

УДК 629.33:629.3.048.8

DOI: 10.33868/0365-8392-2024-2-279-45-53

© С. І. Андрусенко, канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри ТЕААС, ORCID: 0000-0002-9914-0200, e-mail: sergeandrusenko@gmail.com;
 © О. П. Токін, канд. техн. наук, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», ORCID: 0000-0002-7353-4228, e-mail: a2atp@meta.ua (Національний транспортний університет);
 © О. А. Бойко, директор, ORCID: 0009-0001-4334-9080, e-mail: oleg.an.boiko@gmail.com (СП ТОВ «Автомобільний Дім Україна»);
 © В. О. Білецький, канд. техн. наук, доцент кафедри ТЕААС, ORCID: 0000-0001-7235-6442, e-mail: volodymyrbiletsky56@gmail.com;
 © О. М. Іванушко, докт. філософії, доцент кафедри ТЕААС, ORCID: 0000-0003-3759-5856, e-mail: ivanushko_o@ukr.net;
 © В. С. Подписнов, старший викладач кафедри ТЕААС, ORCID: 0000-0002-8583-1502, e-mail: vpodpisnov@ukr.net (Національний транспортний університет)

© Serhii Andrusenko, Ph.D in Engeneering, Professor, Head of Departament of Motor Vehicle Maintenance and Service, ORCID: 0000-0002-9914-0200, e-mail: sergeandrusenko@gmail.com;
 © Olexandr Tokin, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Professor of the Production, Repair and Materials Science Department, ORCID: 0000-0002-7353-4228, e-mail: a2atp@meta.ua (National Transport University);
 © Oleg Boiko, Director, ORCID: 0009-0001-4334-9080, e-mail: oleg.an.boiko@gmail.com (Autohause Ukraine, LLC);
 © Volodymyr Biletskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, ORCID: 0000-0001-7235-6442, e-mail: volodymyrbiletsky56@gmail.com;
 © Oleksandr Ivanushko, Doctor of Philosophy, Associate Professor at the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, ORCID: 0000-0003-3759-5856; e-mail: ivanushko_o@ukr.net;
 © Vladyslav Podpisnov, Senior Lecturer at the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, ORCID: 0000-0002-8583-1502, e-mail: vpodpisnov@ukr.net (National Transport University)

ОГЛЯД ВПЛИВУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ФАР, НА ЇХНІ ФОТОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХНЬОГО КОНТРОЛЮВАННЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

OVERVIEW OF THE INFLUENCE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES ON EXPANDING THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF AUTOMOBILE HEADLIGHTS, ON THEIR PHOTOMETRIC CHARACTERISTICS AND METHODS AND MEANS OF THEIR CONTROL UNDER THE CONDITIONS OF OPERATION

Анотація. Проведено огляд особливостей та можливостей інноваційних технологій у галузі систем переднього освітлення механічних транспортних засобів, зокрема, адаптивних систем переднього освітлення, інтелектуальних систем переднього освітлення та цифрових систем освітлення. Розглянуті основні особливості будови і роботи таких систем та наведені окремі характеристики і можливості, що застосовуються в автомобілях виробництва компанії Mercedes-Benz Group AG. Проаналізовані вимоги чинних в Україні Правил ЄЕК ООН і державних стандартів України з вимогами до методів і засобів контролювання відповідності параметрів встановлення і фотометричних характеристик систем переднього освітлення та вимоги нормативних і технологічних документів виробника до виконання контрольно-діагностичних і регульовальних робіт з технічного обслуговування систем переднього освітлення автомобілів марки Mercedes-Benz. Результати виконаних робіт застосовані для розроблення методичних вказівок до лабораторної роботи з технічного обслуговування та перевірки стану і регулювань передніх фар

автомобіля марки Mercedes-Benz студентами НТУ. За результати проведених досліджень розроблені пропозиції і рекомендації щодо доцільності внесення змін до чинних в Україні державних стандартів і нормативних документів, які регламентують виконання робіт з контролювання відповідності технічного стану механічних дорожніх транспортних засобів вимогам безпеки в частині зовнішніх світлових пристроїв. Також розроблені рекомендації із застосування контрольно-діагностичного обладнання, яким доцільно дооснащувати пости для технічного обслуговування зовнішніх світлових пристроїв автомобілів марки Mercedes-Benz станціями технічного обслуговування, розташованих в Україні.

