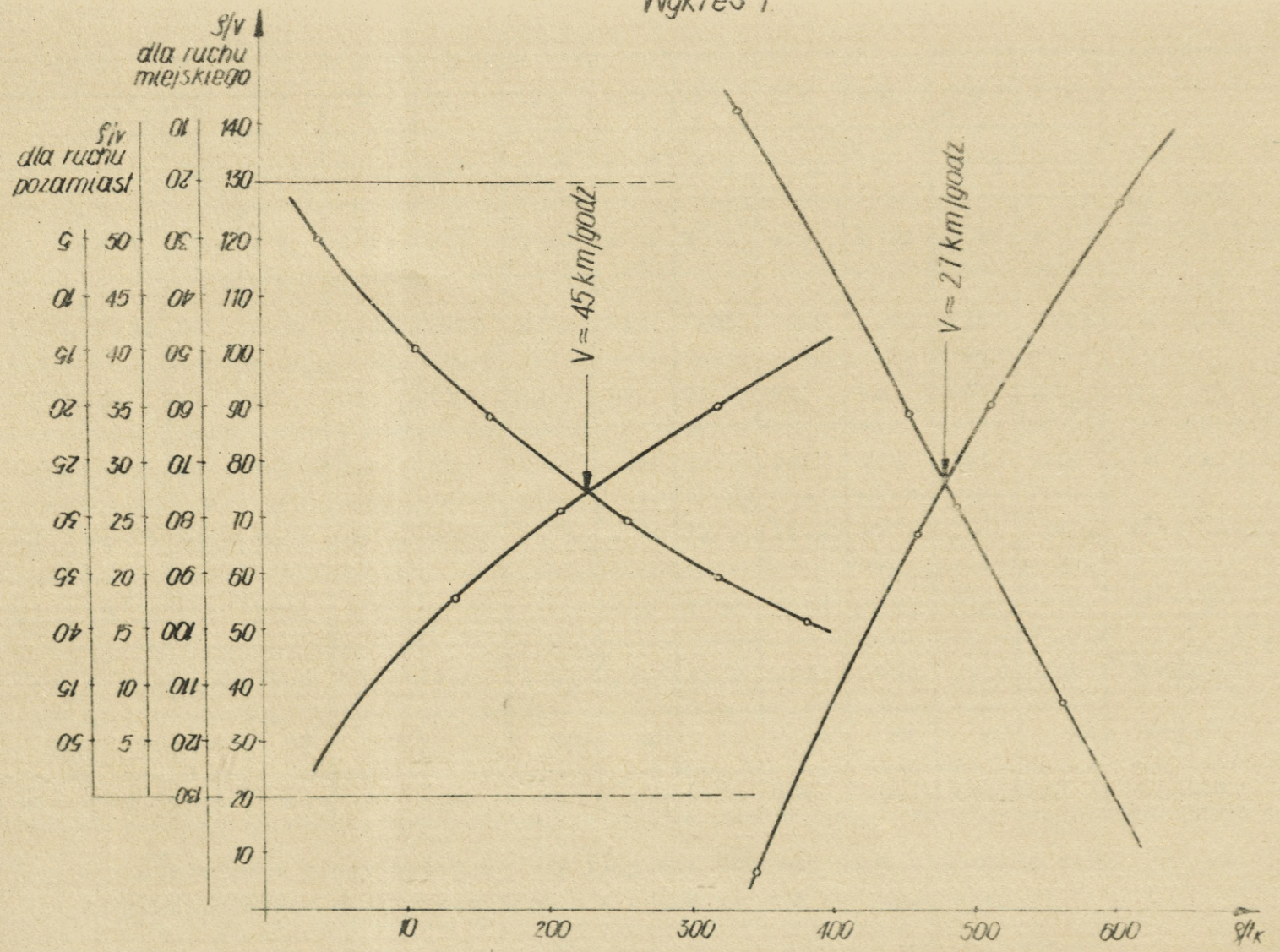
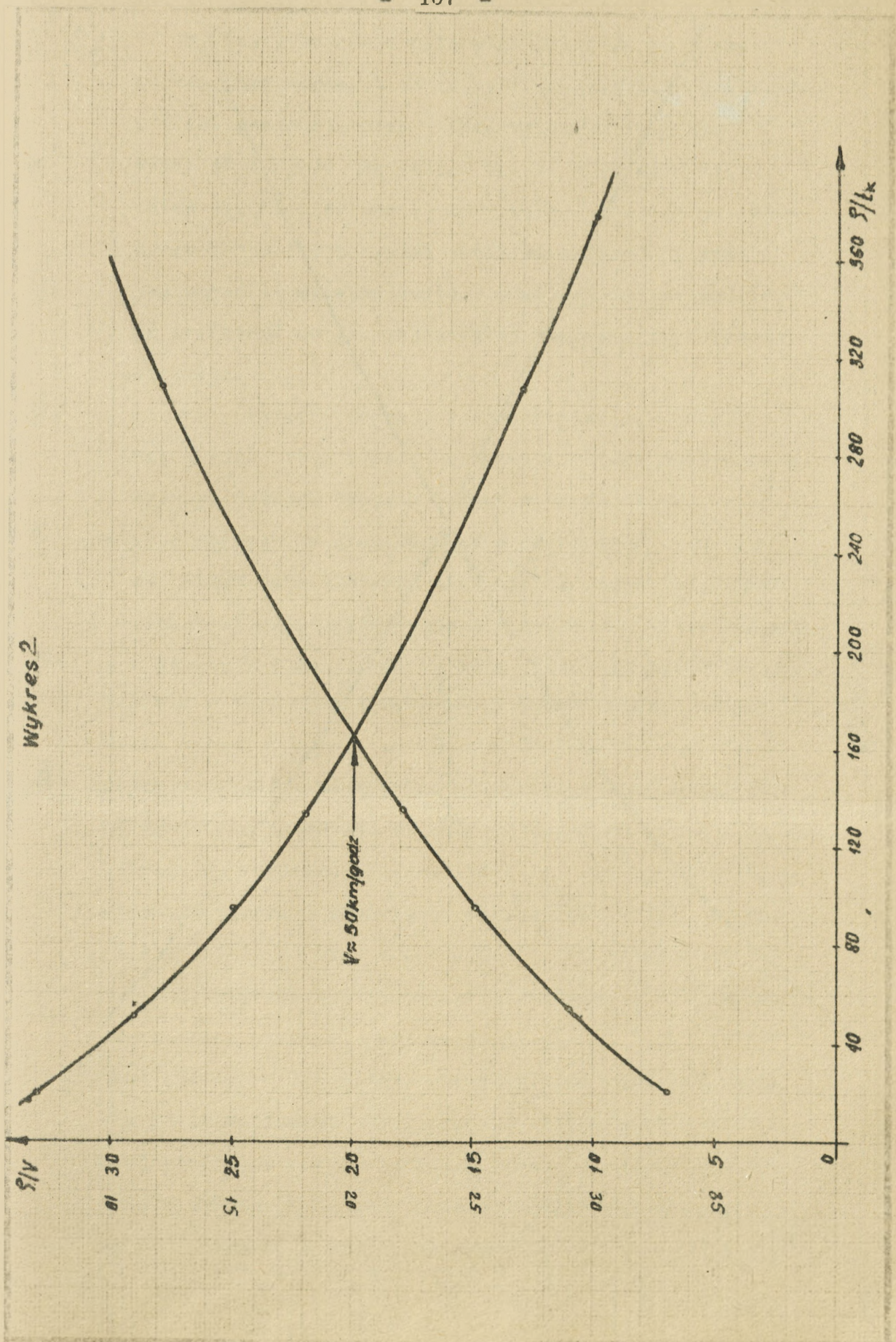
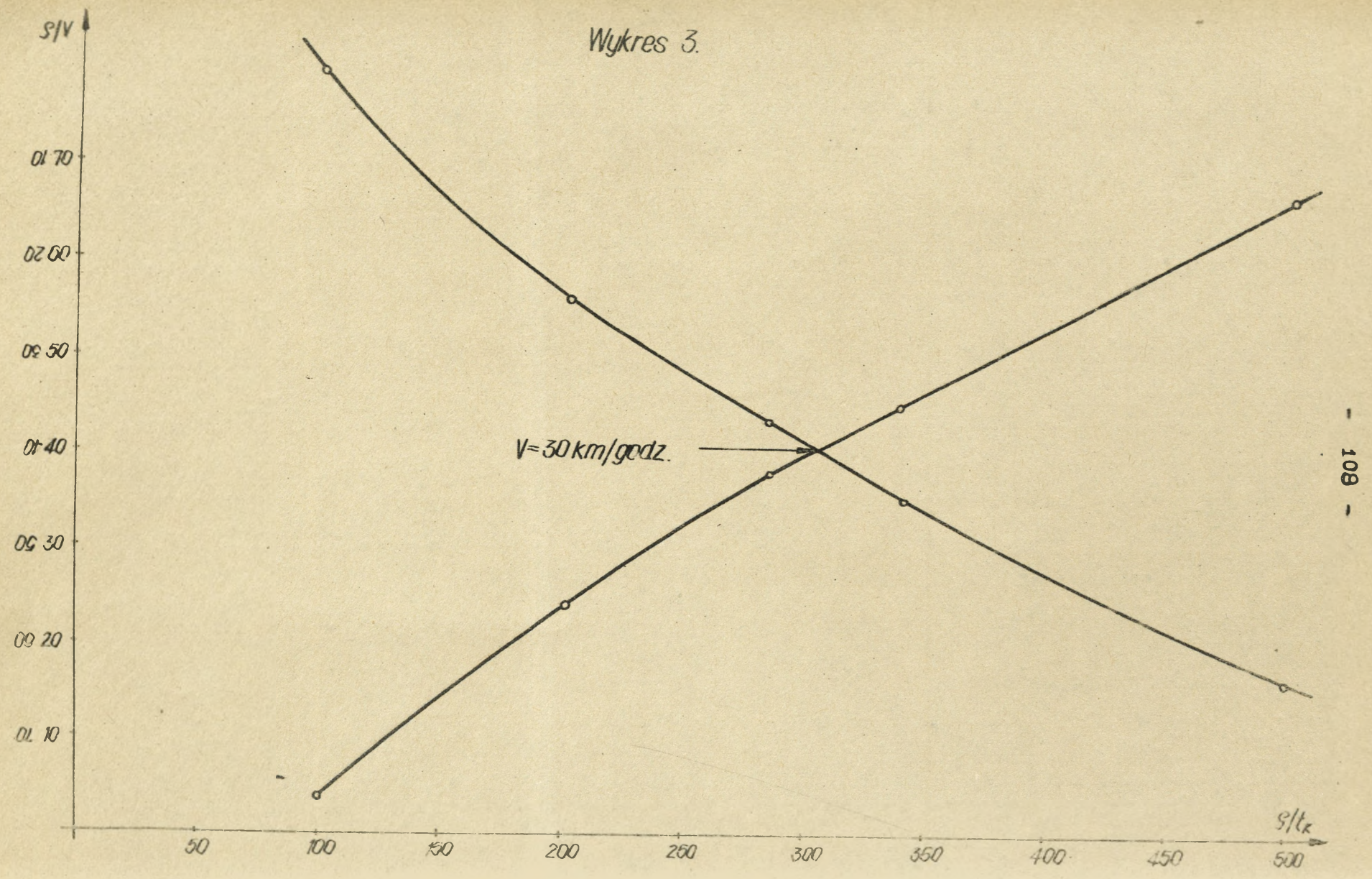

s/v
dla ruchu miejskiego
s/v
dla ruchu pozamiast
V = 45 km/godz
V = 27 km/godz
10
200
300
400
500
600
s/tk

