

Jeremi RYCHLEWSKI¹

ORGANIZACJA RUCHU NA RONDACH

Streszczenie. Ronda znajdują coraz większe uznanie wśród polskich projektantów. Formę tę przyjmują zarówno nowe skrzyżowania, jak też, na skutek przebudowy, już istniejące. Modernizacja istniejących skrzyżowań napotyka jednak na ograniczenia terenowe, nie zawsze więc można dostosować się w pełni do wymogów instrukcji czy wytycznych. Artykuł ma na celu analizę założeń konstrukcji układu geometrycznego skrzyżowań z ruchem okrężnym (rond i skrzyżowań z wyspą centralną) i propozycje ich kształtowania w nietypowych sytuacjach (np. ograniczenia terenowe, linie tramwajowe na skrzyżowaniu).

TRAFFIC MANAGEMENT ON ROUNDABOUTS

Summary. Roundabouts are getting popular among Polish street designers. The form of a roundabout is given to both new and existing junctions. A modernisation of a junction for a roundabout can, however, be obscured by spatial restraints, therefore not always all requirements given by Polish codes can be met. This paper's aim is to analyse basis for geometrical layout rules for roundabouts (both classical and junctions with a central isle) and propose methods for their design for problematic locations (i.e. spatial restraints, junctions with tram lines).

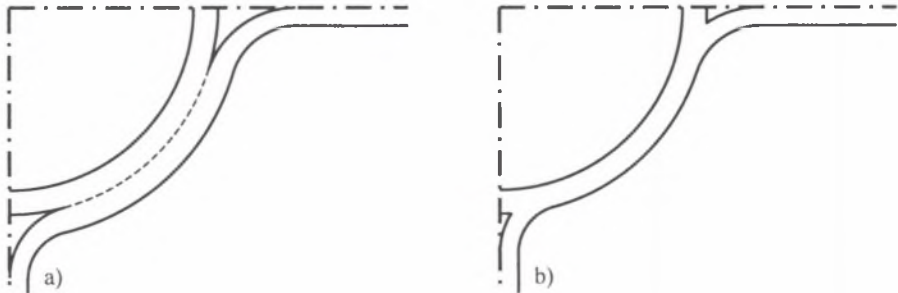
1. WPROWADZENIE

Genezy rond można szukać w założeniach urbanistycznych projektujących place na zbiegu ważnych ulic z monumentalnymi obiektami lub rzeźbami. Taka forma skrzyżowania zamykała optycznie ciąg ulicy i wymuszała zmianę kierunku poruszania się, była więc korzystna dla podkreślenia zbiegu równorzędnych ulic. Po wprowadzeniu znaków drogowych optyczna forma skrzyżowania spadła do roli pomocniczej (choć nadal ważnej), jednak idea równorzędności wlotów i pierwszeństwa pojazdu znajdującego się już na skrzyżowaniu okazała się korzystna – w rezultacie pojawiły się ronda, których pierwotnym celem było kanalizowanie ruchu, a nie względy urbanistyczne. Ronda te projektowano w różnych wielkościach, od minirond z malowaną wyspą (w tym również minironda z podium dla policjanta kierującego ruchem) po ronda duże o średnicy kilku kilometrów.

Minironda przyjęły się w Wielkiej Brytanii, w większości krajów stosowano jednak większe ronda. Ronda te uznano za bezkolizyjne, założono bowiem, że będzie odbywać się na nich przeplatanie, analogiczne do przeplatania na autostradach, tyle że przy mniejszej prędkości (rys. 1a). W praktyce, ze względu na ograniczenia terenowe i niedostateczną długość odcinka przeplatania [1,5], ronda przyjmowały raczej formę skrzyżowań z relacją

¹ Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej, Piotrowo 5, 60-965 Poznań, (61) 6652407, jeremi.rychlewski@put.poznan.pl

podporządkowaną obsługiwaną tylko przez prawoskręty, przy ograniczeniu prędkości na głównej jezdni (rys. 1b), [3].