Ключові слова: автомобільна фара, адаптивна система переднього освітлення, інтелектуальна система переднього освітлення, цифрова система освітлення, динамічне освітлювання поворотів, статичне освітлювання поворотів, ближнє світло фар, дальнє світло фар, адаптивне ближнє світло, адаптивне дальнє світло, режим міського світла, режим позаміського світла, режим світла на автострадах, режим розширеного протитуманного світла, протитуманна фара, матрична світлодіодна фара, фара з мікро-оптоелектромеханічною системою.

Abstract: A brief overview of the features and possibilities of innovative technologies in the field of front lighting systems of mechanical vehicles, in particular, adaptive front lighting systems, intelligent front lighting systems and modern digital lighting systems, was conducted. The main features of the structure and operation of such systems are considered, and some characteristics and capabilities of the front lighting systems used in Mercedes-Benz cars are given. Analyzed the requirements of the UNECE Rules and state standards of Ukraine in force in Ukraine with the requirements for methods and means of monitoring the conformity of installation parameters and photometric characteristics of front lighting systems during the operation of cars and the requirements of the manufacturer's normative and technological documents for the performance of control, diagnostic and regulatory maintenance work front lighting systems of Mercedes-Benz cars. The results of the work performed were used in the development of methodological instructions for the performance by NTU students of laboratory work on maintenance and inspection of the condition and adjustments of Mercedes-Benz headlights. Based on the results of the research, proposals and recommendations have been developed regarding the expediency of making changes to the state standards and regulatory documents in force in Ukraine, which regulate the performance of works to control the compliance of the technical condition of mechanical road vehicles with safety requirements in terms of external lighting devices. Also, recommendations have been developed for the use of control and diagnostic equipment, with which it is advisable to equip posts for maintenance of external light devices of Mercedes-Benz cars by maintenance stations located in Ukraine.

Keywords: car headlight, adaptive front lighting system, intelligent front lighting system, digital lighting system, dynamic cornering lighting, static cornering lighting, low beam headlights, high beam headlights, adaptive low beam, adaptive high beam, city light mode, extra-urban mode light, light mode on highways; advanced fog light mode, fog light, matrix LED light, light with micro-opto-electromechanical system.

Вступ

Розвиток і впровадження інноваційних технологій у галузі зовнішніх світлових пристроїв позитивно впливає на безпеку дорожнього руху в темну пору доби та потребує вдосконалення методів і засобів контролю відповідності фотометричних характеристик вимогам безпеки та перегляду, внесення змін та доповнень у ці вимоги.

Мета роботи – аналітичний огляд інновацій у галузі автомобільних фар, їхніх функціональних можливостей, переваг, які вони надають водіям в орієнтуванні, аналізуванні й оцінюванні дорожньої обстановки в темну пору доби та в умовах погіршеної видимості.

Наступна мета – оцінка впливу проаналізованих в огляді інновацій на методи й засоби контролю відповідності фотометричних характеристик і функцій систем переднього освітлення та визначення доцільності

розроблення і модернізації наявних методів і засобів їхнього контролю, а також внесення змін і доповнень у нормативні документи та в наявні системи технічного обслуговування.

Основна частина

У роботі розглянуті такі інноваційні системи освітлення:

1. *адаптивна система переднього освітлення (Adaptive Front-Lighting System, AFS);*
2. *інтелектуальна система освітлення (Intelligent Light System, ILS);*
3. *цифрова система освітлення (Digital Light, DL).*

Огляд та аналіз можливостей і режимів роботи інноваційних систем освітлення

1. *Адаптивна система переднього освітлення АСПО* – система переднього освітлення, в якій застосовуються світлові промені зі змінними характеристиками для їхньої автоматичної адаптації до рівня освітленос-

ті дороги й елементів її інфраструктури під впливом різних умов дорожнього руху з урахуванням можливого впливу зовнішніх факторів, таких як геометрія дороги, погодні умови, наявність інших учасників дорожнього руху тощо.