Tabela obrazująca dane zaczerpnięte z ruchu kolumn samochodowych wykazane w rozdziale IV/ i IV/2 dla sporządzenia wykresi 2 i 3

V	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	Uwagi
x	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	$x=\frac{1}{2}V+W_b$
φ	333	582	750	890	1000	1090	1167	1232	1287	1335	1375	1412	1445	1474	1500	$\varphi=\frac{1000V}{\frac{1}{2}V+W_b \cdot l}$
t_k	18	10,4	8	6,75	6	5,5	5,15	4,88	4,66	4,5	4,36	4,25	4,15	4,07	4,0	$t_k=\frac{S_k \cdot 60}{V}$
$\frac{\varphi}{V}$	33,3	29,1	25	22,2	20,0	18,2	16,7	15,4	14,3	13,5	12,5	11,8	11,1	10,5	10,0	$S_k=P_m/x+l/$
$\frac{\varphi}{t_k}$	18,5	55,4	93,8	132	167	198	226	252	276	316	332	349	349	362	375	$W_b=15$ a $l=10$
x	7	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	
φ	778	1112	1310	1428	1515	1579	1630	1668	1700	1727	1749	1765	1780	1794	1807	$W_b = 2$
t_k	7,8	5,4	4,6	4,2	3,96	3,8	3,7	3,6	3,53	3,48	3,43	3,4	3,37	3,34	3,31	$l = 6$
$\frac{\varphi}{V}$	77,8	56	43,6	35,7	30,3	26,3	23,6	20,8	18,9	17,3	15,9	14,7	13,7	12,8	12,0	P_m-przyjęto 100 poj,
$\frac{\varphi}{t_k}$	100	204	285	340	382	415	440	463	482	500	510	519	527	536	545	


Wykres 2
S/V
S/Lk
V= 50km/godz
0
40
80
120
160
200
240
280
320
360
30
25
20
15
10
5


Wykres 3.
s/v
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
V=30 km/godz.
s/tk
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500

Wykres 2 obrazuje opłacalną prędkość wojskowych kolumn samochodowych po dobrych drogach bitych w funkcji ich przepustowości, która wynosi w granicach około 50 km/godz. Natomiast wykres 3 obrazuje opłacalną prędkość kolumn i samochodów w miastach o natężonym ruchu która wynosi około 30 km/godz. Biorąc jednocześnie doświadczenia z praktyki należy sądzić, że prędkości te jak najbardziej odpowiadają w rzeczywistości.

Na podstawie powyżej podanych wykresów należy wnioskować, że prędkość techniczna kolumn samochodowych po dobrych drogach bitych wynosi:

- poza miastami w granicach 45 ÷ 55 km/godz. - z tym, że kolumn samochodowych złożonych z samych pojazdów osobowych może wynieść nawet w granicach 55-65 km/godz.;
- w miastach o nasilonym ruchu w granicach 25-35 km/godz.

Wniosek z tego wynika taki- że w kolumnie samochodowej, która osiąga prędkość techniczną 50 km/godz., pierwsze pojazdy uzyskują maksymalne prędkości w granicach około 60 km/godz., natomiast pojazdy poruszające się w ogonie kolumny w granicach około 90 km/godz. Dlatego też większych prędkości technicznych uzyskać nie będzie można, gdyż ostatnie pojazdy - szczególnie ciężarowe - nie uzyskają większych prędkości maksymalnych i kolumna rozerwie się. Uzyskanie większych prędkości technicznych jest możliwe tylko wtedy, kiedy kolumny poruszały będą się po autostradach, gdyż procent wykorzystania średniej prędkości przez pojazdy w stosunku do ich prędkości maksymalnych na tych drogach będzie wyższy. Badań na tych drogach nie przeprowadzono i z tego powodu nie

można podać konkretnych danych. Jednak na podstawie praktyki i analogii mpżna sądzić, że procent wykorzystania średniej prędkości w stosunku do prędkości maksymalnej zwiększy się do danych z przeprowadzonych badań w granicach 20 - 30 procent, a różnica prędkości ostatniego pojazdu w kolumnie do prędkości pojazdu pierwszego zmniejszy się w granicach około 30-40 % w stosunku danych przedstawionych na podstawie badań. Z obserwacji wydaje się jednak, że prędkość techniczna kolumn samochodowych składających się z pojazdów ciężarowych poruszających się po autostradach nie przekroczy 60 km/godz., a kolumn składających się z pojazdów osobowych 70 km/godz.

VI. FORMOWANIE I WYCIĄGANIE KOLUMN SAMOCHODOWYCH

1. Miejsce samochodu w kolumnie.

Słowo "ruchliwość" i "rozśrodkowanie" stały się tak powszechne w obecnym słownictwie wojskowym, jak powszechne były wyrazy "okopy" i "druty" podczas pierwszej wojny światowej. Zastosowanie zarówno zasady ruchliwości, jak i rozśrodkowania wojsk pociągają za sobą konieczność zwrócenia baczncj uwagi na samą technikę ruchu i organizację przemarszu wojsk, zwłaszcza w trudnych warunkach terenowych i atmosferycznych.

Ruchliwość wojsk na współczesnym polu walki wiąże się z wykonywaniem szybkiego manewru dużymi jednostkami wojskowymi, które tworzą dość duże kolumny, co z kolei ogranicza możliwość ich ruchu, zwłaszcza jeśli organizacja marszu kolumn jest nieumiejętna i słabo przemyślana. Każdy ruch oddziału, w obecnych warunkach walki, jest związany z ruchem pojazdów mechanicznych. Dlatego problem formowania i wyciągania kolumn zasługuje na szczególną uwagę w czasie organizowania marszu.

F o r m o w a n i e k o l u m n j e s t t o u s t a w i e n i e p o j a z d ó w s a m o c h o d o w y c h j e d e n z a d r u g i m w n a k a z a n e j o d l e g ł o ś c i w e d ł u g k o l e j n o ś c i i c h m a r s z u. Kolumnę formuje się zawsze wtedy, gdy pojazdy nie znajdują się w szyku marszowym /w ustalonej kolejności/. Odległości między pojazdami samochodowymi ustala się zawczasu i najczęściej wynoszą one 15-20 m. Takie odległości ustala się dlatego, aby zapewnić ewentualność dodatkowego

wjazdu wcześniej nieplanowanego lub opóźnionego po - jazdu, ewentualnie łatwego przesunięcia go ze względów organizacyjnych na inne miejsce.

Kolumna formowana jest w rejonie formowania kolumn /RFK/. Rejon formowania kolumn jest to część terenu, przez który przebiega droga o odpowiedniej długości /dla sformowania kolumny/ z przyległymi do niej drogami dojazdu.

RFK powinien zapewniać:

- maskowanie kolumny /dotyczy to kolumn wojskowych, a w okresie działań bojowych wszystkich kolumn samochodowych/;
- dogodne dojazdy od miejsc rozmieszczenia i dobrą drogę wyjazdu na trasę marszu;
- uzupełnienie w wodę przed wyjazdem;
- szybki dojazd z dotychczasowych rejonów rozmieszczenia.

W jednym miejscu można formować kolumny nie większe niż pododdziałów składających się z 50-60 pojazdów. Nie należy formować kolumn na głównych drogach oraz na drogach, na których panuje duży ruch.

Miejsce samochodu w kolumnie określone jest najczęściej z punktu widzenia organizacyjnego. Oznacza to, że w skład kolumny wchodzą pewne komórki organizacyjne /pododdziały/. W razkazie organizacyjnym na marsz ustala się kolejność poszczególnych pododdziałów. Dowódcy pododdziałów /komórek organizacyjnych/ ustalają natomiast kolejność dla poszczególnych pojazdów i w ten sposób wyznaczane jest miejsce w kolumnie dla poszczególnych kierowców. Taki sposób wyznaczania kolejności ruchu

poszczególnym kierowcom, może być stosowany jedynie w kolumnie wojsk liniowych i to wtedy, kiedy w szczególności rozchodzi się o należyte ugrupowanie bojowe poddziału tworzącego kolumnę. We wszystkich natomiast przypadkach organizowania kolumn samochodowych zaopatrzeniowych, niezależnie od tego czy to będą kolumny typu cywilnego czy też wojskowego, należy formować je nie tylko z punktu widzenia organizacyjnego, lecz przede wszystkim z punktu widzenia technicznego.

Formowanie kolumn samochodowych /zaopatrzeniowych/ polega na tym, że na prowadzącego kolumnę /na czoło kolumny/ wyznacza się najsprawniejszy pojazd pod względem technicznym oraz najlepiej wyszkolonego kierowcę. Chodzi tu w tym przypadku o to, by kierowca ten mógł należycie regulować tempo jazdy - by niesprawność pojazdu nie stwarzała dodatkowych komplikacji związanych z szybkością i aby kierowca ten zdawał sobie sprawę z konsekwencji w wypadku niewłaściwego prowadzenia kolumny. Następne pojazdy ustawia się te, które są najmniej sprawne pod względem technicznym, najmniejsza ich maksymalna prędkość oraz te, na których znajdują się najsłabsi kierowcy. Natomiast czym bardziej końca kolumny i na jej ogon daje się najlepsze pojazdy, tj. najbardziej sprawne pod względem technicznym, pojazdy o największej maksymalnej prędkości oraz najbardziej wyszkolonych kierowców. Warunek ten z uwagi na nierównomierność ruchu w kolumnie jest konieczny, a przy tym z uwagi na stosunkowo duże techniczne prędkości kolumn zaopatrzeniowych to warunek ten jest bezwzględny.

