

OBJECTIVE TESTS OF HEADLAMPS IN EXPLOITATION CONDITIONS FROM TRAFFIC SAFETY POINT OF VIEW

Tomasz Targosiński

*Motor Transport Institute
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa, Poland
tel.: +48 22 8113231 ext. 157, fax: +48 22 8110906
e-mail: tomasz.targosinski@its.waw.pl*

Abstract

From many years the only exploitation activity regarding headlamps is visual aiming on the base of cut-off line. From one side there are many advanced headlamp designs with excellent performance including gas discharge devices or LED's as light source. In last few years there are many efforts towards to work out laboratory objective quality assessment methods. An example is works of technical committee CIE TC4-45.

But in exploitation significant numbers of vehicles are equipped with low quality headlamps installed after repairs. Also many plastic lenses are scratched and tarnished and inside parts of headlamp are dusty. Results of this problems are not noticed during simple periodical technical inspection. In Motor Transport Institute headlight analyzer was worked out. It utilizes CCD camera and computer image analysis and allows test detailed characteristics of beam pattern in garage conditions in objective way.

Using these device measurements of many vehicles in exploitation conditions was done. There was find out that significant percentage of headlamps in use does not meet minimum type approval requirements. In paper results of tests are presented and main factors responsible for difference between type approval and exploitation are described.

Keywords: *transport, vehicle lighting, headlamps, beam pattern, assessment*

OBIEKTYWNE BADANIA REFLEKTORÓW SAMOCHODOWYCH W WARUNKACH EKSPLOATACJI POD KĄTEM BEZPIECZEŃSTWA RUCHU

Streszczenie

Od wielu lat praktycznie jedyną czynnością obsługi eksploatacyjnej reflektorów samochodowych jest ich ustawianie na podstawie granicy światła i cienia. Z jednej strony ma miejsce znaczny wysiłek konstruktorów i producentów, którego skutkiem są reflektory samochodowe o doskonałych właściwościach, włączając w to konstrukcje z lampą wyladowczą (ksenonowe), światła adaptacyjne czy reflektory wykorzystujące diody LED jako źródło światła. W ostatnich latach podejmowane są także wysiłki zmierzające do wypracowania metod obiektywnej oceny jakości wiązki świetlnej reflektorów metodami laboratoryjnymi, m.in. prace komitetu technicznego TC4-45 Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego.

Niestety w praktyce eksploatacyjnej znacząca liczba pojazdów jest wyposażona w reflektory niskiej jakości instalowane m.in. po naprawach. Po kilku latach eksploatacji wiele plastikowych kloszy reflektorów jest porysowanych i zmatowiałych, a wewnętrzne części elementów optycznych są zakurzone z powodu nie szczelności. Skutki tych problemów w postaci pogorszonej jakości światła pozostają niezauważone podczas prostego badania diagnostycznego. W Instytucie Transportu Samochodowego opracowano urządzenie diagnostyczne – analizator światła wykorzystujący kamerę CCD i komputerową analizę obrazu, pozwalający w warunkach stacji diagnostycznej badać szczegółowe charakterystyki wiązki świetlnej, oceniać je i obiektywnie, precyzyjnie ustawiać światła.

Za pomocą tego urządzenia wykonano pomiary światła wielu samochodów w warunkach eksploatacji, które pokazały, że znaczący odsetek reflektorów nie spełnia minimalnych wymagań stawianych przy homologacji. W artykule zaprezentowano wyniki badań i przeanalizowano główne czynniki odpowiedzialne za rozbieżności pomiędzy homologacją i eksploatacją.

Słowa kluczowe: *transport, oświetlenie pojazdów, reflektory, wiązka świetlna, ocena*

1. Wstęp

Zadaniem oświetlenia reflektorowego pojazdów jest zapewnienie widoczności obiektów w warunkach braku oświetlenia naturalnego. Jest ono ze swojej natury niedoskonałe. Oświetlone obiekty są jasne na ciemnym tle, a więc w sposób odmienny (negatywny) niż podczas percepcji dziennej. Ponadto natężenie oświetlenia maleje z kwadratem odległości od pojazdu (reflektora), co w praktyce zdecydowanie ogranicza zasięg tego oświetlenia. Wzrok ludzki natomiast ulega złudzeniu dobrej widoczności w sytuacji, gdy blisko pojazdu pada dużo światła. Subiektywna, wzrokowa ocena oświetlenia dokonywana przez kierowców jest więc najczęściej nieprawidłowa.

Natomiast statystyki wypadków pokazują, że liczba niebezpiecznych zdarzeń pomiędzy zmiernym, a świtem przypadająca na ustaloną liczbę pojazdów w ruchu jest znacznie większa niż za dnia. Liczba zabitych i bardzo ciężko rannych też jest dużo większa. Według badań niemieckich ryzyko poważnego uszkodzenia ciała wzrasta np. o 50%, a ryzyko wypadku śmiertelnego o 136% [1]. Polskie statystyki nie precyzują tego tematu, ale pośrednio można wnioskować, że przyrost ten jest nawet kilkakrotny. Analizujący takie wyniki są czasami zdziwieni, że w czasie względnie małego natężenia ruchu (noc) dochodzi do relatywnie dużej ilości i to poważnych zdarzeń drogowych. Podawane w statystykach dominujące przyczyny wypadków są natomiast takie same jak za dnia: wymuszenie pierwszeństwa przejazdu, nadmierna prędkość, alkohol. Ponieważ wady oświetlenia są trudne do oceny w normalnych warunkach, a tym bardziej w sytuacjach powypadkowych, gdy reflektory są najczęściej zniszczone, przyczyna zdarzenia w postaci złej jakości oświetlenia podawana jest marginalnie. W rzeczywistości ilość wypadków w nocy jest istotną pochodną zarówno obiektywnie trudnej sytuacji drogowej (ciemność) jak i niezadowolającego stanu eksploatacyjnej jakości oświetlenia reflektorowego pojazdów.

Jakość oświetlenia w warunkach eksploatacyjnych wynika bezpośrednio z obowiązującego systemu oceny tej jakości. W Polsce, podobnie jak w Europie system ten jest dwuczęściowy. Pierwszy etap to badanie zgodności przedstawiciela typu z wymaganiami (homologacja). Natomiast drugi to kontrola eksploatacyjna.