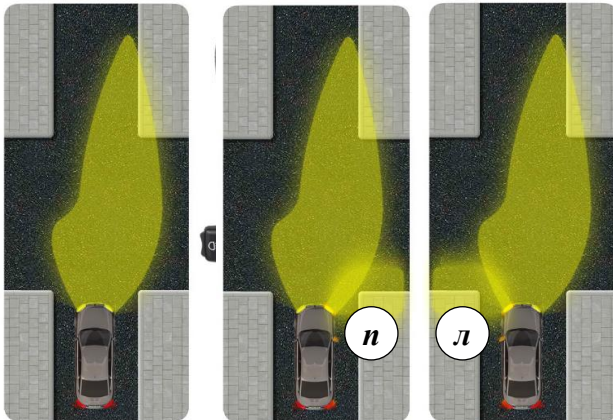
Відповідно до вимог Правил ЄЕК ООН R123, R149 [1, 2] такі системи повинні забезпечувати освітлення в режимах:

- ближнього світла із пучками променів класу: C; E; V; W;
- дальнього світла із пучками променів класу R (якщо передбачено).

АСПО можуть працювати в різних режимах.

Режим статичного освітлення поворотів – режим автоматичного увімкнення додаткових фар для освітлення поворотів у напрямку повороту автомобіля.

Поворотні освітлювальні прилади Поворотні освітлювальні прилади Поворотні освітлювальні прилади



© Electude Beheer B.V. - Останні зміни © Electude Beheer B.V. - Останні зміни © Electude Beheer B.V. - Останні зміни

а) б) в)

Рис. 1. Робота статичного освітлення поворотів у режимі «ближнє світло» (навчальна програма НТУ Electude Beheer B.V.)

Джерела статичного поворотного світла вмикаються у режимі «ближнє світло» після увімкнення поворотів: правого (рис. 1-б) чи лівого (рис. 1-в):

а) увімкнений модуль ближнього світла та габаритні вогні – працюють фари ближнього світла та габаритні вогні;

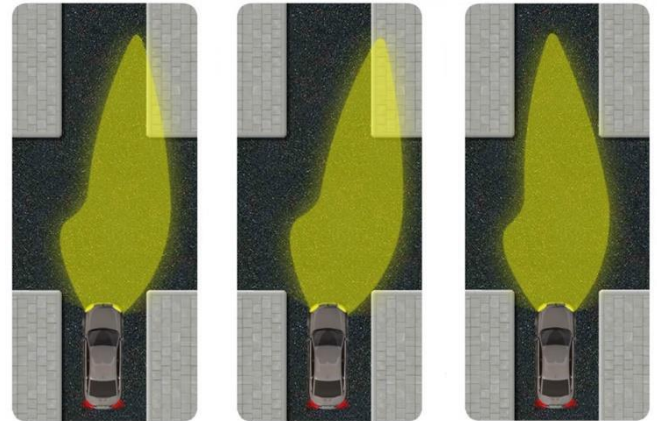
б) увімкнений модуль ближнього світла, габаритні вогні та правий поворот – працюють фари ближнього світла, габаритні вогні, покажчики правого повороту та права фара статичного освітлення повороту, освітлюючи дорогу в напрямку правого повороту – (п);

в) увімкнений модуль ближнього світла, габаритні вогні та лівий поворот – працюють

фари ближнього світла, габаритні вогні, покажчики лівого повороту та ліва фара статичного поворотного світла, освітлюючи дорогу в напрямку лівого повороту – (л).

Режим динамічного поворотного світла – режим переднього світла з бічним поворотом фар або зміною пучка променів, призначений для використання у разі згинів, поворотів або перетинів дороги та який визначається конкретними фотометричними приписами.

Поворотні освітлювальні прилади Поворотні освітлювальні прилади Поворотні освітлювальні прилади



© Electude Beheer B.V. - Останні зміни © Electude Beheer B.V. - Останні зміни © Electude Beheer B.V. - Останні зміни

а) б) в)

Рис. 2. Робота динамічного поворотного світла у режимі «ближнє світло» (навчальна програма НТУ Electude Beheer B.V.)

Розрізняють такі категорії режимів поворотного освітлення:

- категорії 1 – із горизонтальним зміщенням зламу світлотіньової межі;
- категорії 2 – без горизонтального зміщення зламу світлотіньової межі.

Динамічне поворотне світло вмикається в режимі «ближнє світло» після повороту керма вправо (рис. 2-б) чи вліво (рис. 2-в):

а) увімкнений модуль ближнього світла та габаритні вогні, кермо не повернене – працюють фари ближнього світла та габаритні вогні;

б) увімкнений модуль ближнього світла, габаритні вогні та кермо повернене вправо – працюють габаритні вогні та фари ближнього світла повернені вправо;

в) увімкнений модуль ближнього світла, габаритні вогні та кермо повернене вліво – працюють габаритні вогні та фари ближнього світла повернені вліво.