Z powodu nieregularności ruchu, w ogonie kolumny panują większe prędkości niż w czole. Powodowane jest to między innymi tym, że niejednokrotnie ostatni kierowcy będą się zatrzymywali na chwilę dla udzielenia rady, a nawet pomocy technicznej słabszym kierowcom, którzy zatrzymali się z powodu niewielkich defektów pojazdów samochodowych. Jakiekolwiek inne ustawienie pojazdów w kolumnie powoduje zmniejszenie jej prędkości - szczególnie wtedy - kiedy w ogonie poruszają się słabi kierowcy na pojazdach o mniejszych prędkościach maksymalnych niż pojazdy poruszające się w czole. Jak wykazano zostało w rozdziale V/4 to w ogonie kolumny pojazdy poruszają się średnio o 48% szybciej niż pojazdy poruszające się w jej czole. Z tego powodu aby kolumna nie podlegała ciągłemu rozrywaniu się, na jej ogonie muszą poruszać się najlepsze pojazdy o największej prędkości maksymalnej i najlepsi kierowcy. Dobrze jest jednak organizować kolumny z pojazdów mechanicznych możliwie o jednakowych prędkościach i wskaźnikach dynamicznych - najlepiej o jednakowych markach. Daje to pewność możliwości uzyskania optymalnej technicznej prędkości kolumny.

2. Wyciąganie kolumny samochodowej.

Wszystkie kolumny samochodowe aby sprawnie rozpoczęły marsz podlegają wyciąganiu.

Wyciąganie kolumny samochodowej polega na wprowadzeniu w kolumnie przepisowych odległości między pojazdami mechanicznymi i pododdziała-

m i w marszu oraz na uzyskaniu odpowiedniej prędkości na danym odcinku trasy.
Oznacza to, że pierwsze pojazdy z chwilą ruszania nie powinny jechać szybko, gdyż w takiej sytuacji kolumna z miejsca zostanie rozerwana. Można porównać to do nitki, na końcu której umieszczony jest odpowiedni ciężarek. Jeżeli ciężarek powoli będzie podnoszony, to zostanie on podniesiony do góry. Natomiast z chwilą szybkiego pociągnięcia, nitka zostanie zerwana. W podobny sposób dzieje się i z kolumną samochodową. Jeżeli pierwsze pojazdy ruszą szybko, kolumna zostanie rozerwana.

Odcinek drogi, na którym wyciągana jest kolumna samochodowa, nazywa się d r o g ą w y c i ą g a n i a. Długość tej drogi jest różna i zależy ona od:
- liczby pojazdów samochodowych i liczby pojazdów różniących się prędkością maksymalną;
- wyszkolenia kierowców;
- prędkości, jaką należy osiągnąć na danej drodze;
- nawierzchni drogi.

Rozpatrując wyciąganie kolumny samochodowej należy mieć na uwadze, że mamy do czynienia z dwojakiego rodzaju pojęciem.

1/ Wyciąganie kolumny samochodowej z RFK lub z innego rodzaju miejsc postoju.

2/ Wyciąganie kolumny samochodowej w czasie marszu.

W pierwszej kolejności należy rozpatrzeć problem wyciągania kolumny podczas wyruszania z rejonu postoju, a następnie w czasie ruchu.

Technika wyciągania kolumny z miejsca postoju przedstawia się następująco. Po podaniu sygnału "silniki w ruch" odczekuje się około 3-5 minut aby silniki odpowiednio podgrzały się /szczególnie zimą/. W tym czasie należy jednocześnie upewnić się czy wszystkie silniki zostały uruchomione. Sposób wzajemnej informacji może być bardzo różny, najczęściej jednak odbywa się przy pomocy lewej ręki, którą kierowcy podnoszą do góry po uruchomieniu silnika. Po podaniu sygnału do marszu, kierowca pierwszego pojazdu rusza z miejsca i jedzie w początkowym okresie czasu z prędkością około 10 km/godz. Następnie prędkość tą systematycznie powiększa aż do osiągnięcia maksymalnej prędkości na danym odcinku drogi. Praktycznie rzecz biorąc, pierwszy pojazd samochodowy uzyska maksymalną prędkość dopiero wtedy, gdy wszystkie pojazdy będą już w ruchu. Pozostali kierowcy kolejno ruszają z miejsca natychmiast po ruszaniu poprzedniego. Dobrze wyszkoleni kierowcy robią to w czasie najczęściej 1-2 sekund jeden za drugim, słabiej wyszkoleni w czasie 3-5 sekund, natomiast słabi lub nieuważni kierowcy w czasie 6-8 a niekiedy i więcej sekund.

Ponieważ jednak pierwszy pojazd po ruszeniu z miejsca jedzie z prędkością stosunkowo małą, opóźnienie w ruszaniu poszczególnymi pojazdami samochodowymi nie rozciągają zbytnio kolumny. Kolumna rozciągnie się dopiero wtedy, gdy pierwszy pojazd po jego ruszeniu poruszał będzie się od razu z dużą prędkością. Nawet trzysekundowe w takim przypadku opóźnienie ruchu następnego pojazdu powoduje powiększenie odległości pierwszego od następnego o około 8,3 m., gdyż

$S = \frac{V \cdot t}{3,6}$ stąd $S = \frac{10 \cdot 3}{3,6} = 8,3$

S - droga [m.]

V - prędkość [km/godz.]

t - czas [sek.]

Jest to odległość nieco za duża przy tej prędkości ruchu lecz w zasadzie nie wymaga dopędzenia poprzedniego pojazdu,gdyż przy prędkości ruchu /w kolumnach/ 10 km/godz. odległość między pojazdami wynosi około 20 m. W tym konkretnym przypadku wynosi ona $x = 15 + 8,3 = 23,3$ m., a więc niewiele więcej od wymaganej i przy małej prędkości bardzo łatwo jest zmniejszyć ją bez widocznej różnicy zwiększenia prędkości. Gdyby ruch następnego pojazdu spowodował nawet 6-cio sekundowe opóźnienie, wówczas odległość wzrosłaby do $x = 15 + \frac{10 \cdot 6}{3,6} = 31,6$ m. Odległość tą łatwo jest zmniejszyć, jeśli prędkość początkowa poprzedzającego pojazdu jest mała /10-20 km/godz/. Jeśli natomiast następny pojazd z pewnych przyczyn ruszy z większym opóźnieniem /np. 10-cio sekundowym/ to odległość ta wzrośnie do 43 m. Ponieważ jednak ruch poprzedzającego pojazdu odbywa się z małą prędkością, prędkość pojazdu dopędzającego nie będzie zbyt duża. Większe jednak opóźnienia w ruszaniu następnym pojazdem powodują widoczną zmianę już w początkowej prędkości tych opóźnionych pojazdów.

Dwudziestosekundowe opóźnienie ruszania następnym pojazdem spowoduje wzrost odległości między pojazdami S : $15 + \frac{10 \cdot 20}{3,6} = 70,5$ m. Odległość tą łatwo

jest zmniejszyć do właściwej wielkości /20 m/ nawet przy prędkości dopędzania 20 km/godz. Potrzebny czas dla dopędzenia i uzyskania właściwych odległości między pojazdami wyniesie wówczas

$$T = \frac{V_k \cdot t}{V_{sT}} = \frac{10}{20} = \frac{18}{10} = 18 \text{ sek.}$$

a potrzebna droga dla dopędzenia wyniesie:

$$S = T \cdot V_s = \frac{18}{3600} \cdot 20 = 0{,}1 \text{ km} = 100 \text{ m}$$

S - droga [km]

V_k - średnia prędkość i-go pojazdu [km/godz.]

V_s - średnia prędkość dopędzającego pojazdu [km/godz.]

t - czas opóźnienia podczas ruszania pojazdów [godz.]

Z analizy tej wynika, że kierowcy powinni ruszać kolejno jeden za drugim z opóźnieniem nieprzekraczającym 2 sek., gdyż takie opóźnienie nie powoduje potrzeby dopędzania kolumny. Dwusekundowe opóźnienie kolejnych pojazdów podczas ruszania z miejsca nie powoduje dopędzania kolumny nawet przy poruszaniu się pierwszego pojazdu z dużo większą niż 10 km/godz. prędkością. Jeżeli pierwszy pojazd po jego ruszeniu poruszałby się z prędkością np. 30 km/godz., wówczas przy dwusekundowym opóźnieniu ruszania następnego pojazdu odległość powiększy się do $x = 15 + \frac{30 \cdot 2}{3{,}6} = 31{,}6$., a więc o 1,6m za duża. Różnica odległości jest jednak niewielka i łatwo ją zmniejszyć przy minimalnym zwiększeniu prędkości. Jednak niektórzy kierowcy opóźniają ruszanie więcej niż 2 sekundy i w takich przypadkach następuje dopędzenie poprzednich pojazdów ze zbyt dużą prędkością. Dwudziestosekundowe opóźnienie następnego pojazdu /w tym przypadku/ powoduje zwiększenie odległości do $x = 15 + \frac{30 \cdot 20}{3{,}6} = 166$ m, a więc o 136 m.

odległość jest za duża. Czas na dopędzenie nawet z prędkością 40 km/godz. wyniesie:

$T = \frac{30 + 18}{50 - 30} = \frac{540}{20} = 27$ sekund, a droga dopędzenia

$S = 50 \cdot \frac{27}{3600} = \frac{1350}{3600} = 0{,}37$ km.

Dochodzi się do wnio u, że jeżeli w chwili ruszania z miejsca kolumna porusza się z małą prędkością, to opóźnienie się któregokolwiek pojazdu w kolumnie spowoduje konieczność dopędzania i to również wszystkich następnych pojazdów znajdujących się za nim, jednak droga dopędzania i prędkość dopędzających pojazdów nie będzie zbyt duża. Jeżeli natomiast pierwsze pojazdy z miejsca uzyskają duże prędkości, to czas ten wydłuży się, a prędkości dopędzających pojazdów będą z miejsca bardzo duże. Stwarza to niebezpieczeństwo wypadków samochodowych - szczególnie przy słabo wyszkolonych kierowcach - oraz rozerwania się kolumny samochodowej.