Rys. 1. Rondo klasyczne (a – z odcinkiem przeplatania) i rondo faktycznie stosowane (b – z odcinkiem splatania [5])

Fig. 1. Classical (a – with interlace segment) and practical (b – with splicing segment) roundabout

Zaletą rond nad skrzyżowaniami zwykłymi i skanalizowanymi jest zmniejszenie liczby punktów kolizji przy likwidacji kolizji prostopadłych [9], wymuszenie redukcji prędkości, efektywność przy znacznej liczbie pojazdów skręcających w lewo i możliwość bezpiecznego włączenia liczby wlotów większej niż cztery. Do wad rond można zaliczyć problemy przy kolizjach z ruchem tramwajowym, pieszym i rowerowym, ograniczenie przepustowości (rondo jednopasowe ma dużą przepustowość, jednakże dodawanie pasów na rondzie klasycznym tylko nieznacznie powiększa przepustowość [7]) i niebezpieczeństwo dominacji jednego wlotu przy nierównomiernym (dwa wloty sąsiadujące są obciążone istotnie większym ruchem niż dwa pozostałe) obciążeniu ruchem; dwa ostatnie problemy może rozwiązać dobrze zaprojektowana sygnalizacja.

Polską odmianą rond są skrzyżowania z wyspą centralną [5]. Jest to rozwiązanie pośrednie między klasycznym skrzyżowaniem skanalizowanym a rondem; cechą wspólną ze skrzyżowaniami skanalizowanymi jest duża prędkość na relacjach na wprost, różni się jednak rozdzieleniem obszarów kolizji i redukcją ich liczby oraz powierzchnią akumulacji pojazdów na środku skrzyżowania.

2. CECHY SKRZYŻOWAŃ Z WYSPĄ W ŚRODKU

Przekształcanie klasycznych kształtów skrzyżowań powinno w jak najmniejszym stopniu redukować ich zalety, dlatego pierwszym krokiem powinno być rozpoznanie tychże zalet. Do zalet rond małych i średnich można zaliczyć:

- brak kolizji krzyżowania (ale tylko dla rond jednopasowych i klasycznych),
- małą prędkość na skrzyżowaniu wymuszoną geometrią,
- czytelny układ skrzyżowania,
- dużą przepustowość w porównaniu z innymi skrzyżowaniami o wlotach dwupasowych, zwłaszcza przy dużym udziale lewoskrętów,
- możliwość włączenia więcej niż 4 wlotów,
- płynne zmiany prędkości,
- zalety urbanistyczne (zamknięcie optyczne ulicy).

Do wad rond klasycznych należy zaliczyć:

- brak możliwości uprzywilejowania wybranych relacji lub kierunków,
- ograniczone możliwości zwiększenia przepustowości [7],
- problemy z poruszaniem się długich pojazdów na małych promieniach skrzyżowania,

- kłopoty ze zmianą pasów na rondzie,
- problemy z przeprowadzeniem linii tramwajowych,
- problemy z ruchem pieszym i rowerowym na wylocie skrzyżowania,
- problemy w razie dysproporcji obciążenia nieprzeciwległych wlotów.

Do cech skrzyżowań z wyspą centralną można zaliczyć:

- konieczność stosowania sygnalizacji świetlnej (ale w razie awarii sygnalizacji skrzyżowanie to jest znacznie bezpieczniejsze od skrzyżowania skanalizowanego),
- możliwość zwiększania przepustowości przez dodawanie pasów,
- o przepustowości może decydować pojemność wewnętrznego obszaru skrzyżowania [2],
- w porównaniu ze skrzyżowaniem skanalizowanym korzystne jest rozdzielenie punktów kolizji, z powierzchnią akumulacji pozwalającą „schować się” samochodowi ciężarowemu lub kilku osobowemu,
- problemem może być blokowanie torów tramwajowych przez samochód ciężarowy lub samochody osobowe w wewnętrznych obszarach akumulacji,
- można w czytelny sposób zaprojektować geometrię pozwalającą zlikwidować relacje kolizyjne na sygnalizacji świetlnej (dla rond jest to skomplikowane i mało czytelne).

Generalnie można przyjąć, że skrzyżowania z wyspą centralną mogą być stosowane jako sterowane za pomocą sygnalizacji świetlnej lub na przecięciu drogi głównej i podrzędnej o małym ruchu w celu rozdzielenia obszarów kolizji. W obu przypadkach skrzyżowania z wyspą centralną zajmują dużą powierzchnię, co wynika z konieczności zapewnienia obszaru akumulacji na segmentach wewnętrznych. Obszar ten powinien co najmniej pomieścić najdłuższą ciężarówkę i być dostosowany do potrzeb przepustowości.

