

KRYTYKA PRZEPISÓW I STOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ DOTYCZĄCYCH WSPOMAGANIA KIERUJĄCYCH POJAZDAMI ZA POMOCĄ LUSTER NA DROGACH O NIEDOSTATECZNEJ WIDOCZNOŚCI

CRITICISM OF REGULATIONS AND APPLICATIONS REGARDING MIRRORS WHICH ASSIST ROAD PARTICIPANTS ON ROADS WITH LIMITED VISIBILITY

W artykule poddano analizie przepisy i stosowane rozwiązania dotyczące wspomagania kierujących pojazdami za pomocą luster które są umieszczone na drogach w miejscach o niedostatecznej widoczności. Wynika to z określonej konfiguracji terenu w którym znajduje się droga. Oceniono przepisy w których określone są wymagania w stosunku do budowy luster oraz ich ustawienie na drogach. Omówiono zasadnicze wady polegające na zapisaniu nieprecyzyjnych wymagań dotyczących krzywizn luster oraz dużej różnorodności rozwiązań, wymiarów i ich kształtu. Wskazano na konieczność szkolenia kierujących pojazdami w zakresie obserwacji otoczenia przy wykorzystaniu luster umieszczonych na drogach.

Słowa kluczowe: lustra drogowe, bezpieczeństwo, ograniczona widoczność

Regulations and applications regarding mirrors which assist road participants and are located on roads with limited visibility were thoroughly analyzed in this article. It is resulting from specific terrain configuration where a road is built. Regulations which include all requirements of mirrors design and mirrors localization have been evaluated. Main weaknesses resulting from imperfect regulations regarding mirrors curvature and wide variety of applications, dimensions and shapes have been reviewed. It has been pointed out that trainings for road participants in observation of the surroundings using road mirrors is crucial.

Keywords: road mirrors, safety, limited visibility

1. Wstęp

Możliwość obserwacji dostatecznie długiego odcinka drogi, po której ma zamiar poruszać się uczestnik ruchu drogowego jest warunkiem koniecznym do niezagrożonego kolizją lub wypadkiem udziału w tym ruchu. Przy czym ważna jest nie tylko obserwacja obszaru, po którym ma zamiar się poruszać, ale także obszary innych dróg dojazdu pozostałych uczestników ruchu w takim zakresie aby nie stwarzać sytuacji zaskakujących innych uczestników ruchu [1]. Każdy powinien mieć możliwość obserwacji na tyle dostatecznie długiego odcinka, aby mógł wykonać np. manewr hamowania w celu zatrzymania i tym samym uniknięcia kolizji [2]. W większości przypadków drogi są tak wykonane, że kierujący ma możliwość obserwacji bezpośredniej wystarczająco dużego obszaru. Natomiast gdy występują naturalne zasłonięcia, powinni być wspomagani np. przez urządzenia widoczności pośredniej.

1. Preface

Necessary condition for safe participation in road traffic is a possibility for traffic participant to observe as longest road section as it is possible. Not only observation of area close and in front of observer is important but also areas with other access roads not to create possibility of suddenly surprising other traffic participants [1]. Each participant should have possibility to observe such a long road section that in case of emergency breaking this maneuver could be carried out safely [2]. In most cases roads are built in such a way that traffic participants have possibility to directly observe large enough part of the road. However, when natural screens occur those participants should be assisted by e.g. devices of indirect visibility.