Jest wiadomym, że pojazd samochodowy nie jedzie od razu z prędkością 10 a tym bardziej 50 km/godz., lecz aby tą prędkość osiągnąć porusza się z prędkością jednostajnie przyśpieszoną. W obliczeniach tych wartości tej nie uwzględnia się, gdyż następne pojazdy aby tą prędkość osiągnąć muszą również poruszać się z prędkością jednostajnie przyśpieszoną, a tym samym wartości te do pewnego stopnia równoważą się. W kolumnie mogą oczywiście znajdować się różne pojazdy, o różnych warunkach dynamicznych, lecz przy wyciąganiu kolumny, kiedy chodzi o niewielkie prędkości oraz

o niestosowanie dużych przyśpieszeń, nie uwzględnia się tego problemu nawet z punktu widzenia teoretycznego. Rachunek ten mocno byłby steoretyzowany i nieprzynoszący żadnych wniosków praktycznych, ponieważ w kolumnie nie ma pojazdów, które by tak w zasadniczy sposób rożniły się warunkami dynamicznymi a przy wyciąganiu kolumny,walorów tych w zasadzie nie wykorzystuje się.

Dla uzyskania czasów opóźnień poszczególnych kierowców podczas ruszania kolumną, przeprowadzono szereg badań, z których wyniki /liczone w sekundach/ przedstawione są poniżej.

x	n	x·n	$x-\bar{x}$	$/x-\bar{x}/^2$	$/x-\bar{x}/^2 \cdot n$
1	128	128	-2,4	5,76	737
2	180	360	-1,4	1,96	353
3	175	525	-0,4	0,16	28
4	156	624	0,6	0,36	56
5	50	250	1,6	2,56	128
6	19	114	2,6	6,76	129
7	15	105	3,6	12,96	195
8	18	124	4,6	21,16	378
9	5	45	5,6	31,36	157
10	8	80	6,6	43,56	349
11	3	33	7,6	57,76	178
12	3	36	8,6	73,96	222
13	1	13	9,6	92,16	92
14	1	14	10,6	112,36	112
15	1	15	11,6	134,56	135
16	1	16	12,6	158,76	159
17	2	34	13,6	184,96	370
18	1	18	14,6	213,16	213
19	1	19	15,6	243,36	243
20	1	20	16,4	275,56	276
	760	2565			4490

x - opóźnienie w ruszaniu następnych kierowców [sek.]

$$\bar{x} = \frac{2565}{760} = 3,4 \text{ sek.}$$

$$\delta^2 = \frac{4490}{760} = 5,92$$

$$b = \frac{3,45}{100} = \frac{17,0}{100} = 0,17$$

$$N = \frac{/1,46/^2 \cdot 5,92}{0,17} = \frac{3,84 \cdot 5,92}{0,03} = \frac{22,6}{0,03} = 753$$

Badana reprezentacja jest wystarczająca dla wyciągania wniosków. Średni czas opóźnienia podczas ruszania przez poszczególnych kierowców wynosi 3,4 sekundy. Rozrzut jest jednak dosyć duży, gdyż maksymalne opóźnienie sięga nawet 20 sekund. Taki przypadek wynikły w czole kolumny pociąga za sobą dopędzanie wszystkimi pozostałymi pojazdami i dlatego też trzeba się zawsze liczyć z tymi ewentualnościami - tym bardziej, że w czole kolumny znajdują się słabsi kierowcy.

Pierwszy pojazd kolumny /jak zostało już wspomniane/ w czasie jej wyciągania, powinien uzyskać nakazaną prędkość wtedy, gdy wszystkie pojazdy będą już w ruchu. Wychodząc z tego założenia, to droga wyciągania dla kolumny będzie wynosiła 1,5 d ł u g o ś c i k o l u m n y będącej w ruchu, ponieważ przyrost odległości między pojazdami przy średnim opóźnieniu ruszania wynosi około 50%.

Jeżeli kolumna samochodowa składająca się np. z 20-u pojazdów ma uzyskać prędkość np.40 km/godz.,to ostatni pojazd wyruszy średnio wtedy, gdy pierwszy odjedzie na odległość około 150% normalnej długości kolumny-gdyż:

$19/15 + \frac{40}{3,6} \cdot \frac{3,4}{2}/ = 19 /15 + 37,8/ = 1000$ m,

Natomiast prawidłowa suma odległości, między pojazdami przy tej prędkości powinna wynieść 19 /$\frac{1}{2}$40 + 15/=665m, a więc odległość ta wzrosła do około 150%.

Wyciąganie kolumny samochodowej w ruchu polega na tym, że podczas wyjeżdżania na dobrą drogę, na której można uzyskać dużo większą prędkość niż na dotychczasowej, należy pierwszym pojazdem jechać z dotychczasową prędkością na odległość 3/4 długości kolumny. Na przykład, kolumna samochodowa składająca się z 50-ciu pojazdów porusza się z prędkością V_t=20 km/godz. Wyjeżdża na dobrą drogę, na której może uzyskać V_t = 40 km/godz.

Gdyby pierwszy pojazd natychmiast po wyjechaniu na lepszą drogę zwiększył prędkość, to kolumna zwiększy swoją długość o około 50% gdyż:

- dotychczasowa długość kolumny wynosi:

$$S_k = 50/\frac{1}{2}20 + 15 + 10/ = 1750 \text{ m.};$$

- długość kolumny przy zwiększonych prędkościach równa się;

$$S_k = 50/\frac{1}{2}40 + 15 + 10/ = 2250 \text{ m.};$$

- czas wyjazdu ostatniego pojazdu na dobrą drogę wyniesie: $t = \frac{S}{V} = \frac{1,75}{20} = 0,088$ godz.
- pierwszy pojazd w tym czasie przejechałby drogę $S = V \cdot t = 40 \cdot 0,088 = 3,52$ km, a kolumna rozciągnęłaby się na tą długość;
- rozciągnięcie kolumny wynosiłoby 155%.

Z tego też powodu podczas wyjeżdżania kolumną w tym przypadku na lepszą drogę, pierwszym pojazdem

należy poruszać się w dalszym ciągu z poprzednią prędkością na odległości około 1680 metrów, a dopiero następnie prędkość tą powoli powiększać. Jeżeli nie nastąpiłoby wyciąganie kolumny, to ostatni pojazd musiałby zmniejszyć utracone odległości przez stosowanie dopędzania. W tym przypadku znajduje się on o 1,27 km za daleko. Strata czasu wynosi:

$$t = \frac{1,27}{40} = 0,32 \text{ godz.}$$

Czas dopędzenia przy prędkości dopędzania 60 km/godz. wyniesie:

$$T = \frac{V_k \cdot t}{V_s - V_k} = \frac{40 \cdot 0,032}{60 - 40} = 0,064 \text{ godz.}$$

a droga przebyta z tą prędkością wyniesie:

$$S = V_s \cdot T = 60 \cdot 0,064 = 3,84 \text{ km.}$$

Jest to jak widać poważne już rozciągnięcie kolumny, a przy większych kolumnach i przy dużym nasileniu ruchu zagadnienie to staje się problemem, który aby ustrzec się przed powodowaniem zatorów i zwiększyć przepustowość dróg musi być bezwzględnie przestrzegany.

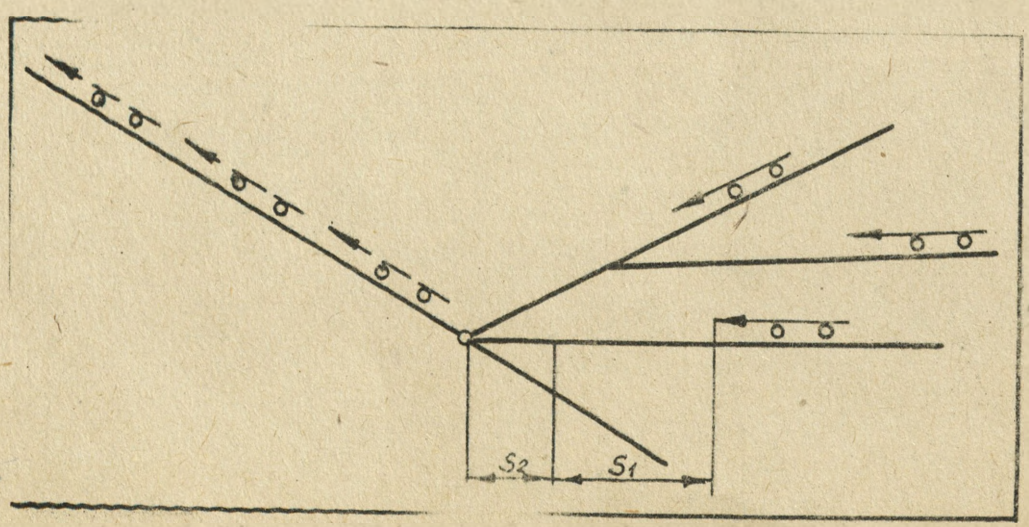
VII. KIEROWANIE KOLUMNĄ SAMOCHODOWĄ

1. Punkty przejścia i punkty wyrównania.

Wielkie kolumny samochodowe nie maszerują całością swoich sił w ścisłym ugrupowaniu marszowym, lecz poruszają się odpowiednimi pododdziałami /tworząc mniejsze kolumny/ jedna za drugą w ustalonych odległościach. Odległości te ustalone są regulaminami lub zarządzeniem na marsz. Dla zachowania i przestrzegania w marszu tych odległości oraz korygowania tempa marszu przez maszerujące kolumny, stosowane są:

- punkt przejścia;
- punkty wyrównania;
- punkt rozdzielczy.

Punkt przejścia organizowany jest dla kolumn samochodowych w czasie przemieszczania się oddziałów wojskowych. Wyznacza się go w takim miejscu, przez które przejdą wszystkie elementy ugrupowania marszowego kolumny i zapewniona będzie należyta ich obserwacja. Właściwa trasa marszu rozpoczyna się od punktu przejścia. Służy ona dla sprawdzenia dyscypliny wymaszerowującej kolumny oraz czasu wymarszu poszczególnych jej ugrupowań.



Na punkt przejścia wjeżdżają poszczególne kolumny pododdziałów jedna za drugą z pewnym opóźnieniem czasowym. Droga S od rejonu postoju /RFR/ do punktu przejścia składa się z dwóch odcinków; $S = S_1 + S_2$

S_1 - droga wyciągania kolumny, która równa się 1,5 długości kolumny,

$$S_1 = 1{,}5 \quad P_m(x + 1) \quad ;$$

S_2 - pozostały odcinek drogi pozostający do punktu przejścia po wyciągnięciu kolumny;

$$S_2 = V_t \cdot t_2;$$

Czas na pokonanie drogi S równa się;

$$t = t_1 + t_2$$

t - czas na pokonanie drogi od rejonu formowania kolumny pododdziału do punktu przejścia [godz.] ;

t_1- czas na pokonanie drogi wyciągania [godz.] ;

$$t_1 = \frac{S_1}{V_w}$$

t_2- czas na pokonanie następnego odcinka drogi [godz.] ;

$$t_2 = \frac{S_2}{V_t}$$

V_w- średnia prędkość wyciągania kolumny [km/godz.] ;

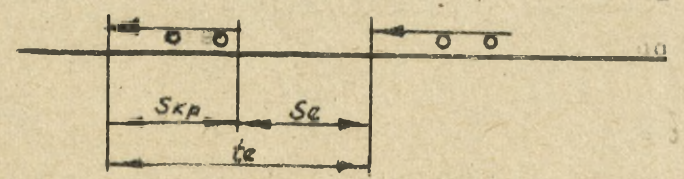
$$V_w = \frac{V_o + V_k}{2}$$

V_o- prędkość początkowa, którą przyjmujemy za prędkość pierwszego samochodu w początkowym momencie wyciągania kolumny równą 10 - 20 km/godz.;

V_k- średnia prędkość kolumny po jej wyciągnięciu [km/godz.]