Режими адаптації систем дальнього світла – це режими, які адаптуються до:

- рівня освітленості дороги та елементів її інфраструктури;
- швидкості руху;
- погодних умов та обумовленого ними оптичного стану дорожнього покриття;
- режимів руху інших транспортних засобів та учасників дорожнього руху.

Залежно від виробника, моделі та року випуску режими адаптації можуть бути різними. Для автомобілів Mercedes-Benz A-Class W176 із BI-XENON (рис. 3) це такі режими:

- міське світло;
- позаміське світло;
- світло на автострадах;
- світло за несприятливої погоди.



Рис. 3. Блок фар Mercedes-Benz A-Class W176 BI-XENON:

1 – блок фар; 2 – модуль динамічного поворотного ближнього світла із функцією поліпшеного поворотного дальнього світла (біксенонова лампа); 3 – модуль статичного освітлення повороту (галогенна лампа); 4 – модуль ходових вогнів (блок білих світлодіодів); 5 – модуль покажчиків поворотів (блок помаранчевих світлодіодів).

Режим міського світла застосовується під час руху в міських умовах на освітлених вулицях із низькими швидкостями руху – до 50 км/год. Є аналогом режиму ближнього світла із симетричним світлорозподілом та із розширеним і посиленням бічним освітленням.

Режим позаміського світла застосовується під час руху в позаміських умовах на неосвітлених чи малоосвітлених дорогах зі швидкостями від 50 км/год до 120 км/год. Є аналогом режиму асиметричного ближнього світла та забезпечує виявлення небезпечних ситуацій завдяки видимості до 65 м.

Режим світла на автострадах застосовується під час руху по автострадах зі швидкостями понад 120 км/год. Є аналогом

режиму дальнього світла і збільшує видимість від 65 до 110 м.

Режим світла за несприятливих погодних умов застосовується під час дощу, туману чи снігу. У цьому режимі зменшується дальність та інтенсивність освітлення, щоб звести до мінімуму світлові відблиски, які впливають на водіїв зустрічних автомобілів.

2. Інтелектуальна система переднього освітлення (ІСПО) – різновид АСПО, в якій застосовано джерела світла, що створюють світлові промені зі змінними характеристиками, та інтелектуальну систему керування, яка автоматично адаптує світлові промені фар залежно від освітленості дороги та елементів її інфраструктури із врахуванням умов дорожнього руху і можливого впливу зовнішніх факторів, таких як швидкість, погодні умови, наявність інших учасників дорожнього руху на дорозі тощо. Зазвичай у фарах систем ІСПО застосовуються біксенонові або світлодіодні джерела світла.

ІСПО із біксеноновими джерелами світла (рис. 3) можуть працювати у таких режимах.

Режим ближнього/дальнього світла – режим, у якому фара ближнього світла автоматично переходить у режим дальнього світла у два етапи:

1) на швидкості понад 90 км/год потужність ксенонових ламп автоматично збільшується з 35 до 38 Вт;

2) на швидкості понад 110 км/год радіус дії фари з внутрішньої сторони смуги руху збільшується, що створює загальний однорідний світловий конус, який досягає 120 м у довжину та освітлює дорогу по всій її ширині.

Режим динамічного поворотного світла – режим освітлення з поворотом фар, призначений для використання у разі згинів дороги і поворотів, та визначається конкретними фотометричними приписами. Кут повороту фар може сягати до 15°. Режим поворотного світла працює як для режиму «ближнє», так і «дальнє» світло й активується від повороту керма.

Режим статичного освітлення поворотів – режим автоматичного освітлення поворотів у напрямку повертання автомобіля. Статичне освітлення поворотів вмикається

в режимі «ближнє світло» після увімкнення поворотів та у разі повороту керма, коли швидкість менша за 40 км/год. Крім цього, одна з двох передніх протитуманних фар автоматично вмикається, коли водій активує покажчик повороту або повертає кермо залежно від того, який покажчик поворотів увімкнений і куди повернене кермо. Це освітлює бічну зону перед автомобілем на відстані приблизно 30 м і вмикається лише на швидкостях до 40 км/год.