W Europie oświetlenie pojazdów podlega homologacji na zgodność z regulaminami Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ [2]. Analogiczny system funkcjonuje na rynku amerykańskim, chociaż różni się wymaganiami szczegółowymi.

Z kolei w warunkach eksploatacyjnych kontrolowane jest ustawienie świateł mijania i wykonuje się jednopunktowy pomiar światłości świateł drogowych. Teoretycznie ustawiane powinny być także światła przeciwmgłowe przednie, jednak w praktyce jest to trudne do realizacji.

W Instytucie Transportu Samochodowego opracowano analizator świateł wykorzystujący kamerę CCD i komputerową analizę obrazu, pozwalający w warunkach stacji diagnostycznej badać szczegółowe charakterystyki wiązki świetlnej wszystkich rodzajów reflektorów (drogowych, mijania, przeciwmgłowych przednich, a nawet świateł do jazdy dziennej) i oceniać je, a także obiektywnie, precyzyjnie ustawiać światła. Wykorzystano go do zbadania jakości oświetlenia w warunkach eksploatacyjnych.

2. Sposób formułowania wymagań

Najistotniejsze są światła mijania, ze względu na to, że w obecnych warunkach dużego natężenia ruchu drogowego możliwość używania świateł drogowych jest bardzo ograniczona. Wiązka świetlna tych świateł składa się z dwóch części: jaśniejszej skierowanej na drogę i prawe poboczne i ciemniejszej powyżej, której zadaniem jest ukazanie innym użytkownikom dróg obecności pojazdu w ruchu oraz oświetlenie odblaskowych znaków drogowych. Górna część nie powinna przy tym powodować oślnienia nadjeżdżających z przeciwka. Oba te obszary dla systemu europejskiego są rozgraniczone wyraźną linią zwaną granicą światła i cienia (GSC), z założenia wykorzystywaną do ustawiania świateł. Koncepcja takich świateł powstała przed II Wojną

Światową. Natomiast uregulowania zostały przyjęte w 1958 roku [2]. Sposób ich sformułowania dostosowano do mocno ograniczonych wówczas możliwości technologii wykonania reflektorów jak i aparatury pomiarowej. Odbłyśniki w kształcie paraboloidy obrotowej produkowano metodą tłoczenia z metalu. Kształt był prosty zarówno do obliczenia jak i wykonania. Odbłyśniki te formowały ze światła wysyłanego przez małogabarytowy żarnik prawie równoległą wiązkę świetlną. Ryflowany, szklany klosz ze zbliżonymi do pryzmatycznych elementami rozpraszającymi ostatecznie ją kształtował. GSC uzyskiwana była za pomocą przesłonki żarnika odcinającej dolną część strumienia świetlnego.

Istotną zaletą przyjętego rozwiązania były wymienne żarówki. Precyzyjnie zdefiniowano ich parametry geometryczne i strumień świetlny. Jednocześnie określono dwojakie tolerancje geometryczne: bardzo precyzyjne dla żarówek „wzorcowych” wykorzystywanych podczas badań homologacyjnych, a dla żarówek masowej produkcji tolerancje kilkakrotnie większe. Ponieważ reflektory wówczas były stosunkowo duże, wartości tolerancji nie wpływały znacząco na rozsył światłości reflektorów.

Wymagania fotometryczne sformułowano dla powierzchni ekranu, na której wzrokowo obserwowano i ustawiano wiązkę świetlną, natomiast pomiary wykonywano za pomocą fotodetektora przesuwanego na tle ekranu. Ponieważ ówczesne żarówki wysyłały stosunkowo niewielki strumień świetlny, nie było możliwości znacznego zróżnicowania wiązki świetlnej pomiędzy reflektorami. Z tego powodu przyjęto, że sprawdzenie kilku punktów i sektorów na ekranie zagwarantuje właściwy rozkład światłości w całym interesującym obszarze. Co najważniejsze założono, że w warunkach eksploatacyjnych wiązka światła będzie powtarzalna.

W efekcie metodyka badania i wymagania zostały dostosowane do jednego konkretnego rozwiązania technicznego. Nie wyobrażano sobie wówczas, aby możliwe były radykalne zmiany konstrukcji, a co za tym idzie właściwości reflektora samochodowego. Jednakże tak sformułowane kryteria w sposób bardzo uproszczony odzwierciedlały jakość oświetlenia drogi światłami reflektorów, a ponadto nie określały jednoznacznie możliwego rozrzutu właściwości światła w warunkach eksploatacyjnych [3].

Powyższy sposób formułowania wymagań przetrwał do dzisiaj. Co więcej, utrwalił się w świadomości specjalistów z branży oświetlenia samochodowego jako podstawowy i najważniejszy, pomimo jego niedoskonałości. Duży wpływ ma na to kolektywny i międzynarodowy sposób definiowania wymagań. W takiej sytuacji można łatwiej uzgodnić nieznacznej i ilościowej modyfikacje niż istotnych zmiany całościowej koncepcji oceny i badań.

3. Zmiany w technologii reflektorów

Do chwili obecnej konstrukcja reflektorów samochodowych przeszła znaczącą ewolucję, związaną z postępowaniem technologicznym [4, 5, 6]. Przede wszystkim zastosowano jako źródło światła żarówki halogenowe. Najbardziej popularny stał się analog dotychczasowych żarówek dwużarnikowych, w postaci żarówki H4, gdzie żarnik światła mijania był wyposażony w przesłonkę odcinającą dolną część strumienia świetlnego. Żarówki halogenowe wysyłały znacznie większy strumień świetlny przy mocy zbliżonej do żarówek konwencjonalnych. Były też mniejsze, a ich trwałość kilkakrotnie przewyższała poprzednie rozwiązania. Zastosowano je w sprawdzonej i dobrze znanej konstrukcji paraboloidalnej odbłyśnika.