Punkty wyrównania wyznaczane są na trasie marszu w odległościach od siebie mniej więcej co 1-2 godz. jazdy. Celem tych punktów jest umożliwienie regulowania w czasie i w przestrzeni marszu poszczególnych elementów ugrupowania marszowego kolumny. Różnica czasu przybywania na dany punkt wyrównania następnego elementu kolumny wynosi:

$$t_e = \frac{S_{kp} + S_e}{V_t}$$



t_e - różnica czasu przybycia poszczególnych elementów kolumny na punkt wyrównania [godz.] ;

S_{kp} - długość poprzedzającej kolumny [km] ;

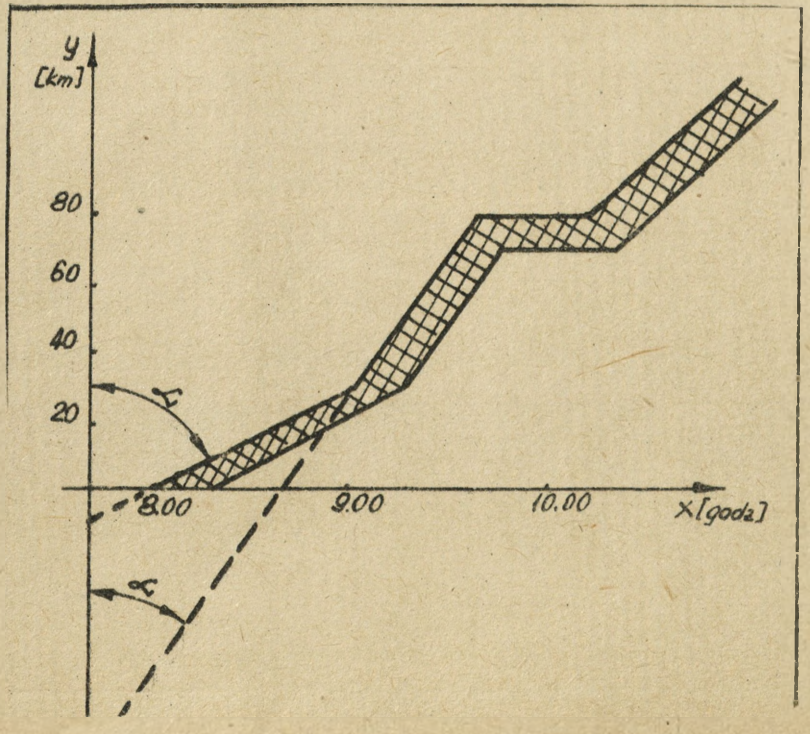
S_e - odległość między kolumnami pododdziałów [km] ;

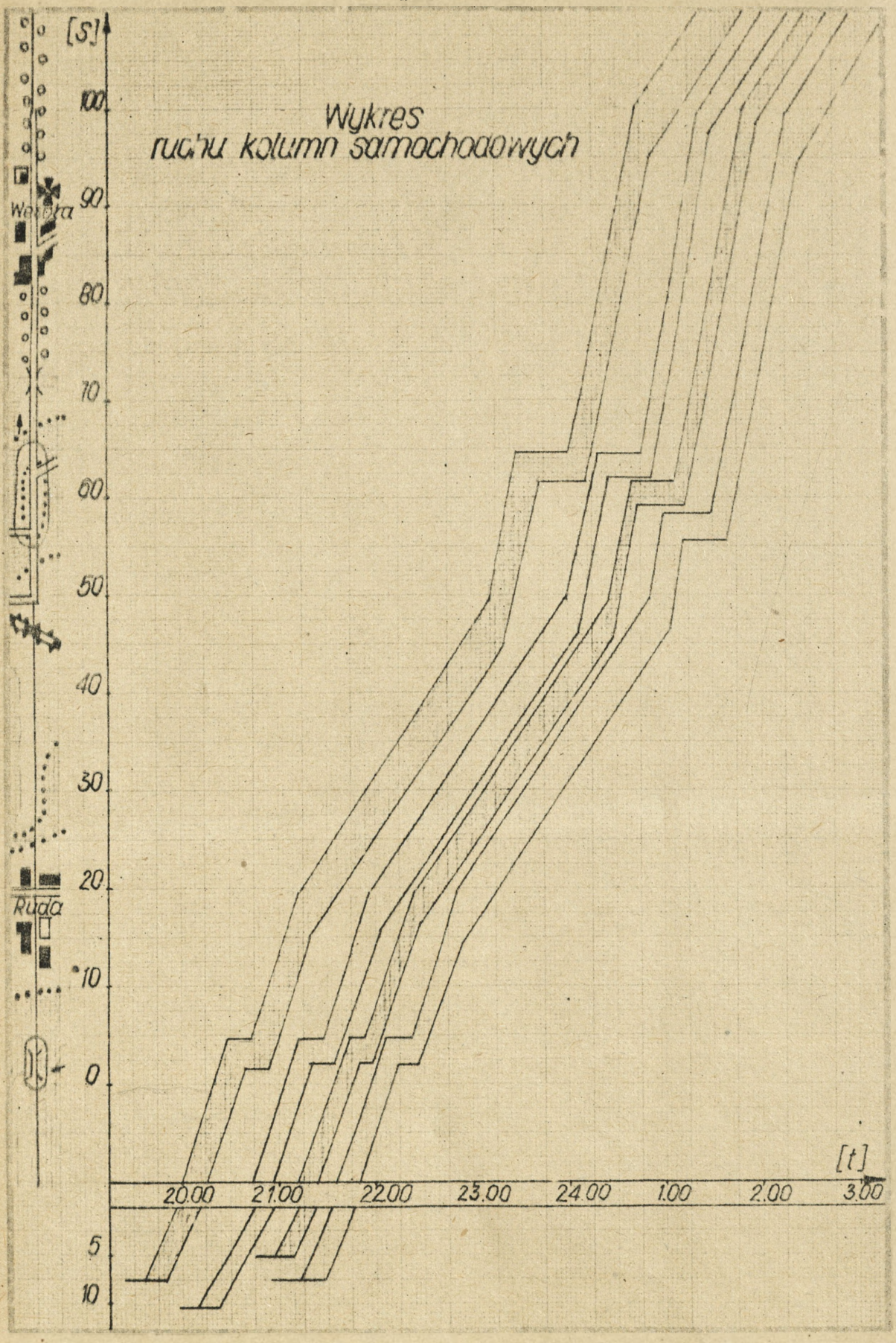
V_t - prędkość techniczna [km/godz.] ;

Jak z powyższego wynika, to czas marszu kolumny samochodowej i jej elementów, daje się dokładnie sprawdzić jedynie w punktach wyrównania. Na podstawie tych punktów reguluje się tempo marszu, gdyż na każdym punkcie określany jest czas przybycia czoła i ogona każdego z elementów ugrupowania marszowego kolumny.

Jeżeli natomiast zależy nam na sprawdzeniu prawidłowości marszu kolumny samochodowej w każdym dowolnym punkcie trasy marszu, to w tym celu sporządza się graficzny wykres ruchu kolumn /kolumny/ samochodowych. Schemat tego wykresu przedstawiony jest na następnej stronie. Oś y-ków przedstawia na wykresie drogę, a oś x-sów czas, natomiast krzywa wypadkowa prędkość kolumny. Na wykresie kolumnę przedstawia się linią o różnej szerokości, która zależna jest od głębokości kolumny i o różnym kącie nachylenia, który zależny jest od prędkości ruchu kolumny. Im linia przedstawiająca kolumnę jest szersza, tym kolumna jest dłuższa. Natomiast czym kąt α zwarty między osią y a linią przedstawiającą kolumnę jest większy, tym prędkość maszerującej kolumny jest mniejsza i odwrotnie, czym kąt ten jest mniejszy, tym prędkość kolumny jest większa.

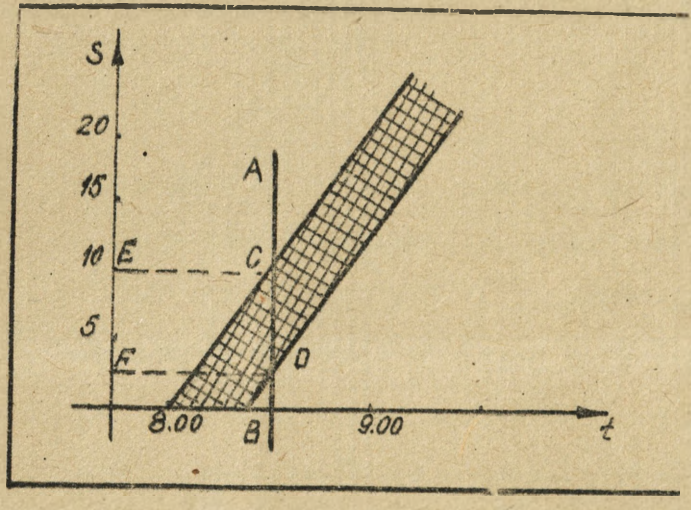
Linia graficzna kolumny pozioma oznacza postoje /odpoczynki/.



