ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: BUDOWNICTWO z.89 Nr kol. 1482

Anna OLMA

PROCEDURA OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI SKRZYŻOWAŃ BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ W ŚWIETLE OBECNYCH WARUNKÓW RUCHU

Streszczenie. W publikacji przedstawiono poprawki, jakie należy uwzględnić w obliczaniu przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej. Przedstawione zostały parametry, które uległy zmianie w obecnej sytuacji ruchowej i nowocześniejszym parku pojazdów. Korekty należałoby uwzględnić w nowym wydaniu instrukcji obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej.

THE PROCEDRRE OF CAPACITY CALCULATION OF CROSS ROAD WITHOUT THE TRAFFIC LIGHTS – PROPOSITION OF CHANGES

Summary. The article presents the corrections, which should be taken into consideration in order to make calculation of capacity of cross roads without the traffic lights. There are described the parameters, which are changed in present traffic situation and with modern fleet of motor vehicles.

1. Wstęp

Obliczenia przepustowości istniejących skrzyżowań pozwalają na określenie poprawności pracy skrzyżowań, wyznaczenie poziomów swobody ruchu, a przez to średnich strat czasu na skrzyżowaniu, a znajomość przepustowości skrzyżowań na określenie rezerwy przepustowości, natężeń ruchu, w których zapewniony będzie zadany PSR oraz horyzont czasowy pracy skrzyżowania w zadanych warunkach geometrycznych i ruchowych. Przy nowo projektowanych skrzyżowaniach obliczenia te służą do sprawdzenia poprawności zaprojektowanego skrzyżowania pod względem przepustowości i warunków ruchu. Procedury obliczania przepustowości mogą być wykorzystane do ustalenia elementów geometrycznych skrzyżowania, tj. liczby i rodzajów pasów ruchu przy zadanym poziomie swobody ruchu.

Z analizy ruchu na istniejących skrzyżowaniach oraz przeprowadzonych obliczeń przepustowości wg obowiązujących wytycznych wynika, iż procedury obliczeń powstałe w latach 80 i 90 są zdezaktualizowane.

W instrukcji obliczania należy wprowadzić poprawki wynikające między innymi ze zmiany zachowań kierowców, struktury rodzajowej ruchu oraz parametrów technicznych „parku" pojazdów.

2. Procedura obliczenia przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej

Obowiązującą procedurą do wyznaczenia przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej jest „Instrukcja obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej" z 1988 r. Skrzyżowania takie działają na zasadzie podporządkowania ruchu znakami A-7 „Ustąp pierwszeństwa przejazdu" oraz B – 20 „Stop!"

Przebieg obliczeń przepustowości wlotów podporządkowanych skrzyżowania oraz oceny warunków ruchu na wlotach podporządkowanych obejmuje następujący tok postępowania:

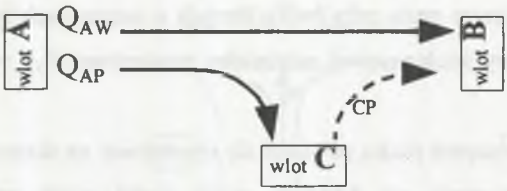
- ustalenie natężeń relacji nadrzędnych dla poszczególnych relacji podporządkowanych,
- ustalenie granicznych odstępów czasu relacji podporządkowanych,
- sprowadzanie przepustowości obliczanych relacji do rzeczywistych warunków ruchowo-geometrycznych za pomocą współczynników korygujących,
- obliczenie przepustowości pasa ruchu i wlotów,
- ocena PSR na pasach wlotów podporządkowanych skrzyżowania przy określonych natężeniach ruchu.

2.1. Ustalenie natężeń relacji nadrzędnych

Natężenie relacji nadrzędnych (Q_n) dla danej relacji podporządkowanej jest to suma natężeń ruchu wszystkich relacji mających pierwszeństwo i równocześnie kolidujący z tą relacją podporządkowaną, bądź relacji wyraźnie oddziałujących na reakcje kierujących pojazdami relacji podporządkowanej. Zasady ustalania natężeń relacji nadrzędnych podaje instrukcja [2].