Uregulowania prawne dotyczące kształtowania dróg zapisano między innymi w rozporządzeniu MTiGM „W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” [4], oraz innych związanych z tym zagadnieniem aktach prawnych. Przepisy te narzucają takie kształtowanie dróg, aby uczestnicy ruchu drogowego z dostatecznie dużych odległości mogli obserwować bezpośrednio sytuacje na drodze w miejscach, których będą za chwilę się znajdowali i dostosowywać do aktualnej sytuacji swoje zachowanie. W szczególnych konfiguracjach terenu występują utrudnienia. Uniemożliwiają one zapewnienie możliwości obserwacji bezpośrednio dostatecznie dużego odcinka drogi ze względu na niezagrożone kolizją kontynuowanie ruchu. Takie sytuacje występują w miejscach gdzie np. stoi budynek (kolidujący z rozbudową drogi) zasłaniający obszar ważny ze względu na zagrożenia wypadkowe – rys 1. Schemat modelu sytuacji rzeczywistej pokazano na rysunku 2.

Podobne utrudnienia występują, gdy w otoczeniu drogi są strome wzniesienia np. w terenie górskim. Aby zapewnić w takich miejscach uczestnikom ruchu możliwość obserwacji ustawiane są na obrzeżach jezdni specjalne lustra sferyczne za pośrednictwem, których można obserwować niewidoczne bezpośrednio obszary - rysunek 3.

Odległość widoczności ze względu na zatrzymanie (tzw. długość dynamiczna samochodu) jest obliczana z wyrażenia:

$$L_{WH} = 0,278 t_r v_m + \frac{v_p^2}{254(\psi_{xR}\eta \pm i_n)} [m]$$

gdzie: v_m – prędkość miarodajna [km/h]; t_r – czas reakcji kierowcy [s], V_0 – prędkość samochodu na początku hamowania [m/s], η – współczynnik wykorzystania przyczepności podłużnej, ψ_{xR} – współczynnik przyczepności podłużnej, i_n – spadek lub wzniesienie drogi („+” jazda w górę, „-” jazda w dół).

Długość drogi hamowania i odległość widoczności ze względu na zatrzymanie określa się uwzględniając, że podczas hamowania energia kinetyczna samochodu jest zmniejszana. Podstawowym czynnikiem procesu hamowania jest przyczepność opony z nawierzchnią. Długość drogi hamowania wyznacza się z porównania pracy hamowania i energii kinetycznej samochodu. Ponadto dodaje się długość odcinka drogi przejechaną w czasie reakcji t_r kierowcy z prędkością początkową (w Polsce przyjmuje się prędkość miarodajną v_m); minimalny czas reakcji ocenia się na $0,96 \div 1,27$ s;

Law regulations regarding building of roads are included among others in decree of Ministry of Transport and Shipping ‘About the technical conditions that public roads and their placement should meet’ [4]. All regulations require such road shape that all traffic participants could observe road situation directly in places where they would appear in the following moment and finally so they could adjust their behavior to current situation. Some difficulties may occur in particular terrain configurations. They could make it impossible a directly observation of a large enough section of road for safe participation in the traffic. Such situations occur in places where e.g. a building stands in a way of the road development, and which obscures the area important in terms of accident dangers – figure 1. Scheme of real situation model is shown on figure 2.

Similar difficulties occur when the road is surrounded by steep hills e.g. in mountainous terrains. In such cases special spherical mirrors are placed on road verges to make it possible for road participants to observe areas that cannot be seen directly – figure 3.

Braking visibility distance L_{WH} (so called vehicle dynamic distance) is calculated from the following formula:

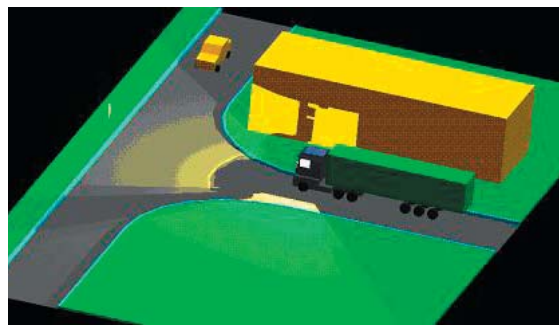
$$L_{WH} = 0,278 t_r v_m + \frac{v_p^2}{254(\psi_{xR}\eta \pm i_n)} [m]$$

where: v_m – reliable velocity [km/h]; t_r – driver reaction time [s], V_0 – car velocity at the beginning of breaking [m/s], η – longitudinal traction adhesion utilisation coefficient, ψ_{xR} – longitudinal traction adhesion coefficient, i_n – road sloping up or sloping down („+” up hill drive, „-” down hill drive).