Wymagania zmodyfikowano poprzez wprowadzenie większych wymaganych wartości fotometrycznych i nieznaczne zwiększenie liczby punktów pomiarowych. Obowiązujący wcześniej regulamin dla żarówek „tradycyjnych” z poprzednimi wymaganiami pozostał nadal obowiązujący jako równoległa możliwość. Był to początek zgody na dwie jakościowo różne klasy wyrobów, służących do tego samego celu (oświetlenie drogi przed pojazdem), które na takich samych zasadach, w świetle prawa, można było instalować na pojeździe.

W ciągu następnych lat opracowano nowe rozwiązania żarówek halogenowych, poprawiono efektywność wykorzystania światła. Rozpowszechniły się żarówki jednożarnikowe bez przesłonki, prostsze, ale i sprawniejsze. Nieco później rozpoczął się gwałtowny rozwój konstrukcji

reflektorów. Wprowadzono konstrukcję elipsoidalną (typu projekcyjnego z soczewką), a następnie konstrukcję FF (z ang. Free Form).

Konstrukcja elipsoidalna i jej odmiany pozwoliły znacznie zmniejszyć rozmiary reflektora, a ponadto uzyskać bardzo wyraźną i regularną GSC, co stało się ważnym argumentem na rzecz tych świateł. Natomiast posiada ona istotne mankamenty, zwłaszcza przy najprostszych realizacjach. Ze względu na aberrację chromatyczną jednosoczewkowego układu projekcyjnego reflektory takie mogą wysyłać w okolicy GSC światło barwne np. niebieskie, czerwone czy pomarańczowe, które to barwy są zarezerwowane dla określonych, innych celów sygnalizacyjnych. Ponieważ podczas opracowywania założeń zapisów regulaminowych istniała jedynie konstrukcja paraboloidalna, metoda sprawdzania barwy światła zakłada całkowanie strumienia świetlnego wychodzącego z reflektora. Nie diagnozuje więc powyższego problemu. Podobny problem dotyczy olśnienia. Jako kryterium oceny olśnienia przyjęto natężenie oświetlenia na powierzchni ekranu. Jednak o skali odczuwania olśnienia bardziej decyduje kontrast widocznej powierzchni lampy, który jest powiązany zarówno z rozmiarami jak i z luminancją obserwowanych obiektów. W przypadku konstrukcji elipsoidalnej, gdzie średnica otworu wyjściowego jest rzędu 5 cm (w stosunku do ok. 20 cm – dla pierwotnej konstrukcji paraboloidalnej) poziom luminancji wzrasta kilku -kilkunastokrotnie. Dodatkowo „ostra” GSC i większy wysyłany strumień świetlny powoduje podczas pokonywania wzniesień i przy kołysaniu pojazdu dokuczliwy efekt migotania, często barwnego. Problem narasta przy niedokładnym ustawieniu świateł. Dzięki wzrostowi mocy obliczeniowej komputerów oraz rozwojowi techniki komputerowego obliczania i modelowania powierzchni odbłyśników stał się możliwy rozwój konstrukcji FF, w której sposób kształtowania wiązki świetlnej może być zupełnie dowolny i jest ograniczony jedynie możliwościami budowy form wtryskowych odbłyśników. W konstrukcji tej zarówno górna jak i dolna część odbłyśnika może kierować światło poniżej horyzontu, na drogę, co skutkuje znacznie bardziej efektywnym wykorzystaniem strumienia świetlnego źródła. Stało się możliwe zdecydowanie silniejsze oświetlenie obszarów odległych od pojazdu, a także skierowanie wiązki światła bardziej na prawo i lewo od osi pojazdu, a przez to lepsze oświetlenie poboczy i zakrętów.

Na początku lat 90-tych XX wieku do reflektorów samochodowych wprowadzono kolejne, jeszcze bardziej efektywne źródło światła - wyładowczą lampę ksenonową. Kryteria oceny homologacyjnej nowego produktu [7] zostały jednak opracowane na zasadach bardzo zbliżonych do tych istniejących. Zwiększono liczbę punktów pomiarowych w stosunku do świateł¹ halogenowych i podwyższono wymagane wartości fotometryczne. Rynek zaakceptował to rozwiązanie pomimo dość wysokiej ceny, głównie do samochodów droższych marek.

Aby ograniczyć olśnienie wprowadzono obowiązkowe układy mycia szyb reflektorów i automatycznego poziomowania. Światła ksenonowe potencjalnie dominują nad halogenowym¹ w zakresie oświetlenia drogi z powodu jeszcze większego strumienia świetlnego będącego do dyspozycji.

Jednym z istotnych mankamentów eksploatacyjnych świateł ksenonowych (poza wysoką ceną i koniecznością stosowania specjalnego, wysokonapięciowego zasilania) jest starzenie się źródła światła. W miarę upływu czasu intensywność świecenia maleje, ale lampa nie przepala się jak żarówka. Po kilku latach światła te - chociaż cały czas świecą - mogą oświetlać drogę wyraźnie gorzej niż halogenowe (por rys.5 i rys.6.). Brakuje jasnych kryteriów momentu wymiany, drogiego przecież źródła światła.

Podsumowując zauważmy, że obecnie funkcjonują cztery grupy kryteriów dotyczących świateł realizujących to samo zadanie w ruchu drogowym, tj. świateł mijania [7, 8, 9]. Najnowsze dotyczą świateł adaptacyjnych, automatycznie dostosowujących się do warunków jazdy. Ponieważ stylistyka pojazdów stała się elementem dominującym w kształtowaniu rynku samochodowego producenci podporządkowują jej elementy wyposażenia pojazdów, redukując czasami spełnienie wymagań do minimum. Podobnie zachowuje się rynek wtórny części zamiennych, dla którego najważniejszym wyznacznikiem jest niska cena. W efekcie po drogach poruszają się pojazdy,

których reflektory mogą oświetlać drogę w sposób istotnie różny, chociaż są przeznaczone do tego samego celu. Dotyczy to fabrycznie nowych reflektorów, z wzorcowymi źródłami światła, idealnie ustawionych.