Na skrzyżowaniach, w których występuje jedna droga bądź ulica dwuprzestrzenna, lub wielopasowa, wprowadzony jest współczynnik uwzględniający natężenie ruchu na pasie skrajnym. Dla pojazdów skręcających w prawo z wlotu podporządkowanego relacją nadrzędną, kolidującą jest relacja AP i AW na pasie skrajnym.

$$Q_n = 0{,}5 \cdot Q_{AP} + s \cdot Q_{AW} \tag{1}$$



Rys.1. Relacje nadrzędne dla prawoskrętu z wlotu podporządkowanego
Fig.1. Superordinated direction for right turn lane of minor road junction entry

Współczynnik określający wielkość natężenia na skrajnym pasie „s" waha się w granicach od 0,6 ÷ 0,8 natężenia nadrzędnego Q_{AW} na wprost.

W latach 80 natężenie na pasach skrajnych faktycznie wynosiło 60 ÷ 80 % natężenia ruchu na wprost. Badania i obserwacja ruchu na drogach i ulicach dwuprzestrzennych i wielopasowych wykazały, iż natężenia na pasie wewnętrznym są większe od natężeń na pasie zewnętrznym - skrajnym.

Obecne warunki ruchu, wielkość natężenia ruchu, parametry parku samochodowego i tempo życia wpłynęły na zmianę rozkładu natężeń na pasach na drogach wielopasowych.

Skrajnym pasem poruszają się przeważnie pojazdy jadące wolniej, a wśród nich pojazdy ciężarowe, autobusy i samochody osobowe prowadzone zgodnie z obowiązującą prędkością na danej drodze (maksymalną dozwoloną) bądź pojazdy o znacznie gorszych parametrach technicznych.

Rysunek 2 przedstawia procentowy rozkład natężeń na pasie wewnętrznym i zewnętrznym jezdni drogi dwupasowej dwujezdniowej w Bielsku-Białej.

Rys.2. Wykres rozkładu natężeń na pasie wewnętrznym i zewnętrznym jezdni drogi dwupasowej dwujezdniowej
Fig.2. The chart of capacity distribution on inside and outside lane of dual carriageway

Natężenia na skrajnym pasie przy barku danych o natężeniach ruchu na poszczególnych pasach drogi czy ulicy wielopasowej należałoby przyjmować 0,4 ÷ 0,5 natężenia ruchu na wprost.

W ramach badań natężeń ruchu powinno się rejestrować na skrzyżowaniach dróg czy ulic wielopasowych obciążenia na każdym pasie ruchu wraz ze strukturą rodzajową. Przy określeniu relacji nadrzędnej dla skrętu w prawo z wlotów podporządkowanych uwzględnione jest wtedy faktyczne, kolidujące natężenie pojazdów na skrajnym pasie ruchu.

2.2. Sprowadzanie przepustowości obliczanych relacji do rzeczywistych warunków ruchowo-geometrycznych za pomocą współczynników korygujących

Przepustowość relacji, korzystającej z jednego pasa ruchu w odniesieniu do rzeczywistych warunków geometryczno-ruchowych, oblicza się ze wzoru:

$$C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_w \quad \text{[E/h]} \tag{2}$$

Przepustowość relacji wyrażoną w [P/h] oblicza się według wzoru:

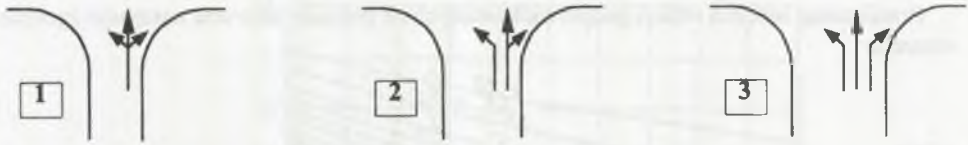
$$C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_w \cdot f_{cs} \quad \text{[P/h]}, \tag{3}$$

gdzie:

C_r - przepustowość relacji z jednego pasa,
C_{or} - przepustowość wyjściowa relacji [E/h,]
f_d - współczynnik korygujący uwzględniający wpływ dławienia ruchu na wlocie,
f_p - współczynnik korygujący uwzględniający wpływ szerokości pasa ruchu, typ wlotu i natężenie ruchu pieszego,
f_w - współczynnik korygujący uwzględniający wpływ widoczności,
f_{cs} - współczynnik korygujący uwzględniający wpływ pochyleń podłużnych, wlotu na długości 30 m od linii zatrzymań i struktury rodzajowej ruchu.