Breaking distance and braking visibility distance is being determined by taking into account, the fact that during breaking the vehicle kinetic energy is being decreased. The essential factor of the braking process is tyre’s adhesion to the surface. Braking distance is being established by comparing vehicle braking work and kinetic energy. Apart from that, the road distance covered with the initial velocity during the driver reaction time (t_r) gets added to the equation. (In Poland reliably velocity v_m is used): minimal reaction time is estimated at $0,96 \div 1,27$ s;



Rys.1. Przykład ograniczenia widoczności na skrzyżowaniu dróg przez budynek zasłaniający część drogi
Fig. 1. Example of visibility limitation by a building obscuring part of the road intersection



Rys.2. Schemat modelu sytuacji rzeczywistej
Fig. 2. Scheme of real situation model



Rys.3. Przykład instalacji luster w miejscu ograniczenia widoczności na skrzyżowaniu dróg z prawej i lewej strony przez strome wzniesienia powodujące zasłonięcia
Fig. 3. Example of mirror application at the intersection where visibility for road participants is limited from both sides by steep hills

2. Ocena obowiązujących wymagań

Wymagania dotyczące luster ustawianych na drogach w Polsce są zapisane w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach, Dz. U. Nr 220 z 23.12.2003 r. poz. 2181 – załącznik nr 4 do rozporządzenia [3]. Poniżej zamieszczono cytaty dosłowny punktu 9 tego załącznika.

„9. Lustra drogowe

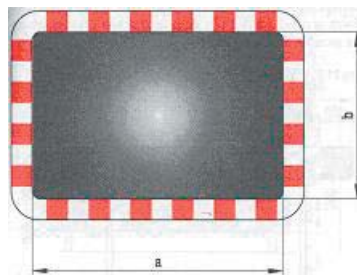
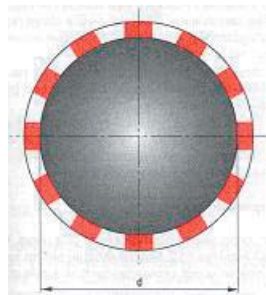
Lustra drogowe wypukłe U – 18, o zwiększonym kącie obserwacji, stosuje się w miejscach, gdzie stojące przy drodze budynki, słupy, drzewa itp. ograniczają

2. Current requirements review

Requirements regarding road mirrors in Poland are written down in the decree of Infrastructure Ministry from the 3rd of July 2003 referring to technical conditions for the road signs and signals and safety devices of the traffic and conditions of their placement on the roads, Official Journal of Laws no. 220 from 23rd of December 2003 position 2181 – attachment no. 4 to the decree [3]. Quotation from point 9th of the attachment could be found below.

“9. Road mirrors

Convex road mirrors U-18 with increased observation angle are applied in places where buildings next to roads, poles, and trees etc. cause visibility



Rys.4. Lustra drogowe okrągłe U - 18a oraz prostokątne U - 18b
Rys.4. Lustra drogowe okrągłe U - 18a oraz prostokątne U - 18b

widoczność kierującym pojazdami. Dotyczy to przede wszystkim:

- Skrzyżowań dróg i ulic osiedlowych,
- Wyjazdów z posesji,
- Przystanków komunikacji zbiorowej usytuowanych na łukach dróg (torów) lub ulic,
- Dróg wewnętrznych w zakładach produkcyjnych, obiektach handlowych itp.

Lustra drogowe powinny być zamocowane na wysokości minimum 2,0 m od poziomu chodnika (pobocza).

Stosuje się dwa rodzaje lusterek drogowych:

- Okrągłe U – 18a,
- Prostokątne U – 18b.