W warunkach rzeczywistej eksploatacji pojazdu na drodze sytuacja jest bardziej niekorzystna. Na nominalne, fabryczne właściwości świateł nakładają się warunki ich eksploatacji. Bardzo ważna jest precyzja ustawienia świateł. Ustawianie świateł mijania to podstawowa i jedyna czynność eksploatacyjna dokonywana w świetle obowiązujących przepisów. Kolejnym czynnikiem wpływającym na rzeczywistą jakość oświetlenia drogi jest wrażliwość współczesnych konstrukcji reflektorów (zwłaszcza elipsoidalnych i FF) na tolerancje geometryczne źródła światła, która może być znacznie większa niż przewidywana dla konstrukcji paraboloidalnej, a także obecność na rynku źródeł światła masowej produkcji o charakterystykach znacznie odbiegających od oczekiwanych [10]. Do tego dochodzi zanieczyszczenie oraz starzenie się reflektora i źródła światła.

4. Właściwości fotometryczne reflektorów a bezpieczeństwo ruchu drogowego

Stosowane homologacyjne metody oceny jakości reflektorów oraz kontrola eksploatacyjna zapewniają użytkową jakość oświetlenia w ograniczonym stopniu. Szczególnie brakuje jednoznacznego powiązania wyznaczników bezpieczeństwa ruchu drogowego z właściwościami fotometrycznymi reflektorów. Badania, które miałyby określić związki statystyk wypadków z właściwościami reflektorów są co prawda podejmowane. Jednak zarówno ocena ilości i rodzajów wypadków jak i powiązanie ich z właściwościami świetlnymi reflektorów są bardzo uproszczone i podawane z dużym marginesem błędu [11]. Wynika to z faktu, że konkretny wypadek dotyczy szczegółowych wielkości fotometrycznych reflektorów pojazdu biorącego w nim udział. Innymi słowy odległość z jakiej kierowca może zauważyć przeszkodę zależy od indywidualnych cech reflektorów jego pojazdu, w tym od tego w jaką żarówkę jest wyposażony i jak ustawiony. Dane takie są praktycznie niemożliwe do uzyskania. Zwykle pojazd i reflektor po wypadku jest uszkodzony lub zniszczony, a osoby zajmujące się dokumentowaniem i odtwarzaniem wypadku ani nie dysponują odpowiednią wiedzą ani możliwościami rekonstrukcji wartości natężenia oświetlenia na obiekcie, który ewentualnie nie został w porę dostrzeżony. Stąd można operować jedynie ogólnymi danymi i uśrednionymi wartościami rozkładów natężenia oświetlenia dla pewnej grupy pojazdów. Rozbieżności pomiędzy konkretnymi przypadkami są zbyt duże, nawet w przypadku tej samej marki i modelu samochodu, aby na podstawie pewnych uśrednień wyciągać miarodajne wnioski. W dalszej części przedstawiono konkretne wyniki badań potwierdzające te uwagi.

Wskaźniki określające właściwości fotometryczne konkretnego zespołu reflektorów pojazdu, o ile są znane i zarejestrowane, można próbować powiązać z bezpieczeństwem ruchu drogowego poprzez rozkłady gęstości prawdopodobieństwa określające możliwość zaistnienia wypadku [12].

O bezpieczeństwie w sensie dostrzeżenia przeszkody przed pojazdem można mówić gdy:

- Przeszkoda jest obecna na torze ruchu pojazdu w chwili, gdy znajduje się na nim pojazd,
- Szybkość poruszania się pojazdu w chwili dostrzeżenia przeszkody przez kierującego umożliwia zatrzymanie się przed przeszkodą (droga hamowania jest krótsza od zasięgu widoczności dla konkretnego obiektu i warunków oświetlenia),
- Obiekt ma takie właściwości odbicia światła i rozmiary katowe, że jest widoczny dla kierującego z odległości większej niż droga hamowania przy danych warunkach oświetlenia.

Jednakże na obecnym etapie jedynym uzgodnionym i powszechnie stosowanym zestawem kryteriów do oceny oświetlenia są regulaminy homologacyjne Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ, które tylko częściowo reprezentują powyższe uwarunkowania. Znane też są różne koncepcje dotyczące obiektywnej oceny wiązki świetlnej na podstawie analizy odpowiednich rozkładów charakterystyk fotometrycznych. Jedną z nich jest standard oceny jakości fabrycznie nowego

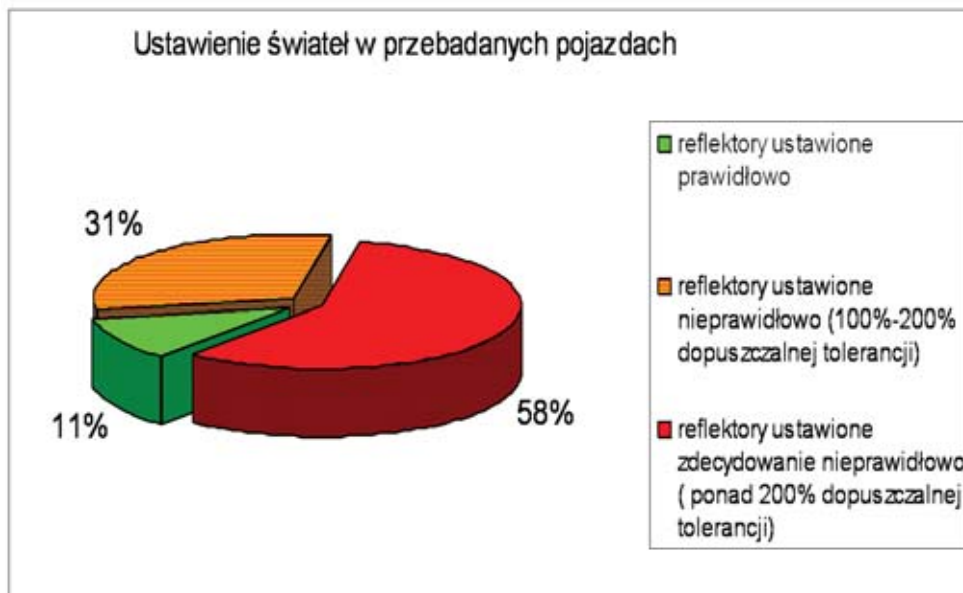
oświetlenia reflektorowego opracowywany obecnie przez Komitet Techniczny Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego CIE TC4-45 [13].