Режим розширеного протитуманного світла – режим поліпшеного освітлення в умовах туману, дощу, снігопаду, запиленості чи задимлення. Цей режим активується після увімкнення заднього протитуманного ліхтаря і, якщо швидкість автомобіля менша за 70 км/год, ліва біксенонова фара повертається на 8° назовні і на 8° вниз. Це покращує освітленість внутрішньої половини дороги безпосередньо перед автомобілем. Більш широкий розподіл світла також запобігає засліпленню водія світлом, розсіяним туманом. Розширений режим залишається увімкненим до швидкості 100 км/год.

ІСПО із світлодіодними джерелами світла (Light-Emitting Diode – LED). Джерелами світла є блок-матриці, зібрані зі світлодіодних сегментів.



Рис. 4. Блок багатопроменевої фари Mercedes-Benz MULTIBEAM LED

На **рис. 4** демонструється випромінювання променів світла різної інтенсивності лише частиною сегментів блоку. Це забезпечує можливість миттєвого змінювання світлорозподілу фари і можливість адаптації переднього освітлення до будь-яких умов дорожнього руху, оптимізуючи освітленість дороги та оберігаючи інших учасників дорожнього руху від засліплення.

Системи ІСПО оснащуються багатофункціональною відеокамерою із модулем розпізнавання образів і виконують функції:

- виявляють, фіксують і аналізують об'єкти за яскравістю, формою, структурою та кольором;
- розпізнають, чи є ці об'єкти рухомими і як вони рухаються;
- розпізнають, чи є ці об'єкти елементами дорожньої інфраструктури: ліхтарями, світловідбивачами, дорожніми знаками тощо;
- оцінюють відстані до всіх виявлених об'єктів, швидкості їхнього руху та швидкість наближення до них;
- оцінюють рівень освітленості дороги та виявлених об'єктів та їхню фактичну яскравість;
- розпізнають наявність несприятливих погодних умов (туману, дощу,);
- розпізнають рух у тунелях.

ІСПО із матричними світлодіодними джерелами світла можуть працювати в таких режимах.

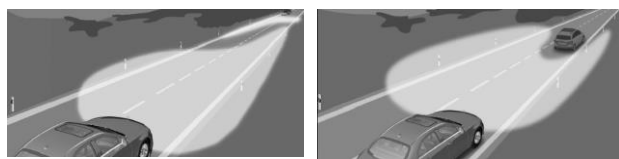
Режим адаптивного ближнього світла – режим, у якому ближнє світло фар автоматично змінює характеристики нахилу, інтенсивності та світлорозподілу, починаючи від режиму поліпшеного ближнього світла до режиму адаптивного дальнього світла в декілька етапів:

- до швидкості близько 25 км/год забезпечується встановлений виробником початковий нахил ближнього світла;
- із швидкості понад 25 км/год мультифункціональна камера із блоком розпізнавання образів аналізує ситуацію на дорозі та навколо автомобіля і за результатами аналізу активує функцію системи регулювання кута нахилу фар залежно від відстані автомобіля до інших учасників дорожнього руху та геометрії дороги (перепади висоти, ухили). При цьому ближнє світло піднімається вгору, внаслідок чого збільшується дальність освітлення дорожнього полотна. Регулювання з урахуванням відстані до інших учасників дорожнього руху запобігає їхньому засліпленню. Фар освітлюють дорогу на відстанях від 65 м (початковий нахил) до 300 м (мінімально припустимий нахил).

Режим автоматичного дальнього світла – це режим, у якому дальнє світло фар вми-

кається автоматично, коли швидкість автомобіля стає більшою за 30 км/год (від 45 км/год), і якщо інші учасники дорожнього руху не виявлені. У разі увімкнення на панелі автомобіля загоряється індикатор увімкнення дальнього світла.

Режим адаптованого дальнього світла – це режим, у якому дальнє світло фар адаптується до інших учасників дорожнього руху та фактично заміняє покращений режим ближнього світла. Типові схеми світлорозподілу для цього режиму наводяться на **рис. 5**.