W tabeli 1. przedstawiono zalecane w rozporządzeniu lustra drogowe w zależności od odległości obserwacji katowej.

Tab.1. Rodzaje i wymiary lusterek drogowych U – 18”

Tab. 1. Types and dimensions of Road mirrors U-18”

Rodzaj lustra Mirror type	Średnica lub długość boków lustr Diameter or length of sides of the mirror	Minimalna odległość obserwacji katowej Minimal length of angular observation
	[mm]	[m]
okrągłe Round	φ 500, φ 600	9÷12
	φ 700, φ 800, φ 900	15÷22
prostokątne Rectangular	400 x 600	9÷12
	600 x 800	15÷22
	800 x 1000	22÷27

Koniec cytatu w.w. przepisów w zakresie budowy lusterek

Jeśli porównamy te wymagania z wymogami dotyczącymi lusterek stosowanych w pojazdach zapisanych w regulaminie nr 46 EKG ONZ - Jednolite przepisy dotyczące homologacji lusterek wstecznych i pojazdów w zakresie umieszczenia lusterek wstecznych, to wnioski są następujące:

1. dla lusterek na drogach nie określono rodzaju wypukłości np. promienia krzywizny wycinka sfery, walca lub innej powierzchni, którym powinno być lustro,
2. tym samym nie określono wartości dopuszczalnych odchyłek promienia tej krzywizny, która decyduje o zniekształceniu obrazu przekazywanego przez lustro,
3. nie określono wartości minimalnej współczynnika odbicia powierzchni lustrzanej, co jest szczególnie ważne w nocy,
4. wprowadzono dowolność wymiarów lustra w ramach zdyskretyzowanego typoszeregu,
5. wprowadzono określenia: lustra o zwiększonym kącie obserwacji, minimalna odległość obserwacji katowej.

Ad1. Brak ustalenia rodzaju wypukłości np. wartości promienia krzywizny (sferycznej cz walcowej) powoduje sytuacje, w której każdy producent w sposób

limitation for traffic participants. This concerns first of all:

- Roads Intersections of and housing estate streets,
- Exits from the estates,
- Public transportation stops placed on the roads’/ tracks’ curves or streets,
- Internal roads on industrial facilities, commercial facilities etc.

Road mirrors should be placed at minimum 2 meters above level of pavement (road shoulder).

There are two different types of road mirrors:

- Round U-18a,
- Rectangular U-18b.

Recommended road mirrors in accordance to length of angular observation are shown in the table 1.

The end of quotation of above mentioned regulations regarding mirrors construction.

Comparison of above mentioned requirements with those from UN EEC regulation no. 46 regarding homologation of rear mirrors and vehicles regarding scope of rear mirrors placement leads to following conclusions:

1. type of convex for the road mirrors has not been defined, e.g. curvature radius of sphere slice or cylinder slice or other surface,
2. thereby permissible value of curvature radius deviations which decide about image distortion has not been defined,
3. minimal value of reflection coefficient of mirror surface has not been defined, which is a crucial parameter at night,
4. Arbitrary choice of mirror dimensions, within discontinuous one kind of series, has been brought in,
5. some definitions have been introduced: mirrors with increased observation angle, minimal length of angular observation.

Ref. 1. type of convexity has not been defined, e.g. value of curvature radius (sphere or cylinder). It causes situation where any manufacturer has full freedom to

dowolny a zatem nie ujednolicony kształtuje lustro. W efekcie uczestnicy ruchu potrzebują długiego czasu adaptacji, aby przekaz wizualny transmitowany przez takie lustro był przez nich zrozumiany.

Ad 2. Nie określenie dopuszczalnych wartości odchyłek promienia krzywizny na całej jego powierzchni dopuszcza jego dużą nieregularność. Tym samym dopuszcza się znaczne zniekształcenia obrazu pokazywanego przez to lustro. Wydłuża to czas zrozumienia informacji.