Aby uzyskać dokładniejszy pogląd na stan oświetlenia w warunkach eksploatacyjnych wykonano serię badań brył fotometrycznych reflektorów pojazdów znajdujących się w ruchu za pomocą opracowanego przez autora analizatora świateł, urządzenia diagnostycznego wykorzystującego komputerową analizę obrazów fotometrycznych uzyskanych z kamery CCD. Urządzenie to rejestruje rozkład natężenia oświetlenia reflektorów za pomocą kamery. Natomiast oprogramowanie komputera wykonuje analizę zarejestrowanych rozkładów, wyznaczając ich charakterystyki. GSC wyznaczana jest automatycznie przez oprogramowanie urządzenia, w sposób modelujący percepcję wzrokową, co zapewnia dużą dokładność i powtarzalność pomiaru, w porównaniu do tradycyjnych przyrządów do ustawiania świateł.

5. Badania

Badania przeprowadzono na losowej próbie ponad 100 różnych samochodów osobowych. Pomiary wykonywano dwukrotnie. Pierwszy raz w stanie takim w jakim samochód przyjechał na badanie. Badano wówczas ustawienie świateł na podstawie GSC i porównywano z wymaganiami urzędowymi. Następnie światła ustawiano zgodnie z obowiązującymi wymaganiami i ponownie wykonywano pomiary fotometryczne za pomocą analizatora. Oceny zawężono do natężenia oświetlenia w podstawowych punktach pomiarowych (50R i 75R), określonych w regulaminach homologacyjnych i odpowiadających prawej krawędzi prostoliniowego pasa ruchu w odległości 50m i 75m przed pojazdem.

Na rys.1. przedstawiono wyniki pomiarów ustawienia świateł.



Rys.1. Odsetek prawidłowo ustawionych świateł (dodatkowo pokazano podwojony margines tolerancji w stosunku do wymagań urzędowych)

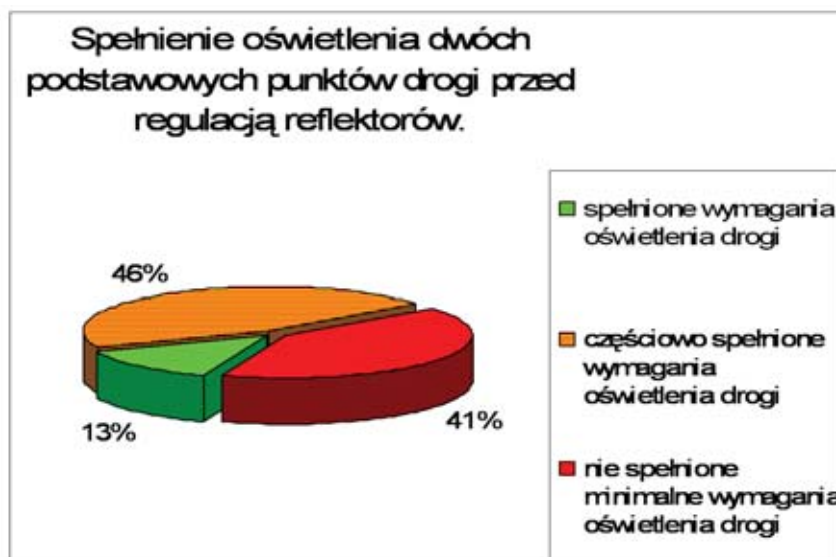
Fig.1. Percentage of correctly aimed headlamps (additionally is presented doubled range of official tolerance)

Wyniki pokazują zdecydowanie niezadowalający stan ustawienia świateł. W celu oceny skali niedokładności ustawienia dodatkowo pokazano podwojone tolerancje w stosunku do wymagań urzędowych.

Można wymienić kilka przyczyn takiego stanu. Jedną z nich to niedostateczna dbałość użytkowników pojazdów o ustawianie świateł. Wynika ona prawdopodobnie z braku świadomości problemu i niewystarczającej edukacji kierowców. Inny powód to niedoskonałość przyrządów stosowanych do ustawiania świateł. Przyrządy te wykorzystują subiektywną, wzrokową

obserwację GSC. Kształt tej granicy częstokroć znacząco odbiega od kształtu wzorcowego, zresztą dość nieprecyzyjnie opisanego [8]. Istotne znaczenie ma również dokładność ustawienia przyrządu względem pojazdu. W efekcie uzyskanie ustawienia świateł zgodnego z wymaganiami jest na granicy możliwości technicznych stosowanych współcześnie przyrządów.

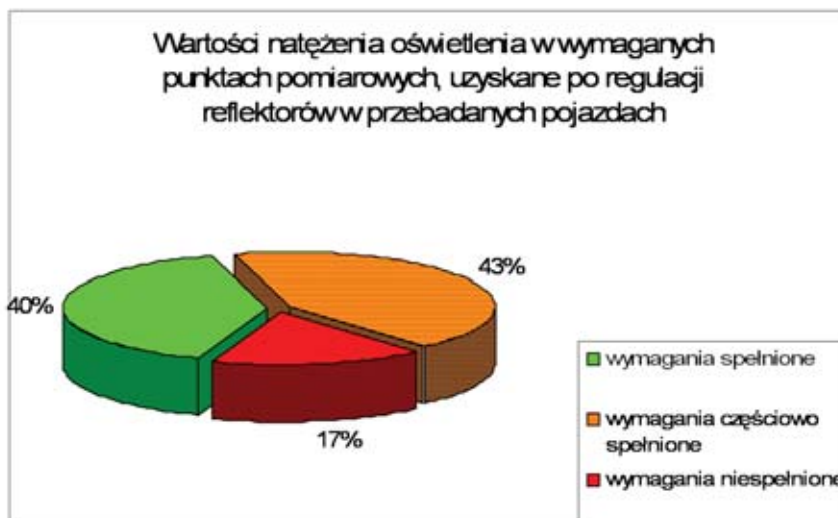
Zgodnie z założeniem obowiązującego systemu kontroli eksploatacyjnej prawidłowe ustawienie świateł powinno zagwarantować wystarczające oświetlenie drogi. Niezależnie od tego co ma oznaczać pojęcie wystarczającego oświetlenia drogi dla celów eksperymentu przyjęto, jako obiektywne kryterium odniesienia, spełnienie wymagań homologacyjnych jedynie w dwóch podstawowych punktach oświetlenia drogi (rys.2).