3. ORGANIZACJA RUCHU NA RONDACH BEZ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ

Wloty na ronda powinny wymusić redukcję prędkości, dlatego należy stosować małe promienie łuku wpisującego tor pojazdu w rondo. Małe promienie łuku są jednak problematyczne przy obsłudze długich pojazdów: pas ruchu wymaga wyraźnego poszerzenia, które może być wykorzystane przez pojazdy „ścinające” łuk. Dla małych natężeń pojazdów długich należy zastosować nawierzchnię zniechęcającą do szybkiej jazdy (co jednak zmniejszy prędkość pojazdu poniżej wartości optymalnej), przy dużych należy dążyć do maksymalizacji promienia jazdy i kąta zwrotu trasy (tabl. 1).

Tablica 1

Zmiana prędkości pojazdu w wyniku „ścinania” toru jazdy na rondzie

Opis	Promień zewnętrzny ronda [m]	Promień wewnętrzny ronda [m]	Prędkość normalnej jazdy [km/h]	Prędkość przy „ścinaniu” [km/h]
Założenia: pierścien nie wymusza redukcji prędkości, kąt zwrotu 70°, $\mu = 0,3$, $i=0\%$, samochód osobowy	28	20	31,8	46,2
	36,5	30	37,8	36,5
	56	50	45,6	46,1
	56 2-pasowe	50	48,5	50,8

Źródło: oprac. własne na podstawie przepisów [9]

Przy wlotach dwu- i wielopasowych korzystne jest zlokalizowanie faktycznej linii zatrzymania dla pasa zewnętrznego co najmniej 2 metry dalej niż dla pasa wewnętrznego, co pozwala dobrze widzieć ruch na rondzie z obu pasów, a więc pozwala na wykorzystanie obu pasów na wlocie. Warto w tym miejscu również postarać się, aby kąt widoczności pojazdów jadących po rondzie był nie mniejszy niż 60°, nie zawsze jest to jednak możliwe.

Jeżdżąc na rondzie powinna wymuszać jazdę z ograniczoną prędkością, przynajmniej w rejonie wlotów (kolizji włączania). Zaleca się również stosowanie takiej geometrii, aby

zmiany prędkości (zarówno zmniejszanie, jak i zwiększanie) były płynnie podkreślone geometrią ronda [9]. Wymóg ten jest jednak mniej ważny od poprzedniego. Podobnie jak w przypadku wlotów, na małych rondach istnieje problem pojazdów długich i ścinania toru jazdy przez pojazdy osobowe, należy więc dążyć do maksymalizacji promienia jazdy i kąta zwrotu oraz minimalizacji liczby pasów (tab. 1); problemy te zanikają dla rond średnich.

Zwiększenie liczby pasów na rondzie powyżej jednego powoduje dodatkowe problemy, wiążące się z niebezpieczeństwem „ścianiania” łuków (rys. 2a) oraz przypisaniem pasów przy ich różnej liczbie na wlocie i rondzie (rys. 2b,c). „Ścianianie” łuku powoduje nie tylko jazdę z prędkością większą od zalecanej, ale też prowadzi do zajezżdżania drogi innym pojazdom i powoduje sytuacje niejednoznaczne z punktu widzenia pierwszeństwa (rys. 2a).



a) Kto ma pierwszeństwo: samochód będący wcześniej na rondzie („ścianający” łuk), czy samochód jadący prawym pasem?