Ad 3. Nie określenie wartości minimalnej współczynnika odbicia powierzchni lustrzanej wprowadza pełną dowolność, co przy małych wartościach tego współczynnika tłumi znacznie przekaz wizualny i utrudnia obserwację np. w słabym świetle.

Ad 4. Dowolność rozmiarów i kształtu w połączeniu z dowolnością wartości promienia krzywizny sfery lustra powoduje istnienie dużej niejednorodności zniekształcenia obrazu. Tym samym kierujący potrzebuje znacznie dłuższego czasu do odebrania przekazu wizualnego transmitowanego przez zwierciadło, zrozumienia go i podjęcia właściwej decyzji. Utrudnienia tym powodowane mogą skutkować popełnieniem błędów, tworząc tym samym zagrożenie wypadkowe. Niedostateczne wykształcenie i zrozumieniu informacji potęgują zagrożenia wypadkowe.

Ad 5. Wprowadzone pojęcia są niezdefiniowane, niejasne i nieprecyzyjne. Odpowiedni regulamin Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych w zastosowaniu do samochodów precyzyjnie określa parametry zwierciadła które musi być zabudowane na pojeździe aby zapewnić możliwość obserwacji określonych obszarów otoczenia pojazdu.

W ramach badania zagadnienia ograniczenia przekazu wizualnego w szczególnej konfiguracji otoczenia drogi, został opracowany przez autora, matematyczny model zjawiska w postaci algorytmu obliczeniowego [3]. W algorytmie wykorzystano elementarne zagadnienie odbicia promienia świetlnego w zwierciadle – rysunek 5.

Wyznaczając wokół pojazdu obszar na płaszczyźnie xy np. zgodny z obowiązującymi przepisami lub też z oczekiwaniami, można określić:

- czy dla danego zwierciadła i jego umieszczenia na drodze, kierujący może objąć wzrokiem żądany obszar,
- jakie warunki należy spełnić (wysokość, szerokość, promień krzywizny, zwierciadła, parametry jego umieszczenia na drodze, ustawienia), aby kierujący mógł objąć wzrokiem zadany obszar dla konkretnego miejsca,
- granice możliwości wykorzystania zwierciadeł do widzenia pośredniego obszarów otoczenia drogi

produce mirrors. As a result traffic participants need a long adaptation period in order for the image transmission by mirror to be understandable for them.

Ref. 2. not defining a permissible value of curvature radius deviations on whole mirror's surface allows big irregularity. Thereby significant distortion/defects of image transferred by mirror are permissible. Of course period of time needed to understand information is much longer.

Ref. 3. not defining a minimal value of reflection coefficient of mirror surface brings in a total freedom. In case of small values of that coefficient image transmission is suppressed and observation e.g. in dim light is difficult.

Ref. 4. a liberalization of mirror dimensions and shapes along with that of convex radius value result in significant heterogeneity of image distortion/defect. Because of that a driver needs much more time to receive and understand image transmission from road mirror and after that to make proper decision. Those difficulties might cause many faults which might lead to a collision danger. Insufficient training of information comprehension only intensifies those threats.

Ref. 5. Introduced definitions are not clear and precise. Appropriate regulation of ECE UN regarding vehicles defines precisely all mirror parameters. A mirror has to be mounted in the vehicle in such a way as to allow observing definite areas behind vehicle.

Within research regarding problem of image transmission limitations in specific road surroundings, the author created a mathematical model of this effect which is represented by analytical algorithm [3]. This algorithm is based on elementary problem of light reflection in the mirror – figure 5.