Rys.2 . Odsetek pojazdów przed regulacją ustawienia, które spełniały minimalne wymagania homologacyjne w punktach 75R i 50R

Fig. 2. Percentage of vehicles meeting type approval requirements in points 75R and 50R

Na rysunku zaznaczono także odsetek pojazdów, które spełniały wymagania minimalne przynajmniej w jednym punkcie. Porównanie rys.1. i rys. 2 może sugerować, że spełnienie wymagań jest powiązane z precyzją ustawienia. Jest to niesłuszne wnioskowanie, co pokazuje rys.3.



Rys.3. Wyniki jak na rys. 2. jednak po precyzyjnym ustawieniu świateł zgodnie z wymaganiami

Fig. 3. Results as in Fig.2. but after precise re-aiming

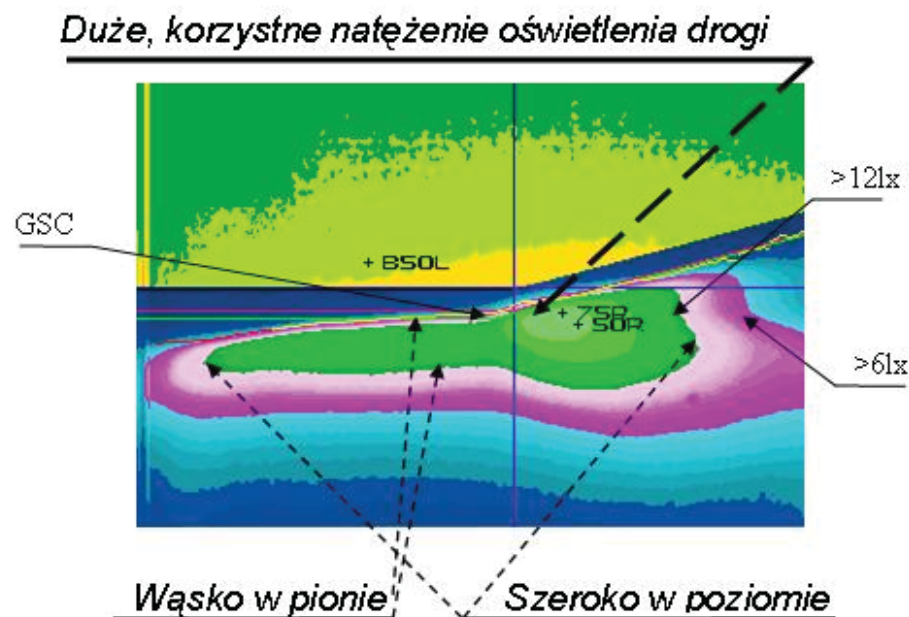
Ukazane są w tym przypadku potencjalne możliwości oświetlenia drogi wynikające z ustawiania dla badanej grupy pojazdów. Można zauważyć, że po dokładnym ustawieniu wzrósł odsetek świateł spełniających wymagania homologacyjne. Jednak nadal ok. 60% pojazdów nie spełniało ograniczonych do dwóch punktów wymagań minimalnych. Gdy ocena będzie jeszcze bardziej tolerancyjna - zawężona do spełnienia wymagań przynajmniej w jednym z dwóch punktów - to nadal ok. 20 % świateł pozostaje poza tolerancją.

Co istotne, pomiary wykonywano w warunkach eksploatacyjnych, przy napięciu na zaciskach żarówki ok. 13,2 - 14 V. Strumień świetlny żarówki jest wówczas większy o ok. 30 - 40% w stosunku do badań homologacyjnych wykonywanych przy napięciu 12V. Potencjalne możliwości współczesnych technologii są oczywiście znacznie większe. Tak niskie wskaźniki ukazują rzeczywisty, obiektywnie istniejący problem, który dotychczas w znacznej mierze umykał uwadze. Stąd wniosek, że obowiązujący obecnie mechanizm zapewniania jakości oświetlenia reflektorowego jest niedoskonały.

6. Rozkłady fotometryczne

Zobrazowanie wiązek świetlnych przykładowych reflektorów w postaci wykresów izoluksów, w przeliczeniu do odległości ekranu pomiarowego 25 m, pozwala bardziej szczegółowo i jakościowo przeanalizować przyczyny niespełnienia minimalnych wymagań. Poniższe rysunki prezentują wiązki świetlne wykazujące specyficzne cechy.

Rys.4 przedstawia ukształtowanie wiązki, które nosi wiele cech rozkładu „optymalnego”. Rozkład „optymalny” to taki, który daje dobre oświetlenie drogi, szczególnie w dalszych odległościach i oświetla tam drogę możliwie szeroko.

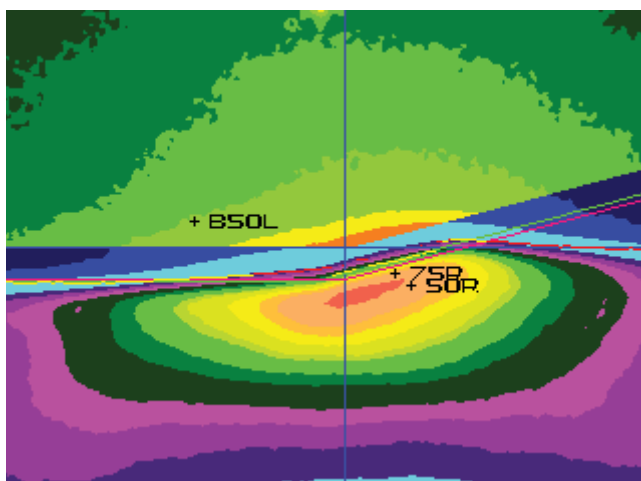


Rys. 4. Wiązka świetlna o "optymalnym" układzie
Fig. 3. "Optimal" beam pattern

Na rys.4. widoczny jest obszar stosunkowo dużego natężenia oświetlenia o wartości ponad 12 lx. Jest to wartość minimalna wymagana przez regulamin homologacyjny dla najjaśniejszych miejsc ekranu tj. punktów 50R i 75R. W odległości 50 m przed pojazdem odpowiada to natężeniu oświetlenia 3lx, a w odległości 75 m 1,3 lx, przy którym możliwa jest jeszcze identyfikacja wielu obiektów. Obszar ten jest szeroki w kierunku poziomym natomiast wąski w pionie. Skutkuje to