b) Problem z przydziałem pasów

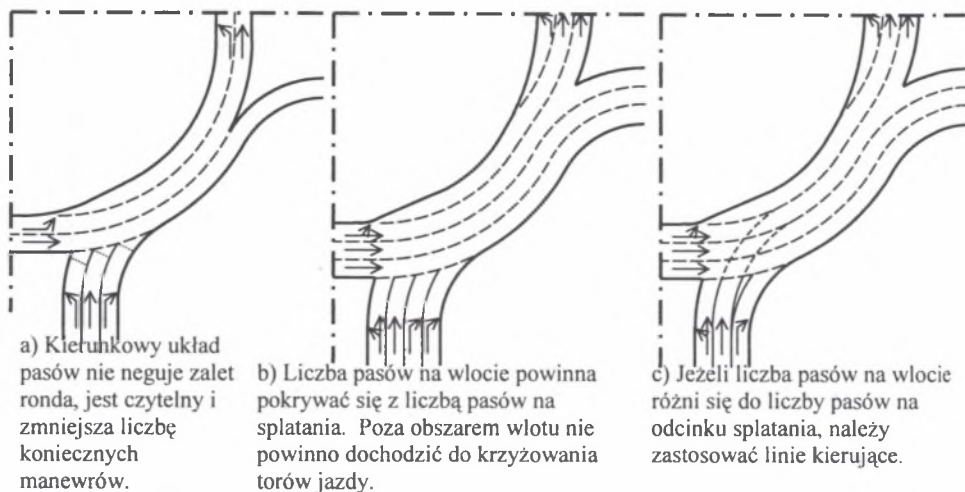
c) Rondo Rataje w Poznaniu (obiekt pośredni między rondem i skrzyżowaniem z wyspą centralną, sterowany sygnalizacją świetlną). Problem 1: samochód jadący z dołu środkowym pasem trzyma się środka jezdni i ... wchodzi w kolizję z samochodem jadącym na wprost z lewego pasa (oznakowanie zostało poprawione). Problem 2: pas środkowy odcinka splatania kieruje w prawo i w lewo przy wylocie, tak samo pas lewy – może więc dojść do kolizji.

Rys. 2. Problemy z organizacją ruchu na rondach wielopasowych
Fig. 2. Problems with traffic management on multilane roundabouts

Kolejnym problemem jest wjazd z pasa wewnętrznego na pas zewnętrzny, umożliwiającą jazdę z ronda; na rondach klasycznych manewr ten nie był szczególnie trudny, jednakże redukcja średnicy ronda spowodowała skrócenie długości odcinka, na którym można ten manewr wykonać i zwiększenie krzywizny łuku, co pogarsza widoczność. Można stwierdzić, że na dwu- i wielopasowych rondach małych i średnich nie występuje ani prawidłowy odcinek przeplatania, ani też prawidłowy odcinek wplatania na pas zewnętrzny.

Rozwiązaniem powyższego problemu jest rezygnacja ze stałej liczby pasów na rondzie i specjalizacja poszczególnych pasów (czyli rezygnacja z tzw. naturalnego układu pasów na rzecz oznakowania poziomego i pionowego – rys. 3a,b). Należy jednocześnie dbać o to, by liczba pasów ruchu na odcinku splatania była taka sama jak na wlocie poprzedzającym ten odcinek, a także o logiczny rozplot przy wylocie, inaczej konieczne staje się malowanie linii pomocniczych (rys. 3c).

Profil geometryczny jezdni na wylocie ronda powinien być uzależniony od występowania kolizji oraz od potrzeb wpisania się w dalszy ciąg jezdni. Małe promienie łuków na wylocie, zalecane przez „Wytyczne” [9], są uzasadnione przy podkreślaniu kolizji z ruchem pieszym i rowerowym oraz w celu uspokojenia ruchu; jednakże przy braku kolizji umożliwienie sprawnego (z dużą prędkością) opuszczenia ronda wydaje się uzasadnione [4]. Ukształtowanie wylotu z ronda powinno również ułatwić odbiór informacji o kierunku jazdy pojazdu znajdującego się na rondzie – odpowiednio szybka informacja (ocena prędkości,

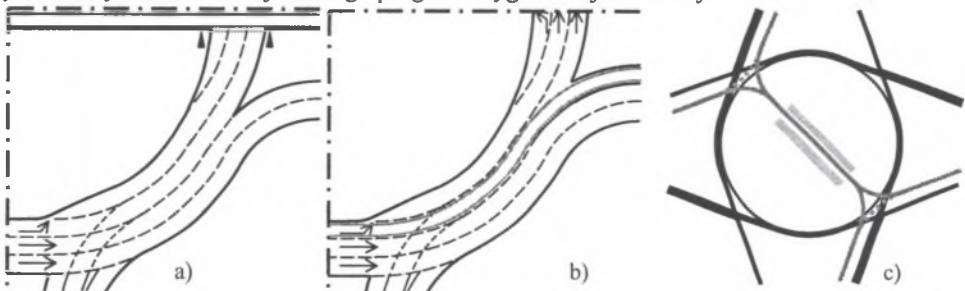


Rys. 3. Propozycje poprawy jakości i czytelności ruchu na rondach

Fig. 3. Proposals for improvement of traffic quality and legibility on roundabouts

osobne pasy) zwiększy przepustowość ronda (kierowca wjeżdżający będzie mógł wykorzystać lukę powstałą po pojeździe zjeżdżającym) i poprawi bezpieczeństwo przy przejściu dla pieszych [4] (łagodne hamowanie przed przejściem wymaga jego widoczności z 23 m przy prędkości 30 km/h; 41 m przy 40 km/h i 64 m przy 50 km/h [1]).