Evaluating area around vehicle on the 'xy' surface, e.g. compliant with current regulations or expectations it is possible to define:

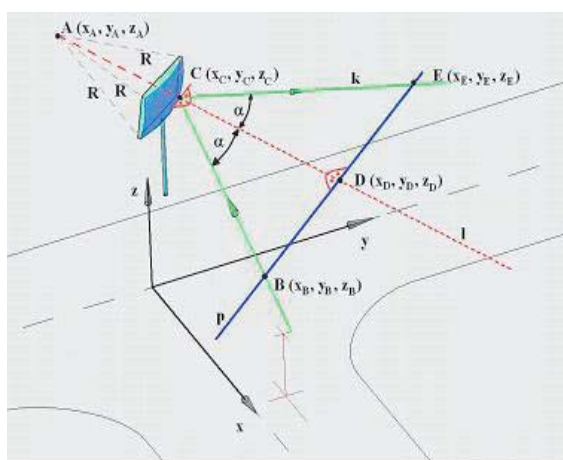
- if with a mirror placed on the road, a driver may observe requested area,
- what are conditions (length, width, curvature radius, parameter of placement, adjustment) that have to be met so that the driver could see requested area for a particular place,
- limits of mirror applications for indirect observation of areas near the road for particular vehicle category and technical issues,

dla konkretnej kategorii pojazdu oraz rozwiązań konstrukcyjnych,

- wrażliwość obiektu badań (który jest funkcją wielu zmiennych) na poszczególne zmienne.

Opisany powyżej model matematyczny przekazu wizualnego z otoczenia pojazdu transmitowanego przez zwierciadła posłużył do stworzenia programu obliczeniowego w języku programowania C++ przy wykorzystaniu biblioteki Open GL, działający pod systemem Microsoft Windows [3]. Na rysunku 6 pokazano przykład obrazu generowanego przez program, który operator programu widzi na ekranie monitora komputera. W określonym przedziale wartości można:

- powiększać lub zmniejszać przedstawiony obiekt, co ułatwia oglądanie szczegółów,
- zmieniać kierunek obserwacji.



Rys.5. Elementarne zagadnienie odbicia w zwierciadle
Fig. 5. Elementary problem of reflection in mirror

Obsługa programu polega na zadawaniu wartości takich wielkości jak np. ustawienie pojazdu, nastawienie zwierciadła. Ponadto zadawane jest umieszczenie względem drogi i pojazdu:

- „punktów ocznych”,
- obszarów, które kierujący powinien obserwować,
- zwierciadła, które rozpatrujemy (jego szerokość, wysokość oraz promień krzywizny, miejsce ustawienia).

Pozwala on prowadzić badania w celu doboru optymalnych parametrów zwierciadła oraz jego umieszczenia na drodze w celu wspomaganie uczestników ruchu przy wykorzystaniu zjawiska widoczności pośredniej.

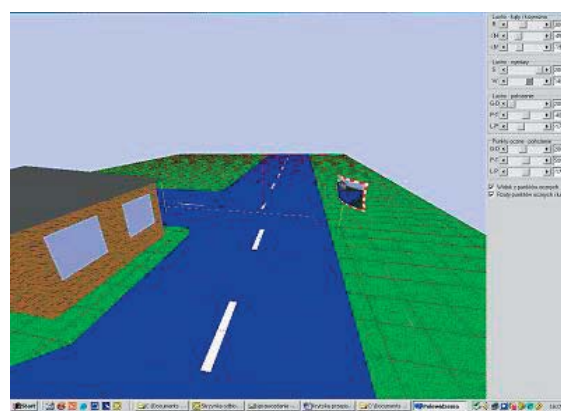
3. Podsumowanie i wnioski

Dowolność rozwiązań w wyżej omówionym zagadnieniu zapisana w przepisach powoduje dużą różnorodność stosowanych lusterek. W efekcie zrozu-

- sensitivity of tested object (which is function of many variables) for respective variables.

Above mentioned mathematical model of image transmission from vehicle surroundings by mirrors was used to prepare computing program in C++ and Open GL program library [3]. Example of generated image by above mentioned program has been shown on the figure 6. In specific range of values it is possible to:

- increase or decrease presented object, which makes seeing some details easier,
- change direction of observation.