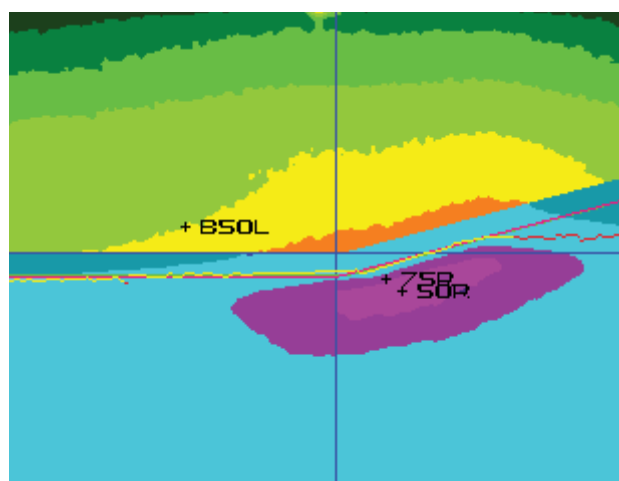
szerokim oświetleniem drogi w stosunkowo dużej odległości od pojazdu i to zarówno pasa ruchu pojazdu, prawego pobocza, jak też pasa dla nadjeżdżających z przeciwnika. Dobrze oświetlone są w takim przypadku łuki i zakręty. Zwiększone wartości natężenia oświetlenia w okolicach punktów 50R i 75R powodują polepszenie oświetlenia prawej krawędzi drogi, gdzie potencjalnie mogą znaleźć się niebezpieczne obiekty, takie jak piesi, zwierzęta, nieoświetlone pojazdy.

Rys. 5 przedstawia światło ksenonowe o dużej intensywności uzyskujące w okolicach punktów charakterystycznych natężenie oświetlenia ok. 40 lx, a więc ponad 3-krotnie większe niż minimum wymagane dla świateł halogenowych. Skutkuje to zdecydowanym wzrostem zasięgu widoczności, zwłaszcza prostoliniowego odcinka drogi.



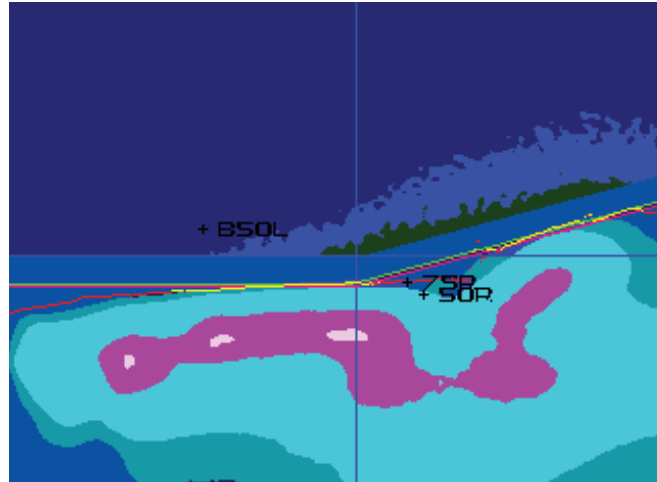
Rys.5. Światło ksenonowe, o dużej intensywności, dobrze oświetlające drogę
Fig. 5. Xenon headlight with high intensity beam

Na rys.6. przedstawiono rozkład innego reflektora ksenonowego. Niskie wartości w strefie oświetlenia spowodowane są znacznym zmniejszeniem strumienia świetlnego wyeksploatowanego źródła światła. Ponadto występuje silne olśnienie w górnej części (ponad horyzontem). Jest ono skutkiem światła rozproszonego w porysowanym i zmatowiałym plastikowym kloszu lampy. Reflektor nadaje się jedynie do wymiany na nowy. Jest to dobitny przykład dramatycznej różnicy jakości nieuchwytniej dla diagnosty posługującego się tradycyjnym sprzętem, a tym bardziej dla właściciela pojazdu, który jest przekonany, że posiada dobre, bo ksenonowe światła.



Rys.6. Rozkład natężenia oświetlenia wyeksploatowanego reflektora ksenonowego
Fig. 6. Beam pattern of used up xenon headlamp

Na rys.7. przedstawiono inny rozkład, który chociaż reprezentuje światło prawidłowo ustawione to oświetla drogę bardzo słabo ze względu na niskie wartości natężenia oświetlenia w całym interesującym obszarze, a szczególnie niskie w pobliżu ważnych punktów 50R i 75R. Prawdopodobne przyczyny takiej sytuacji to wadliwa żarówka, zanieczyszczone wnętrze lampy lub też fabrycznie niedoskonała konstrukcja.



Rys.7. Rozkład natężenia oświetlenia świateł o niskich wartościach, dodatkowo zmniejszonych w okolicach punktów testowych

Fig. 7. Beam pattern of headlamp with low levels of intensity additionally increased in important test points

Tych kilka przykładów nie wyczerpuje różnorodności spotykanych w praktyce „ułomności” wiązki światła. Przedstawiona wyżej statystyka spełnienia bardzo ograniczonych wymagań w stosunku do homologacji, przyjętych na potrzeby eksperymentu, ukazuje niski odsetek prawidłowych parametrów. Oznacza to znaczną rozbieżność założeń teoretycznych i realnej sytuacji na drodze.