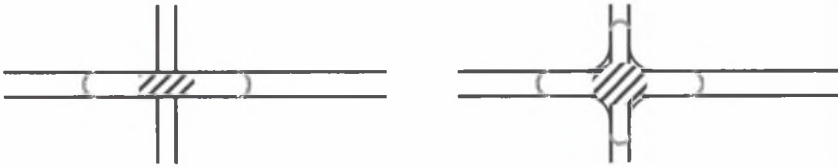
Promienie skrętu torów tramwajowych wykluczają prowadzenie tych torów po obwodni rond małych, natomiast prowadzenie torów po wewnętrznym pasie rond dwu- i wielopasowych powoduje niejednoznaczne z punktu widzenia pierwszeństwa sytuacje na wylocie, w dodatku przy niekorzystnych warunkach obserwacji sąsiednich pojazdów. Można rozważyć prowadzenie toru tramwajowego zewnętrznym pasem ronda, powstaje wtedy jednak problem przecięcia torów jazdy tramwaju i samochodów na wlocie. Prowadzenie tramwaju przez środek ronda zakłada zasadę, że pojazd na rondzie ma pierwszeństwo. Dla rond nie znaleziono dobrego rozwiązania dla kolizji z ruchem tramwajowym, za najlepsze należy więc uznać prowadzenie tramwaju po linii prostej z ostrzegawczą sygnalizacją świetlną (rys. 4a), ewentualnie wykorzystanie wewnętrznego pasa przy kierunkowym układzie pasów (rys. 4b) i braku tramwajowych relacji skrotnych. Wyspę centralną można też wykorzystać na przystanek, również przesiadkowy (rys. 4c), pod warunkiem budowy przejść podziemnych lub instalacji dobrego programu sygnalizacji świetlnej.



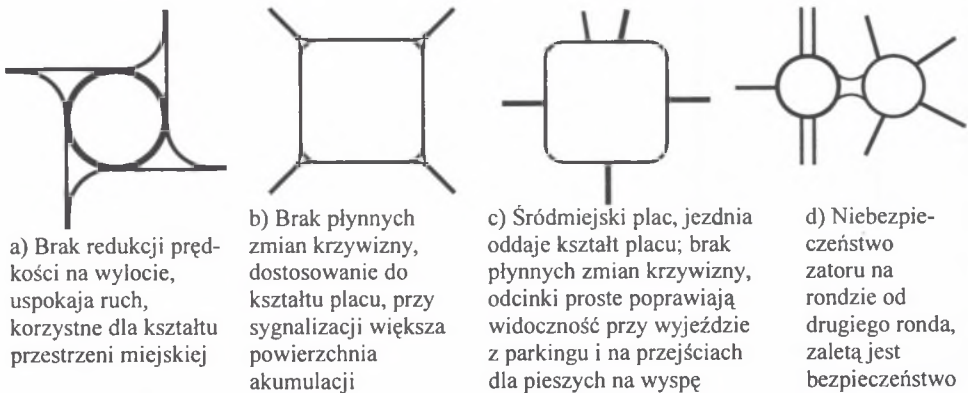
Rys. 4. Ruch tramwajowy na rondzie – możliwości przeprowadzenia (a,b); wykorzystanie wyspy skrzyżowania z wyspą centralną do lokalizacji tramwajowego przystanku przesiadkowego (c)

Fig. 4. Possibilities of tram line design on roundabouts (a,b); utilisation of central isle for a tram interchange point (c)

Zasada ruchu okrężnego stosowana jest również podczas remontów skrzyżowań (rys. 5). Pierwszeństwo na „rondzie” minimalizuje stratę przepustowości skrzyżowania wynikającą z prowadzenia robót, jednak podporządkowanie kierunku głównego przy prostym torze jazdy jest, ze względu na brak podkreślenia podporządkowania geometrią i „jazdę na pamięć”, niezbyt bezpieczne. Tymczasowe „ronda” zdają egzamin na przebudowywanych skrzyżowaniach, wymagają jednak szczególnej uwagi przy projektowaniu oznakowania wlotów: jeżeli jest to możliwe, należy w tych miejscach wymusić redukcję prędkości, na przykład przez „wygięcie” toru jazdy pojazdów. Ważna jest też prawidłowa lokalizacja przystanków komunikacji zbiorowej oraz uzgodnienie i przestrzeganie technologii dowozu i wywozu materiałów z terenu budowy.