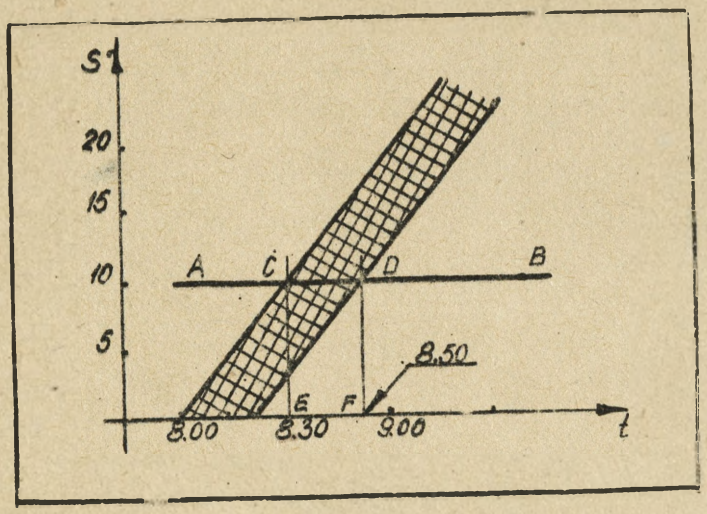

Wykres
ruchu kolumn samochodowych
[S]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
5
10
Wawóra
Ruda
[t]
20.00
21.00
22.00
23.00
24.00
1.00
2.00
3.00

Na podstawie tego wykresu daje się sprawdzić i ustalić wszystkie interesujące nas dane dotyczące ruchu wyrażonej na wykresie kolumny samochodowej.

Dla sprawdzenia długości kolumny w każdym dowolnym punkcie trasy marszu, należy przeciąć w tym miejscu kolumnę płaszczyzną pionową, pokazaną poniżej na wykresie - płaszczyzna A - B. Następnie od czoła punkt C i ogona kolumny punkt "D" przeprowadzić rzut C - E i D - F na oś drogi i odczytać wynik, który wynosi 7,5 km.

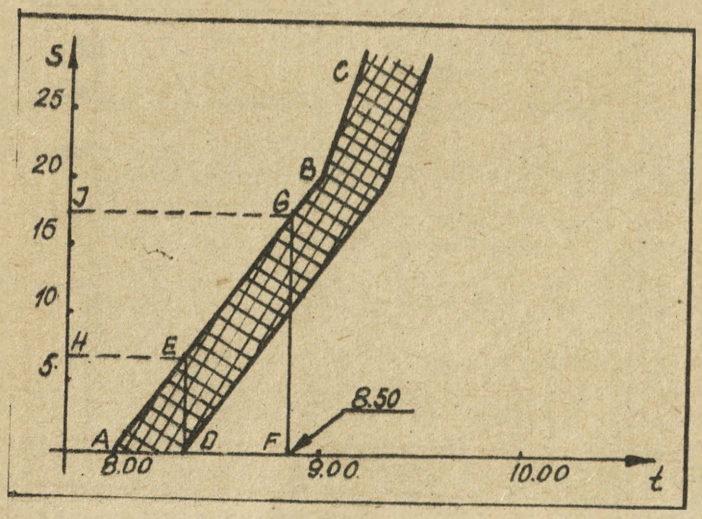


W celu określenia czasu przemarszu kolumny /długości kolumny w czasie/ w dowolnym punkcie trasy marszu, należy przeciąć w tym miejscu kolumnę płaszczyzną poziomą, przedstawioną na wykresie poniżej - płaszczyzna A - B. Następnie od czoła punkt "C" i ogona kolumny punkt "D" przeprowadzić rzut C - E i D - F na oś czasów i odczytać wynik, który wynosi 20 minut.



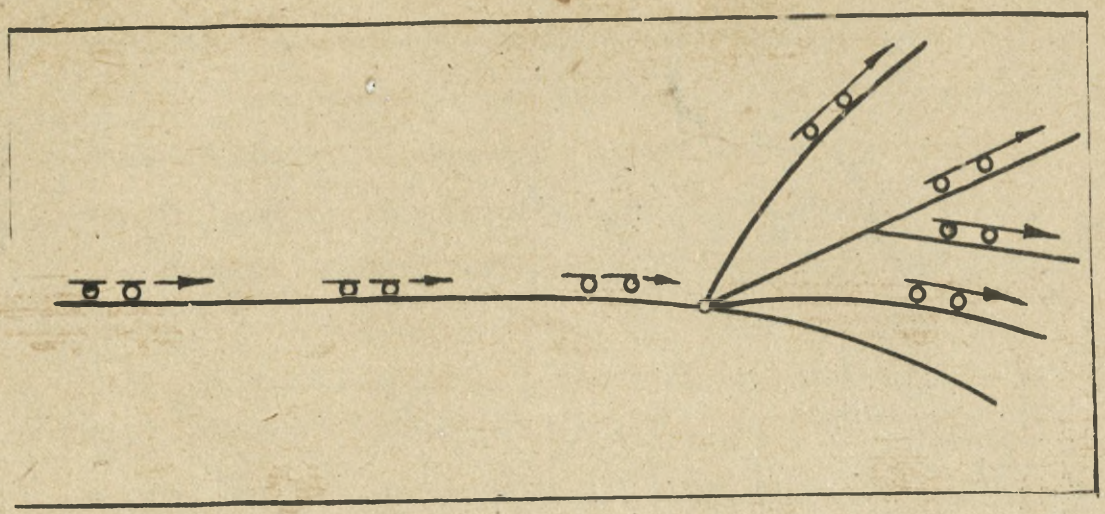
Można określić również prędkość techniczną maszerującej kolumny przedstawionej na wykresie w każdym dowolnym punkcie trasy marszu. W tym celu, w miejscu, w którym chcemy określić prędkość kolumny, przyjmujemy określony czas w obrębie jednakowej prędkości. Na wykresie poniżej przedstawiono, że okres czasu można przyjąć w granicach A - B lub B - C, gdyż na całej trasie od punktu A do B jest jednakowa prędkość techniczna kolumny /gdyż linia łącząca te punkty nachylona jest do osi S pod jednakowym kątem α /. Tak samo jednakowa prędkość techniczna jest od punktu B do punktu C. Najlepiej jest przyjąć okres czasu 1 godz., 30 minut, 20 minut itp. W obrębie przyjętego czasu / na wykresie poniżej przyjęto czas 30 minut/ przeprowadzić dwie linie do czoła kolumny D - E i F-G. Następnie z punktów E i G przeprowadzić rzut E - H i G - J na oś drogi i odczytać wynik, który wynosi

10 km. Wynik ten należy pomnożyć przez 2 i otrzymamy, że kolumna przedstawiona na wykresie na drodze od punktu O do punktu położonego na dwudziestym kilome - trze porusza się z prędkością 20 km/godz. W przypadku przyjęcia okresu czasu 20 minut, wynik uzyskany na osi drogi należy pomnożyć przez 3 itp.



Punkt rozdzielczy /schemat podany poniżej/ organizowany jest tylko wtedy, kiedy kolumna po wspólnym wykonaniu marszu rozjeżdża się na mniejsze kolumny lub pojedyncze pojazdy dla wykonywania dalszych zadań.

Punkt rozdzielczy jest końcowym punktem trasy marszu i wyznaczany jest na rozwidleniu dróg, z którego elementy marszowe kolumny /kolumny pododdziałów/ rozjeżdżają się do swoich rejonów wyładowania /kon - centracji/.



2. Dyscyplina w marszu kolumny /kolumn/ samochodowej.

Dla zapewnienia utrzymania pewnych norm, tak zwyczajowych, jak również wypracowanych przez naukę, musi być wydany dla publicznych potrzeb i przestrzegany przez społeczeństwo pewien zakres obowiązków i reguł zachowania się. Dotyczy to również uczestników korzystających z dróg kołowych. W szczególności chodzi w tym przypadku o uczestników zgrupowanych i zorganizowanych dla wykonania wspólnego zadania. Uczestnicy ci muszą ściśle stosować się do ustalonych reguł, by tym łatwiej i bez dodatkowych zakłóceń można wykonać wspólne zadanie.

Dyscyplina marszu w kolumnie samochodowej polega na tym, że każdy kierowca powinien:

- ściśle wykonywać zarządzenia przełożonych;
- stosować się do zarządzeń służby regulacji ruchu;
- przestrzegać maskowania pojazdu;
- jechać prawą lub nakazaną stroną drogi;

- nie zatrzymywać się samowolnie bez koniecznej potrzeby;
- uważać na podawane sygnały w kolumnie i przez regulację ruchu;
- utrzymywać przepisową odległość między pojazdami;
- zachować swoje miejsce w kolumnie;
- nie wyprzedzać.

Prawo wyprzedzania w kolumnie mają:

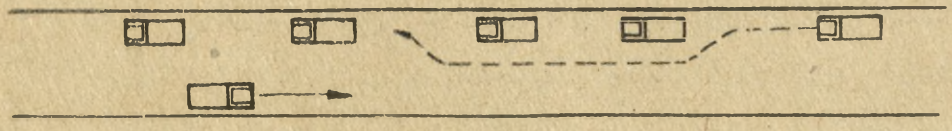
- pojazdy przełożonych;
- pojazdy sanitarne /w akcji/;
- pojazdy służby regulacji ruchu;
- pojazdy ubezpieczenia i obrony kolumny;
- patrole technicznego zabezpieczenia.

Dlatego w kolumnie samochodowej podczas marszu wyprzedzać nie wolno, aby nie zmieniać ugrupowania marszowego, nie wprowadzać zamieszania i unikać wypadków samochodowych, gdyż najczęściej powodowane są one w czasie ruchu kolumny samochodowej podczas wyprzedzania.

Prędkość techniczna samochodu poruszającego się indywidualnie przy tych samych warunkach ruchu jest większa niż kolumn samochodowych. Dlatego też kierowcy poruszający się samodzielnie będą często dopędzali kolumny samochodowe i będą dążyć do ich wyprzedzania. Kodeks Drogowy nic nie mówi na temat wyprzedzania kolumn samochodowych, lecz ogranicza ich wielkość. Jednak wielkości wojskowych kolumn samochodowych nie ogranicza, a te z reguły są duże, uniemożliwiające wyprzedzanie ich z przestrzeganiem wszystkich zasad przy wyprzedzaniu ujętych w Kodeksie Drogowym. Dlatego

też z tych przyczyn celowym jest, aby w Kodeksie Drogowym znalazł się paragraf zabraniający wyprzedzania dużych kolumn samochodowych - szczególnie wojskowych.

Dużych kolumn samochodowych wyprzedzać nie wolno /za wyjątkiem autostrad/ dlatego, że w czasie wyprzedzania tak dużej kolumny najczęściej spotka się z samochodem podążającym w przeciwnym kierunku i oprócz wyprzedzania następuje również mijanie. W takim przypadku kierowca ten musi wjechać w skład kolumny powodując tym samym wypadki samochodowe oraz rozerwanie i gubienie się pojazdów ze składu kolumny. Sytuację taką obrazuje poniższy rysunek.



W kolumnie samochodowej kierowcy trzymają się jeden za drugim, natomiast przy pewnej nieuwadze - szczególnie podczas słabej widoczności - następni kierowcy mogą pojechać za wspomnianym samochodem, gdy ten z kolei skręci na skrzyżowaniu dróg z właściwej trasy marszu kolumny, co również dodatkowo komplikuje sytuację w kolumnie.