Współczynnik korygujący uwzględniający wpływ pochyleń podłużnych i struktury rodzajowej ruchu f_{cs} w instrukcji przyjmowany jest niezależnie od ilości pasów na wlocie i relacji kierunkowych na pasach - niezależnie od organizacji ruchu na wlocie. Jeżeli na wlocie występuje tylko jeden pas, to współczynnik ten jest prawidłowo przyjęty. Jeżeli jednak na wlocie występują dwa lub więcej pasów ruchu, które obsługują wybrane relacje lub grupy relacji na pasie, to współczynnik f_{cs} powinien przyjmować wartość odpowiednio dla pojedynczej relacji, lub grupy relacji na pasie ruchu. Struktura rodzajowa wlotu nie jest równoznaczna ze strukturą rodzajową dla każdej relacji mającej swój własny pas.

$f_{CS}^{wlot} = f_{CS}^{L} = f_{CS}^{W} = f_{CS}^{P}$ $f_{CS}^{L} \neq f_{CS}^{W} = f_{CS}^{P}$ $f_{CS}^{L} \neq f_{CS}^{W} \neq f_{CS}^{P}$

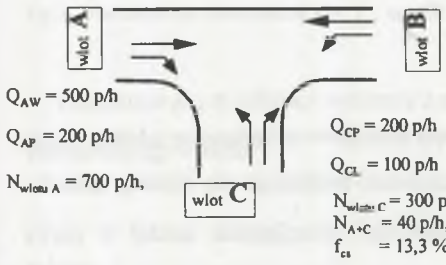


Rys.3. Współczynniki f_{cs} dla relacji w zależności od organizacji ruchu na wlocie

Fig.3. Coefficients f_{cs} for each direction depends of traffic management at junction entry

Przykładowo przedstawiono analizę przepustowości skrzyżowania trójwlotowego wraz z oceną warunków ruchu dla różnych współczynników f_{cs}, przy założonej organizacji i niezmiennej strukturze kierunkowej ruchu.

$N_{wlotu\ B}$ = 600 p/h,
N_{A+C} = 50 p/h,
f_{cs} = 8,3 %
Q_{BW} = 500 p/h
Q_{BL} = 100 p/h

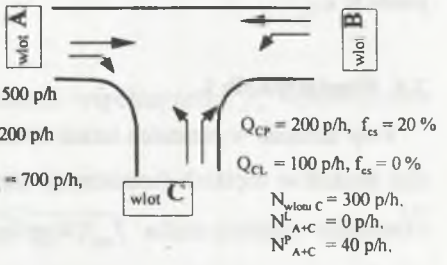


Q_{AW} = 500 p/h
Q_{AP} = 200 p/h
$N_{wlotu\ A}$ = 700 p/h,
Q_{CP} = 200 p/h
Q_{CL} = 100 p/h
$N_{wlotu\ C}$ = 300 p/h,
N_{A+C} = 40 p/h,
f_{cs} = 13,3 %

Współczynnik f_{cs} przyjęty dla udziału pojazdów ciężkich na wlocie

Wariant nr 1

$N_{wlotu\ B}$ = 600 p/h,
N^{W}_{A+C} = 50 p/h,
N^{L}_{A+C} = 0 p/h,
Q_{BW} = 500 p/h, f_{cs} = 10 %
Q_{BL} = 100 p/h, f_{cs} = 0 %



Q_{AW} = 500 p/h
Q_{AP} = 200 p/h
$N_{wlotu\ A}$ = 700 p/h,
Q_{CP} = 200 p/h, f_{cs} = 20 %
Q_{CL} = 100 p/h, f_{cs} = 0 %
$N_{wlotu\ C}$ = 300 p/h,
N^{L}_{A+C} = 0 p/h,
N^{P}_{A+C} = 40 p/h,