Rys. 5. Ruch okrężny jako sposób organizacji ruchu na przebudowywanym skrzyżowaniu
Fig. 5. A temporary roundabout as a method for traffic management during junction reconstruction



Rys. 6. Przykłady zastosowania rond nie spełniających wszystkich wymogów wytycznych [9]
Fig. 6. Examples of roundabouts failing to meet all requirements set by Polish codes – positive cases

4. SKRZYŻOWANIA Z RUCHEM OKRĘŻNYM I SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA

Skrzyżowania z wyspą centralną bez sygnalizacji powinny występować tylko przy niezbyt dużych natężeniach ruchu; rondo również osiąga pewną granicę powyżej, której trudno zwiększyć istotnie przepustowość bez zastosowania sygnalizacji świetlnej. Sygnalizacja świetlna służy zarówno zwiększeniu przepustowości wielopasowych rond i skrzyżowań z wyspą centralną, jak też poprawie bezpieczeństwa zarówno ruchu samochodowego, jak też pieszych i rowerzystów. Sygnalizacja świetlna pozwala również regulować natężenie potoków wjeżdżających na rondo (rozwiązanie problemu blokowania wlotu przez sąsiadujący z lewej strony o dominujących natężeniach ruchu) i realizować priorytet dla wybranych użytkowników.

Sygnalizacja na skrzyżowaniach z ruchem okrężnym powinna być dwufazowa, sygnalizacja czterofazowa (sterowanie wlotami) jest bowiem mało efektywna [2]. Zasada ta nie wyklucza stosowania podfaz (nawet w szerokiej gamie możliwości przy sygnalizacji

akomodowanej) ani zastosowania programu czterofazowego poza okresem szczytowym (przy małych natężeniach taki program może być korzystny, warunkiem jest porównywalny z czasami międzyzielonymi czas wyświetlania zielonego światła).

Przy sygnalizacji dwufazowej ważne jest zapewnienie odpowiedniej powierzchni akumulacji na skrzyżowaniu dla pojazdów skręcających w lewo i nawracających. Niedostateczna powierzchnia akumulacji powoduje ograniczenie przepustowości skrzyżowania, które jest na tyle znaczące, że opłaca się skrócić cykl [2]. Dobrym rozwiązaniem jest sterowanie akomodowane uwzględniające zajętość pasów na środku skrzyżowania i wyłączające zielone światło w razie przekroczenia pojemności. Pojemność akumulacyjną skrzyżowania można zwiększyć dobudowując kolejne pasy, ale również zmniejszając promień skrętu w lewo na skrzyżowaniach z wyspą centralną (redukcja ta jest również korzystna dla bezpieczeństwa ruchu w razie awarii sygnalizacji).

Obserwacje skrzyżowania z wyspą centralną sterowanego sygnalizacją (Rondo Starołęka w Poznaniu) pokazują konieczność wykorzystania powierzchni wewnętrznej skrzyżowania do akumulacji pojazdów skręcających w lewo – zalecana przez „Instrukcję” [8] dbałość o płynny zjazd prowadzi bowiem do istotnego zmniejszenia przepustowości. Na skrzyżowaniach z ruchem tramwajowym akumulacja pojazdów wymusza rozszerzenie programu sygnalizacji o ochronę torowiska przed blokowaniem przez samochody.

Kształt skrzyżowania z wyspą centralną daje dobre warunki do likwidacji relacji kolizyjnych w programie sygnalizacji, warunkiem jest jednak istnienie wyspy oddzielającej prawoskręt od pozostałych pasów. Na rondach takie rozwiązanie jest również możliwe, jest jednak mniej czytelne i bardziej kosztowne. Alternatywą w obu przypadkach jest skrócenie długości zielonego światła dla prawoskrętu i realizacja podfazy dla pieszych, co jednak może wymagać budowy dodatkowego pasa w celu zapewnienia przepustowości.

Na rondach z sygnalizacją świetlną sterowanie dwufazowe wymaga zapewnienia powierzchni akumulacji. W praktyce oznacza to często konieczność poszerzenia odcinka splatania, jak to pokazano na rys. 4a. Rozwiązanie z rys. 3b i 3c może skutkować blokowaniem jazdy na wprost z pasa wewnętrznego.