Prawo wyprzedzania kolumn powinny mieć jedynie:

- pojazdy sanitarne i wiozące rannych;
- pojazdy służby drogowej.

3. Zasady prowadzenia kolumny samochodowej.

Umiejętne prowadzenie kolumny samochodowej zapewnia w znacznym stopniu utrzymanie dyscypliny marszowej, a tym samym wykonanie bez większych zakłóceń powierzonego zadania.

Prowadzący kolumnę samochodową powinni w miarę możliwości przestrzegać następujących zasad:

- podczas ruszania z miejsca postoju i przy wjeżdżaniu na znacznie lepszą trasę, należy kolumnę wyciągnąć. Przyczynia się to jakby do uporządkowania kolumny w chwili rozpoczęcia marszu, jak również z chwilą rozpoczęcia marszu ze znacznie większą prędkością;
- w marszu utrzymywać w miarę możliwości równomierną prędkość. Pierwszym samochodem jechać w miarę równomiernie i nie zwiększać ani nie zmniejszać raptownie prędkości. Raptowna zmiana prędkości powoduje wzrost nierównomierności ruchu kolumny - szczególnie pojazdów poruszających się w jej ogonie. Powoduje to rozrywanie się kolumny, a w związku z tym konieczność jej dopędzenia, a tym samym niebezpieczeństwo powodowania wypadków samochodowych - szczególnie na krętych i wąskich drogach;
- dla uzyskania określonej średniej prędkości na danym odcinku drogi należy pierwszym pojazdem jechać odpowiednio szybciej. Prędkość maksymalna pierwszego pojazdu w kolumnie zależy bowiem od możliwości procentowego wykorzystania średniej prędkości na tej drodze /rozdział V/2/;
- przejeżdżając przez miejscowość, punkt lub skrzyżowanie dróg o nasilonym ruchu kołowym, należy kolumnę

podciągnąć. W tym celu przed tym miejscem należy zmniejszyć prędkość i odległość między samochodami z takim rozliczeniem, aby ostatnie samochody dołączyły do kolumny przed przejazdem tego miejsca. Punkty takie należy przejeżdżać z niewielką prędkością i ze zmniejszonymi odległościami między samochodami. Wiąże się to jednocześnie z tym, że w takich punktach kierowcy muszą skupiać swoją dotychczasowo rozproszoną uwagę. Taki sposób przeprowadzania kolumny daje dwojakiego rodzaju korzyści. Po pierwsze; zmniejsza możliwość rozerwania się kolumny samochodowej i zmniejsza możliwość powodowania wypadków samochodowych. Takie ugrupowanie powoduje brak przerw między pojazdami w kolumnie i tym samym postronne pojazdy chcące skrzyżować swój ruch /na skrzyżowaniu z kolumną samochodową/ nie mają możliwości przejazdu /z uwagi na ciągłość ruchu/. I po drugie, zwiększa się przepustowość drogi, a tym samym w mniejszym stopniu zostanie zakłócony normalny ruch w danej miejscowości /punkcie/.

Zwiększenie przepustowości drogi pomimo zmniejszenia prędkości powodowane jest zmniejszeniem do minimum warunku bezpieczeństwa, a tym samym konieczność skupienia większej uwagi przez kierowców. Poruszająca się kolumna samochodowa o składzie np. 50 pojazdów z prędkością 50 km/godz. ma normalną długość; $S_k = P_m/\frac{1}{2}V + W_b + 1/ = 50/\frac{1}{2}50 + 15 + 10/ \approx 2500$ m

Czas przejazdu tych pojazdów wyniesie:

$$t_k = \frac{S_k \cdot 60}{V} = \frac{2,5 \cdot 60}{50} = \frac{15}{5} = 3 \text{ minuty}$$

długość kolumny

Czas przejazdu $t_k = \frac{S_k \cdot 60}{V}$ (długość kolumny; 60 – min (zmiana jednostek na min); prędkość kolumny)

Przepustowość drogi przy tego rodzaju ugrupowaniu wyniesie;

$$= \frac{1000\ V}{\frac{1}{2}V + W_b + 1} = \frac{1000\ V}{\frac{1}{2}60 + 15 + 10} = \frac{1000 \cdot 50}{50} =$$

= 1000 poj/godz.

Jeżeli przejeżdżając punkt o nasilonym ruchu kolumna zostanie podciągnięta, oraz zmniejszona zostanie prędkość do 30 km/godz, wówczas długość kolumny wyniesie:

$$S_k = 50/\frac{1}{2}30 + 2 + 10/ = 50 \cdot 27 = 1350 \text{ m.}$$

Czas przejazdu zmniejszy się do;

$$t_k = \frac{1,35 \cdot 60}{30} = 2,7 \text{ minuty}$$

Przepustowość zwiększy się do :

$$= \frac{1000 \cdot 30}{\frac{1}{2}30 + 2 + 10} = \frac{3000}{27} = 1110 \text{ poj/godz.}$$

Z tego wynika, że pomimo zmniejszenia prędkości, czas przejazdu kolumny zmniejszył się o $\frac{0,3 \cdot 100}{3} = 10$ procent. Natomiast przepustowość drogi /skrzyżowania lub innego punktu/ wzrośnie o $\frac{110 \cdot 100}{1000} = 11$ procent.

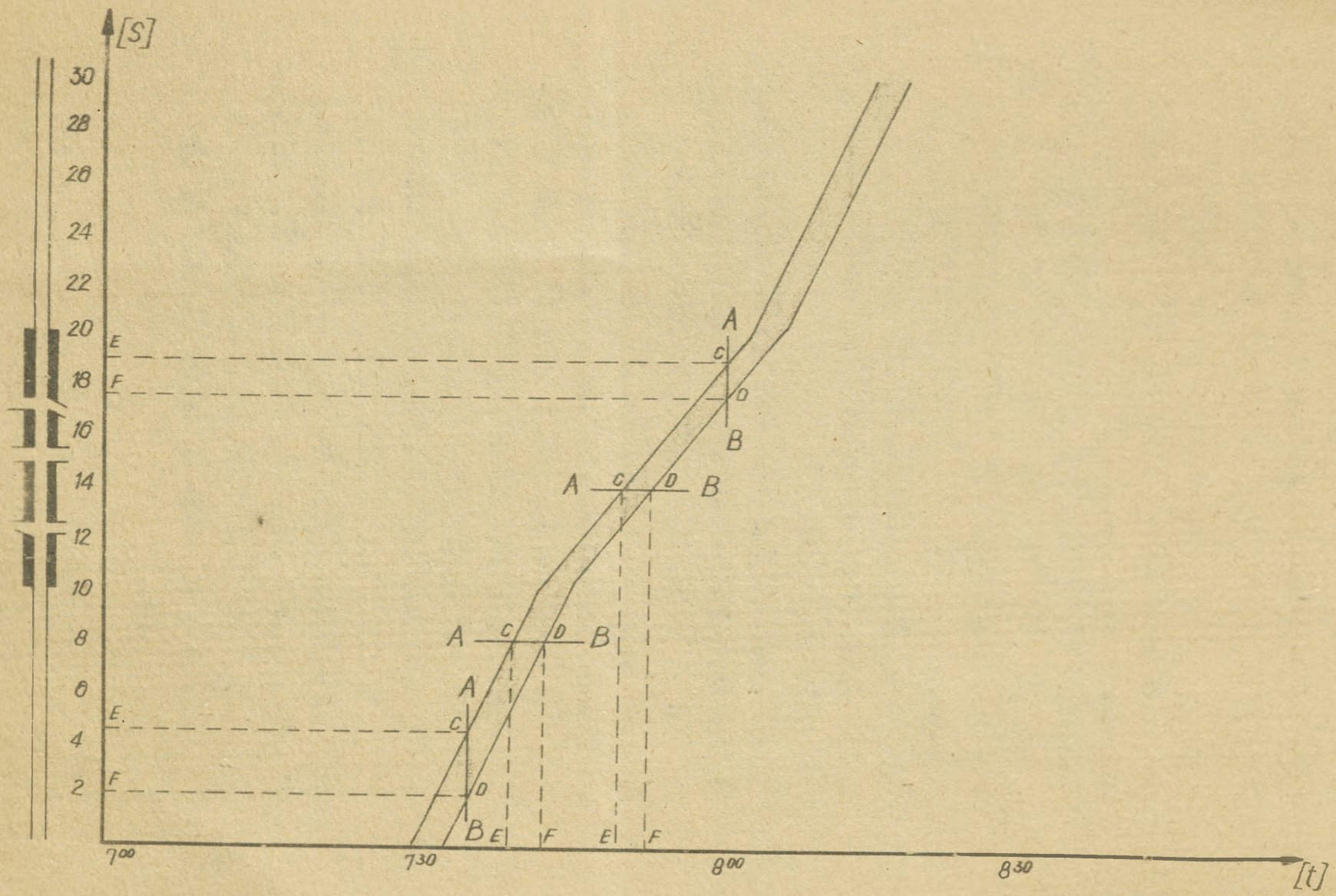
Dla uzyskania większych efektów można byłoby nie zmniejszać prędkości ruchu lub zmniejszyć tylko np. do 40 km/godz. przy zmniejszonym współczynniku bezpieczeństwa. Wówczas długość kolumny zmniejszy się

do; $S_k = 50/\frac{1}{2}40 + 2 + 10/ = 1600$ m, czas przejazdu do; $t_k = \frac{1,6}{40} \cdot \frac{60}{} = 2,4$ minut, a przepustowość dróg wzrośnie do; $= \frac{1000}{32} \cdot \frac{40}{} = 1250$ poj/godz.

Jednak z uwagi na bezpieczeństwo ruchu takie zmniejszenie warunku bezpieczeństwa przy tak dużej prędkości jest zbyt ryzykowne i wręcz niebezpieczne. Prędkość 30 km/godz. jest więc tą wielkością optymalną, najbardziej opłacalną i stosunkowo bezpieczną przy tak poważnym zmniejszeniu warunku bezpieczeństwa, Jest to w dodatku taka prędkość, że gdyby nawet z powodu nieuwagi kierowcy doszło do zderzenia, to następstwa przy tej prędkości byłyby w zasadzie znikome. Sytuację tą obrazuje wykres na następnej stronie.