Rys.6. Symulacja komputerowa obserwacji pośredniej przez zwierciadło na drodze

Fig. 6. Computer simulation of indirect observation in the road mirror

Program operation is based on variables input such as vehicle position, mirror set up. Position with respect to the road and vehicle of below listed items can also be introduced:

- ‘eyes points’,
- areas, which should be in sight of the observer,
- mirrors (width, height and curvature radius, placement).

This program allows carrying test to select optimal parameters of mirror and their placement on the road. Finally it allows assisting traffic participants with indirect visibility effect.

3. Summary and conclusions

Freedom of solutions for the above mentioned problem written down in regulations causes a large variety of used road mirror applications. Understan-

mienie tak nie ujednoliconego zniekształconego przekazu wizualnego staje się znaczącym problemem dla uczestników ruchu drogowego. Nie jasny i w krótkim czasie nie zrozumiały obraz przekazywany przez lustro może powodować podejmowanie błędnych działań i w efekcie powstawanie kolizji lub wypadku. Wobec braku argumentów za istnieniem takiej różnorodności konstrukcji zwierciadeł a istnienia przeciwwskazań i przy jednoczesnym braku precyzyjnych wymagań w stosunku do ich budowy wydaje się konieczne zaproponowanie ujednoliconych rozwiązań i doprecyzowania wymagań w zakresie ich konstrukcji. Należy również opracować jednolite zasady umieszczania takich lusterek w miejscach o ograniczonej widoczności bezpośredniej. Umiejętność korzystania z zwierciadeł na drogach powinno być elementem szkolenia w ramach prowadzonych kursów dla otrzymania prawa jazdy. Należy również przeprowadzić propagowanie umiejętności korzystania z lustra przez kierowców którzy wcześniej uzyskali prawo jazdy. Kierujący pojazdem otrzymuje zmysłem wzroku ponad 90% ważnych z racji bezpieczeństwa informacji niezbędnych do kierowania pojazdem. Dbłość o niezakłócony przekaz wizualny jest podstawowym elementem systemu bezpieczeństwa czynnego uczestników ruchu drogowego w eksploatacji infrastruktury transportu.

4. References

- [1] Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria Ruchu*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2001.
- [2] Olejnik K.: *Ergonomiczne aspekty zapewnienia widoczności kierującemu pojazdem mechanicznym w świetle wymagań obowiązujących w Polsce*. Referat na sympozjum Komitetu Ergonomii przy PAN, Kraków 2001.
- [3] Olejnik K.: *Wstęp do modelowania obserwacji otoczenia z miejsca kierującego pojazdem za pośrednictwem zwierciadeł*. Kwartalnik - Transport Samochodowy. ITS Warszawa 4/2004 r.
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 31.12.02.: w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia, Dz. U. 32/2003 poz. 262.
- [5] Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz z 23 grudnia 2003 r.: w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunkach ich umieszczania na drogach Dz. U. R. P. Nr 220/2003 pozycja 2181.

ding of such none standardized image transmission is becoming a significant problem for traffic participants. An image transmitted through mirror which is not clear to observer and difficult to understand might cause traffic participants to make faulty decisions and lead to collisions or accidents. Due to lack of arguments for existence of such design variety and lack of precise requirements regarding their construction it seems to be necessary to introduce new homogenous applications and design requirements for the range of such constructions. It is also necessary to bring rules in for positioning of road mirrors on the roads with limited direct visibility. Skill of using road mirrors should be a part of training for driving license. A drivers gain 90 % of all traffic information that is important from safety point of view, with their eyes. Caring after undisturbed image transmission is basic element of active safety of all traffic participants.

Dr inż. Krzysztof OLEJNIK

Instytut Transportu Samochodowego
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80,
tel. (+48 22) 811-32-31 w. 303
e-mail: krzysztof.olejnik@its.waw.pl