5. PODSUMOWANIE

Ronda wracają w Polsce do łask, co wynika przede wszystkim z ich zalet. Nie są to jednak ronda klasyczne, dlatego założenia ich konstrukcji wymagają modyfikacji; modyfikacja ta nie powinna jednak zaprzepaścić ich podstawowych zalet.

Do zalet rond należy zaliczyć bezpieczeństwo, dużą przepustowość, geometrycznie wymuszoną redukcję prędkości, możliwość bezpiecznego i prostego nawracania. Analiza możliwości modyfikacji poprawiających jakość ruchu na rondach i zachowujących powyższe zalety prowadzi do następujących wniosków:

- Nie zawsze trzeba spełniać wszystkie wymogi konstrukcji rond. Możliwość rezygnacji zależy od otoczenia ronda, występowania pieszych i rowerzystów, parkowania itp. W warunkach miejskich dostosowanie kształtu ronda do otoczenia może przynieść więcej korzyści niż ścisłe przestrzeganie wytycznych [9].
- Na małych rondach pojawia się problem obsługi długich samochodów oraz „ścianiania” toru jazdy. Należy dążyć do maksymalizacji promienia wyspy (paradoksalnie może to oznaczać faktyczną redukcję prędkości) i kąta zwrotu toru jazdy po jednym łuku. Bardzo niekorzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa jest stosowanie dwu- i wielopasowych małych rond.
- Na rondach wielopasowych należy szczególną uwagę zwrócić na odcinek splatania. Korzystne może być zwiększenie liczby pasów odcinka splatania w porównaniu z pozostałymi częściami ronda.

- Ze względu na brak odpowiedniej długości dla przeplatania kierowcy nie powinni być zmuszani do zmiany pasów na rondzie. Proponuje się odejście od zasady stałych pasów na rondzie i stosowanie kierunkowego układu pasów. O ile liczba pasów na wlocie różni się od liczby pasów na przyległym odcinku splatania, konieczne staje się malowanie linii pomocniczych. Warto też rozważyć odpowiednie oznakowanie pionowe.
- Uzyskanie dużej przepustowości na skrzyżowaniach z ruchem okrężnym sterowanych sygnalizacją świetlną wymaga wykorzystania powierzchni akumulacji wewnątrz skrzyżowania. Program sygnalizacji i kształt geometryczny skrzyżowania powinny zapobiegać blokowaniu przez pojazdy skręcające w lewo innych potoków.
- Proponuje się projektowanie skrzyżowań z ruchem okrężnym sterowanych sygnalizacją świetlną tak, aby można było zlikwidować relacje kolizyjne w programie sygnalizacji. Szczególnie skrzyżowania z wyspą centralną dają dobre warunki dla takiego rozwiązania.

Literatura

1. Datka S., Tracz M., Suchorzewski W.: Inżynieria ruchu. WKŁ, Warszawa 1997.
 2. Kaczmarek M., Rychlewski J.: Sterowanie ruchem ulicznym na rondach. Materiały II Konferencji naukowo-technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach załoczenia motoryzacyjnego”, Poznań 9-11 czerwca 1999, s.118-127.
 3. Pasieczny W.: Skrzyżowanie o ruchu okrężnym (rondo). Jak się po nim poruszać? Bezpieczne Drogi 10/2000, s. 35.
 4. Sontowski J.: Projektowanie małych i średnich rond. Bezpieczne Drogi 2/2002, s. 41-43.
 5. Uzdalewicz Z.: Cykl artykułów o skrzyżowaniach z wyspą w środku. Bezpieczne Drogi 10,11/2000, 10/2001, 4,5,7,8,12/2002, 2/2003.
 6. Wróbel J.: Bezpieczeństwo na małych rondach. Bezpieczne Drogi, ss. 49-52.
 7. Metoda obliczania przepustowości rond. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie, Warszawa 2004.
 8. Szczegółowe warunki techniczne dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunki ich umieszczania. Załączniki 1-4 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003. Dz. U. 220/2003 poz. 2181.
 9. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych w Warszawie, Warszawa 2001.
- PS. Na konferencji „Environmental Engineering” w dniach 26-27 maja w Wilnie został zaprezentowany artykuł prof. Tracza również dotyczący kształtowania geometrii rond.