Większe ograniczenie prędkości powoduje już jednak zwiększenie czasu przemarszu i zmniejszenie przepustowości drogi, gdyż przy prędkości 20 km/godz. długość kolumny wyniesie;
$S_k = 50/20\frac{1}{2} + 2 + 10/ = 1100$ m, natomiast czas przemarszu zwiększy się już do $t_k = \frac{1,1}{2} \cdot \frac{60}{} = 3,3$ minuty, a przepustowość drogi zmniejszy się do $= \frac{100 \cdot 10}{22} =$ - 910 poj/godz.

Podczas marszu wojskowych kolumn samochodowych z uwagi na warunki bojowe między elementami ugrupowania marszowego kolumny stosowane są pewne odległości. Taki porządek poruszania się kolumn samochodowych zmniejsza przepustowość dróg do około 50%. Wniosek z tego jest prosty, że aby zwiększyć przepustowość drogi /punktu/ należy podczas przejazdu tego miejsca zmniejszyć lub całkowicie zlikwidować odległości między elementami ugrupowania marszowego kolumny. W warunkach


[S]
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
E
F
A
C
D
B
7⁰⁰
7³⁰
8⁰⁰
8³⁰
[t]

bojowych wymaga to wtedy szczególnie należycie zorganizowanej obrony plot. tego punktu.

4. Odpoczynki w kolumnie samochodowej podczas przewozów.

W czasie długotrwałych marszów kolumn samochodowych związanych z przewozami, dla regeneracji sił kierowców oraz opieki nad sprzętem samochodowym, organizowane są odpoczynki;

- krótkie;
- długie;
- dzienne lub noclegi;
- dobowe.

Odpoczynki krótkie wyznacza się:

a/ pierwszy krótki odpoczynek po pierwszej 0,5 godzinnej jeździe w celu:

- sprawdzenia stanu technicznego pojazdów samochodowych. Organizowany on jest w szczególności po to, że po 30 minutach jazdy, wszystkie mechanizmy i zespoły pojazdu na tyle się już nagrzały, że można już dokładnie sprawdzić nieprawidłowości ich pracy pod względem grzania się bębnów hamulcowych i tarczy hamulcowej, grzania się piast kół, wycieków oleju, płynu hamulcowego z powodu nieszczelności itp. Można również usunąć wykryte nieznaczne niedomagania, a tym samym wpływając na zachowanie pojazdów w sprawności technicznej,
- sprawdzenia stopnia umocowania załadowanego ładunku. Po 0,5 godz. jeździe ładunek, który został nie dość dokładnie umocowany /ułożony/ ulegnie naruszeniu.

Wyżej wspomniane ewentualnie zaistniałe niedomagania nie usunięte na czas, mogłyby spowodować uszkodzenie samochodu lub ładunku w czasie dalszej jazdy.

b/ Następne krótkie odpoczynki wyznacza się co 2 - 3 godzin jazdy w celu:

- sprawdzenia stanu technicznego pojazdów samochodowych i ewentualnego usunięcia niedomagania;
- sprawdzenia ładunku na samochodzie i ewentualna poprawa umocowania /ułożenia/;
- podciągnięcia pozostałych za kolumną samochodów;
- odpoczynku kierowców.

Krótkie odpoczynki trwają 20 - 30 minut. Odbywają się one bezpośrednio na trasie marszu. W tym celu kolumna zatrzymuje się po prawej stronie drogi w miejscu stwarzającym dogodne maskowanie. Samochody ustawia się jeden za drugim w odległości 10 - 20 m, w takim miejscu, aby były możliwie najlepiej ukryte przed obserwacją lotniczą. Jeżeli którykolwiek pojazd pozostał na trasie marszu, to dla niego pozostawia się wolne około 30 m miejsce, gdyż na poprzednie miejsce wjeżdża on tylko w rejonach odpoczynków.

W każdym rejonie odpoczynku kierowcy przeprowadzają przegląd samochodu w drodze oraz dwukrotnie meldują swoim przełożonym o stanie technicznym pojazdu. Pierwszy raz kierowca melduje natychmiast po zatrzymaniu się i sprawdzeniu stanu ogumienia, a po raz drugi po dokładnym przeglądzie samochodu w drodze. Meldowanie prawie natychmiast po zatrzymaniu potrzebne jest dlatego, aby można było zorganizować ewentualną skuteczną pomoc tym kierowcom, którzy jej potrzebują.

Odpoczynki długie można wyznaczać na początku drugiej połowy marszu. Organizowane one są tylko wtedy, kiedy zachodzi konieczność uzupełniania pojazdów w paliwo. Odpoczynków długich w nocy nie organizuje się.

Odpoczynki długie trwają 2 - 4 godz. i organizowane są w celu:

- uzupełnienia paliwa;
- odpoczynku kierowców;
- wydania kierowcom gorącej strawy;
- sprawdzenia stanu technicznego pojazdów i usunięcia powstałych niedomagań;
- uzupełnienia zaopatrzenia technicznego;
- ewakuacji uszkodzonego sprzętu.

Rejon długiego odpoczynku organizowany jest obok trasy marszu. Kolumna do tego rejonu zjeżdża z trasy i ustawia się pewnymi ustalonymi pododdziałami na drogach lub leśnych duktach i przesiekach. Każda droga powinna być na tyle szeroka aby cysterny mogły poruszać się wzdłuż kolumn i dopełniać paliwem zbiorniki pojazdów. Środki pomocy technicznej rozwijają się częściowo w dogodnym miejscu do pracy. Należy dążyć do tego, aby kierowcy jak najszybciej zakończyli prace kontrolno-obsługowe i mogli należycie wypocząć /szczególnie przy dużym przemęczeniu/. W takim przypadku należy nawet wyznaczyć pewien czas kierowcom na spanie. Po zakończeniu snu, dla należytego orzeźwienia przed dalszym marszem, każdy kierowca powinien umyć się w zimnej wodzie.

Noclegi wyznacza się po każdym marszu dziennym, a odpoczynki dzienne po każdym marszu nocnym. Odpoczynki te wyznacza się przede wszystkim dla wypoczynku

kierowców, Jednak oprócz tego, wykonuje się wszystkie prace takie jak w rejonie odpoczynku długiego.Kolumna zjeżdża z trasy podobnie jak przy odpoczynku długim z tym, że nie zatrzymuje się pododdziałami na drogach, lecz odpowiednio rozśrodkowuje się w terenie.

Odpoczynki dobowe organizowane są po 3 - 4 do - bach. Wyznaczane są tylko wtedy, kiedy marsze trwają kilkanaście dni pod rząd. Celem tych odpoczynków jest przede wszystkim doprowadzenie pojazdów samochodowych do pełnej sprawności technicznej. Natomiast kolumna rozmieszcza się podobnie jak w rejonie odpoczynku dziennego.

W rejonach odpoczynków dziennych, noclegów i odpoczynków dobowych środki pomocy technicznej wykonują naprawy bieżące uszkodzonych pojazdów, wymagające mniejszego zakresu pracy. W rejonach tych organizuje się jednocześnie RFK.

Pojazdy samochodowe, które trzeba holować w dalszej drodze, należy tak rozmieścić przed dalszym marszem w kolumnie, aby zbytnio nie hamowały ruchu. Przyczepiać ich należy na hol do pojazdów prowadzonych przez dobrych kierowców i grupować ich z wiadomych już względów w czole kolumny.

SPIS TREŚCI

		Str.
I.	WSTEP	1
	1. Cel	1
	2. Problematyka	6
II.	POJECIE KOLUMNY SAMOCHODOWEJ	9
	1. Zagadnienie tworzenia się kolumn samochodowych	9
	2. Metody obliczania długości kolumn samochodowych	13
III.	OPTYMALNE ODLEGŁOSCI MIEDZY POJAZDAMI PODCZAS RUCHU W KOLUMNIE	19
	1. Dotychczasowe poglądy na stosowane odległości między samochodami w kolumnie	19
	2. Optymalnie bezpieczne odległości między samochodami w ruchu kolumny samochodowej	21
	3. Proponowane odległości między samochodami podczas ruchu w kolumnie	42
IV.	ZALEŻNOSCI MIEDZY PRZEPUSTOWOSCIA DROGI PREDKOSCIA RUCHU POJAZDOW I ODLEGŁOSCIA MIEDZY NIMI	44
	1. Pojęcie przepustowości drogi	44
	2. Metody obliczania przepustowości drogi	45
	3. Przepustowość drogi przy odległościach między samochodami w kolumnie według dotychczasowych poglądów	46
	4. Przepustowość drogi przy odległościach między samochodami w kolumnie według proponowanych poglądów	49
	5. Przepustowość drogi podczas ruchu kolumny samochodowej	51

6. Przepustowość drogi podczas ruchu ciągłego /w dużych miastach/ 58

V. SREDNIA PREDKOSC KOLUMN SAMOCHODOWYCH I NIEREGULARNOSC RUCHU SAMOCHODOW W KOLUMNIE 62

1. Czynniki wpływające na średnią prędkość samochodu 62

2. Srednia prędkość samochodu w funkcji jego prędkości maksymalnej /na podstawie badań/ 64

3. Czynniki wpływające na średnią prędkość kolumn samochodowych 81

4. Czynniki wpływające na nieregularność ruchu samochodu w kolumnie 85

5. Srednia prędkość kolumn samochodowych w funkcji przepustowości dróg 102

VI. FORMOWANIE I WYCIAGANIE KOLUMN SAMOCHODOWYCH 111

1. Miejsce samochodu w kolumnie 111

2. Wyciaganie kolumny samochodowej 114

VII. KIEROWANIE KOLUMNA SAMOCHODOWA 124

1. Punkty przejścia i punkty wyrównania 124

2. Dyscyplina w marszu kolumny /kolumn/ samochodowej 132

3. Zasady prowadzenia kolumny samochodowej 135

4. Odpoczynki w kolumnie samochodowej podczas przewozów 140

B I B L I O G R A F I A

I. Książki.

1. Praca zbiorowa: Samochody od A do Z. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1964 r.

2. Chejt: Matematiczeskaja Teoria Transportnych Potokow.

3. Witold Rychter: Sztuka prowadzenia samochodu Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1963 r. str. 316.

4. Jerzy Wolszczan: Przewozy ładunków transportem samochodowym /rozdział 6/. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 1968 r.

5. A. Rostocki: Zasady organizacji w transporcie samochodowym. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1965 r.

II. Czasopisma.

1. B. Puzia: Zasady ruchu samochodów w kolumnie. Przegląd Wojsk Lądowych Nr 5. Wydawnictwo MON Warszawa 1961 r. str. 88 - 94.

65253

Biblioteka Główna WSO im. gen. broni K. Świerczewskiego Nr ewid. V

Druk WOSS zam. nr 105. 05.71r. OXVII-88

10.—

75018