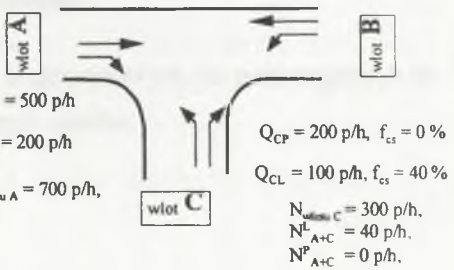
Współczynnik f_{cs} przyjęty dla udziału pojazdów ciężkich na pasach

Wariant nr 2

Wpływu doboru współczynnika f_{cs} na rezerwę przepustowości i ocenę warunków ruchu

nr wariantu	rezerwa przepustowości			poziom swobody ruchu		
	wlot B	wlot C		wlot B	wlot C	
		w prawo	w lewo		w prawo	w lewo
1	533	360	100	I	I	III
2	531	348	110	I	II	III
3	503	380	80	I	I	IV

$N_{wlotu\ B}$ = 600 p/h,
N^{W}_{A+C} = 0 p/h,
N^{L}_{A+C} = 50 p/h,
Q_{BW} = 500 p/h, f_{cs} = 0 %
Q_{BL} = 100 p/h, f_{cs} = 50 %



Q_{AW} = 500 p/h
Q_{AP} = 200 p/h
$N_{wlotu\ A}$ = 700 p/h,
Q_{CP} = 200 p/h, f_{cs} = 0 %
Q_{CL} = 100 p/h, f_{cs} = 40 %
$N_{wlotu\ C}$ = 300 p/h,
N^{L}_{A+C} = 40 p/h,
N^{P}_{A+C} = 0 p/h,

Współczynnik f_{cs} przyjęty dla udziału pojazdów ciężkich na pasach

Wariant nr 3

2.3. Przeliczanie natężeń relacji podporządkowanych na pojazdy umowne

Przeliczenie natężeń relacji podporządkowanych na pojazdy umowne następuje zgodnie ze wzorem:

$$Q_r^E = \frac{Q_r}{f_{cs}}, \tag{4}$$

gdzie:

Q_r^E - natężenie relacji wyrażone w pojazdach umownych na godzinę [E/h],

Q_r - natężenie relacji wyrażone w pojazdach rzeczywistych na godzinę [P/h],

f_{cs} - współczynnik korygujący uwzględniający wpływ pochyleń podłużnych wlotu na długości 30 m od linii zatrzymań i struktury rodzajowej ruchu.

Współczynnik f_{cs} należy dobierać dla każdej relacji podporządkowanej. W przykładach podanych w instrukcji [2] współczynnik f_{cs} dla każdej relacji na wlocie jest identyczny, ponieważ struktura rodzajowa określona jest dla całego wlotu, a nie dla wszystkich relacji. Pełne badania ruchu na skrzyżowaniach mogą przedstawiać strukturę rodzajową całego wlotu, jak i poszczególnych relacji na wlocie. Dobór współczynnika f_{cs} powinien odbywać się jak w punkcie 2.2.