Jedną z ważnych przyczyn takiego stanu jest niedoskonałość sformułowania fotometrycznych kryteriów homologacyjnych, które przecież mimo to zakładają, że w kierunku najważniejszych miejsc drogi będzie wysłana pewna minimalna ilość światła. To, że tak nie jest w bardzo wielu przypadkach ma swój powód w konstrukcji systemu zapewnienia jakości świateł w warunkach eksploatacyjnych. W obecnym stanie prawnym i faktycznym nie są sprawdzane właściwości świetlne reflektorów zainstalowanych na pojeździe. Natomiast założenie, że oględziny i ustawianie świateł jest w stanie zapewnić ich minimalne parametry eksploatacyjne jest błędne i dla współczesnych konstrukcji reflektorów nie wytrzymało próby czasu. Czynniki, które w sposób niekontrolowany wpływają na pogorszenie właściwości świateł, a które uykają kontroli eksploatacyjnej to m.in.:

- Niedoskonała, wzrokowa metodologia ustawiania świateł i właściwości przyrządów używanych do tego celu.
- Stosowanie do badań homologacyjnych żarówek wzorcowych o zawężonych tolerancjach w stosunku do żarówek produkcji masowej.
- Brak obowiązku badania podczas homologacji wrażliwości reflektora na tolerancje żarówek.
- Niedoskonały sposób definiowania i sprawdzania parametrów żarówek, prowadzący do obecności na rynku żarówek o parametrach znacznie odbiegających od wymagań.
- Wtórny rynek tanich części zamiennych, w tym reflektorów, których znacząca część nie spełnia wymogów kontroli zgodności produkcji z typem homologowanym.
- Niewystarczająca wiedza pracowników serwisów i diagnostów oraz użytkowników pojazdów w zakresie jakości i badania oświetlenia.

6. Wnioski

Obecna sytuacja odnośnie jakości oświetlenia reflektorowego pojazdów jest niezadowalająca. Pomimo ogromnego postępu technicznego i dostępności bardzo dobrych oraz niedrogich reflektorów i źródeł światła wiele pojazdów posiada oświetlenie o niedostatecznych właściwościach. Badania zagraniczne także potwierdzają tę diagnozę [14,15]. Stanowi to istotny czynnik zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Tym poważniejszy, że umyka świadomości większości osób odpowiedzialnych za ten stan. Ilościowo problem nie stanowi być może bardzo dużych liczb. Większość ruchu odbywa się bowiem w ciągu dnia. Także to, iż jest wiele zdecydowanie poważniejszych zagrożeń: brawura, niski poziom respektu dla przepisów ruchu drogowego, prowadzenie pojazdów po spożyciu alkoholu itd. nie powinno przesłaniać faktu, że bardzo wielu tragediom można zapobiec doprowadzając oświetlenie pojazdów do należytego stanu.

Wydaje się, że potrzebnych jest kilka kierunków działań. Pierwszy z nich to analiza i modernizacja wymagań homologacyjnych, zwłaszcza modelu matematycznego przyjętego jako punkt wyjścia do ich opracowania.

Bardzo ważna jest także informacja i edukacja, która powinna być skierowana zarówno do producentów i dystrybutorów samochodowych urządzeń oświetleniowych, kierowców i właścicieli pojazdów, jak też do osób odpowiedzialnych za badania laboratoryjne i eksploatacyjne, w tym pracowników warsztatów i diagnostów stacji kontroli pojazdów.

Jednak najbardziej skuteczne działanie to zastosowanie w diagnostyce eksploatacyjnej urządzeń (analyzerów świateł) podobnych do użytego w opisanych wyżej badaniach.

Można użyć porównania, że w epoce powszechnie dostępnej technologii oświetlenia równoważnej wielopunktowemu elektronicznemu wtryskowi i katalizatorom spalin większość pojazdów używa świateł równoważnych gaźnikom regulowanym „na ucho i nos”.

Literatura

- [1] Langwieder, K., *Characteristic of Nighttime Accidents*, Symposium "Progress in Automobile Lighting" '97 Darmstadt.09. 1997.
- [2] Organizacja Narodów Zjednoczonych., *Porozumienie dotyczące przyjęcia jednolitych warunków homologacji oraz wzajemnego uznawania homologacji wyposażenia i części pojazdów samochodowych*, E/ECE/324 Sporządzone w Genewie 20 marca 1958.
- [3] Targosiński, T. Zaremba, K., *Kryteria oceny reflektorów pojazdów a jakość oświetlenia drogi*, Zeszyty Naukowe Instytutu Transportu Samochodowego, Zeszyt 88, Warszawa 1999.
- [4] Lindae, G., *Verbesserungen des Automobil-Abblendlichtes durch Scheinwerfer mit polyelliptischem System*, Bosch Technische Berichte, Stuttgart 1985.
- [5] Mazur, J., *Nowa generacja elementów optyczno-światlnych samochodowych projektorów oświetleniowych*, Przegląd Elektrotechniczny, 9 1993.
- [6] Boebel, D., *Combining Styling and Function – Advanced Reflector Concepts for Modern Headlamps*, Symposium Progress in Automobile Lighting, Darmstadt, 1997.
- [7] Organizacja Narodów Zjednoczonych, *Regulamin nr 98 Europejskiej Komisji Gospodarczej*.
- [8] Organizacja Narodów Zjednoczonych, *Regulamin nr 112 Europejskiej Komisji Gospodarczej*.
- [9] Organizacja Narodów Zjednoczonych, *Regulamin nr 123 Europejskiej Komisji Gospodarczej*.
- [10] Targosiński, T., *Badanie wpływu żarówek na charakterystyczne elementy wiązki światła reflektorów samochodowych w aspekcie wymagań homologacyjnych*. Transport Samochodowy 4/04. Warszawa 2004.
- [11] Flannagan, M., *Headlighting Ratings in the Context of Comprehensive Vehicle Safety*, 6 International Symposium on Automotive Lighting Darmstadt 2005.

- [12] Targosiński, T., *Integral Method of Frontlighting Illumination Assessment*, 6 International Symposiums on Automotive Lighting, Darmstadt 2005.
- [13] *Dokumenty robocze grupy CIE TC 4-45*, 2006, 2007.
- [14] Diem, C., Schmidt-Clausen, H. J., *Headlamp Performance in Traffic Situations*, Symposium "Progress in Automobile Lighting" PAL'97, Darmstadt, 09. 1997.
- [15] Schwab, G., *Illuminances and their curves at selected points in dynamic traffic situations*, Symposium „Progress in Automobile Lighting” PAL'99, Darmstadt, 09. 1999.