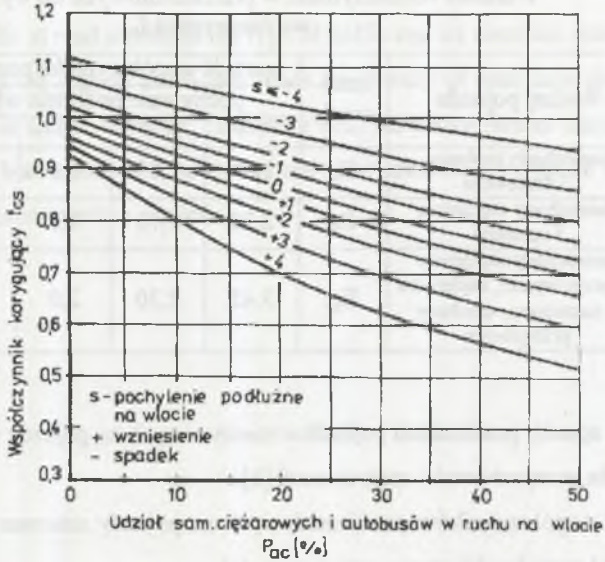
2.4. Współczynnik f_{cs}

Przy zmianie w ostatnich latach struktury rodzajowej pojazdów zwiększenie udziału w ruchu pojazdów ciężkich (samochody ciężarowe z naczepami) proponuje się zmianę sposobu określania współczynnika f_{cs}. Współczynnik ten powinien uwzględniać udział w ruchu trzech grup pojazdów:

O – samochody osobowe i dostawcze,

C – samochody ciężarowe i autobusy,

CP – samochody ciężarowe z przyczepami, samochody ciężarowe z naczepami i autobusy przegubowe.



Rys.4. Wykres do wyznaczania współczynnika f_{cs}

Fig.4. The chart for determining the f_{cs} coefficient

Proponuje się w miejsce wykresu z rys. 4 do określania współczynnika f_{cs} wprowadzenie następującego wzoru:

$$f_{cs} = \frac{1}{p_o \cdot E_o + p_c \cdot E_c + p_{cp} \cdot E_{cp}}, \tag{5}$$

gdzie:

p_o - udział samochodów osobowych i dostawczych w potoku,

p_c - udział samochodów ciężarowych i autobusów w potoku,

p_{cp} - udział samochodów ciężarowych z przyczepami, ciężarowych z naczepami i autobusów przegubowych w potoku,

E_o, E_c, E_{cp} - współczynniki przeliczeniowe na pojazdy umowne, odpowiednio dla poszczególnych rodzajów pojazdów.

Tabela 1 przedstawia wartości współczynników przeliczeniowych dla poszczególnych rodzajów pojazdów w zależności od pochyleń podłużnych wlotów.

Tabela 1

Wartości współczynników przeliczeniowych do wyznaczania współczynnika f_{cs}

Rodzaj pojazdu	oznaczenie	wartość współczynnika przeliczeniowego				
		pochylenie podłużne wlotu i_{wl} [%]				
		+ 4	+ 2	0	- 2	- 4
samochody osobowe i dostawcze	E_o	1,07	1,05	1,0	0,97	0,90
samochody ciężarowe i autobusy	E_c	2,20	1,70	1,5	1,35	1,10
samochody ciężarowe z przyczepami, ciężarowe z naczepami, autobusy przegubowe	E_{cp}	3,45	2,30	2,0	1,70	1,37

Podobny sposób przeliczania pojazdów rzeczywistych na pojazdy umowne podaje instrukcja obliczenia przepustowości małych rond [3].

Wartości współczynników przeliczeniowych na pojazdy umowne mają różne wartości w zależności od metody obliczania przepustowości.

3. Podsumowanie

Przy badaniach ruchu na skrzyżowaniach należy rejestrować strukturę kierunkową ruchu i rodzajową dla wszystkich relacji, a w przypadku dróg czy ulic wielopasowych również natężenie na wszystkich pasach ruchu. Różnice w wynikach przepustowości przy uwzględnieniu powyższych poprawek są tym większe, im większy jest udział w ruchu pojazdów ciężarowych ciężkich (CP). Wpływ na wyniki ma również organizacja ruchu i ilości pasów na wlocie.

LITERATURA

1. Datka S., Suchorzewski, W., Tracz M.: Inżynieria ruchu, WKŁ, Warszawa 1997.
2. Instrukcja obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej, Politechnika Krakowska – GDDP, Warszawa 1988.
3. Instrukcja projektowania małych rond, Politechnika Krakowska – GDDP, Warszawa 1996.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Andrzej Rudnicki

Abstract

When analysing traffic at road junctions the type of traffic and its direction should be noted for all directions, and in the case of multi-lane roads the density of each lane should be also noted. The differences in traffic capacity, calculated with the above factors increase with an increasing presence of heavy lorries. The results are also influenced by traffic management and the numbers of lanes at junction entries