а) б)

Рис. 5. Схеми світлорозподілу адаптованого дальнього світла:

а) для зустрічного автомобіля; б) для попутного автомобіля (Mercedes-Benz, тип W 217, тип W 222)

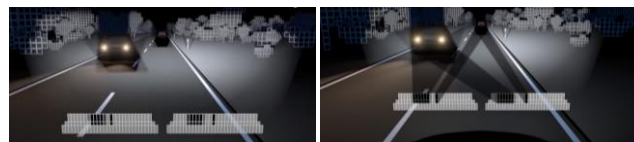
Якщо за умови активованого автоматичного дальнього світла фар розпізнаються інші учасники дорожнього руху, багатофункціональна камера активізує режим адаптованого дальнього світла. На панель приладів виводиться візуальний сигнал про активацію цього режиму.

Принцип та стадії адаптації дальнього світла можуть продемонструвати схеми на **рис. 6** та **7**.



а) б)

Рис. 6. Стадії роботи системи адаптації дальнього світла (Mercedes-Benz MULTIBEAM LED): а) – виявлення та розпізнавання попутних і зустрічних транспортних засобів; б) – «вилучення» окремих променів, що засліплюють водіїв, шляхом вимкнення або зменшення сили світла відповідних сегментів матриці.



а) б)

Рис. 7. Стадії роботи у процесі наближення і роз'їзду:

а) – збільшення кількості вимкнених сегментів та зміщення їх уліво в міру наближення; б) – супровід зустрічного транспортного засобу до повного роз'їзду

Режим міського світла застосовується в міських умовах на освітлених вулицях, у яких ділянка перед автомобілем освітлюється двома адаптивними фарами дальнього світла, що створюють світловий розподіл, аналогічний режиму ближнього світла із симетричним світлорозподілом та із розширеним бічним освітленням. Це розширює зону видимості для водія з обох боків. При цьому працюють сегменти лише одного ряду.

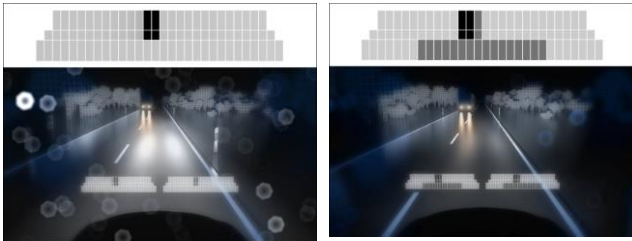
Режим зменшення відблисків – режим, у якому дальнє світло фар адаптується для зменшення відблисків (*glaring*), створюваних світлом, відбитим від інших учасників дорожнього руху, від елементів дорожньої інфраструктури (**рис. 8**), від дорожньої поверхні за несприятливих погодних умов (**рис. 9**).



а) б)

Рис. 8. Зменшення відблисків дальнього світла фар, відбитого від дорожнього знака (Mercedes-Benz MULTIBEAM LED):

а) – виявлення, та розпізнавання відблиску; б) – «приглушення» у пучку світла фар променів, що спричиняють відблиск за рахунок зменшення сили світла окремих сегментів (Mercedes-Benz MULTIBEAM LED)

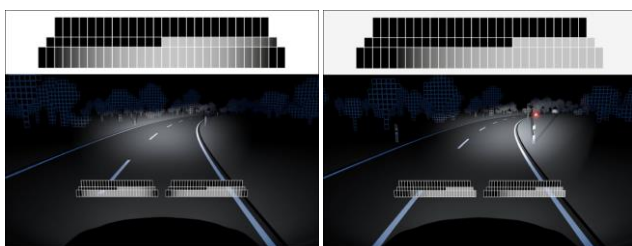


а) б)

Рис. 9. Зменшення відблисків дальнього світла фар, відбитого від мокрого дорожнього покриття (*Mercedes-Benz MULTIBEAM LED*):

а) – виявлення, розпізнання та «затінення» зустрічного автомобіля вимиканням сегментів у двох верхніх рядах матриці; б) – «приглушення» променів, що спричиняють відблиск, зменшенням сили світла від сегментів нижнього ряду матриці

Режим динамічного освітлення поворотів – режим переднього освітлення із формуванням світлових променів сегментами світлодіодної матриці, дія якого еквівалентна механічному повороту фар, і який призначений для використання в разі згинів дороги і поворотів, та визначається конкретними фотометричними приписами. Режим динамічного поворотного освітлення працює як для режиму «ближнє», так і «дальнє світло» й активується від повороту керма та увімкнення покажчика повороту (**рис. 10**).



а) б)

Рис. 10. Схеми світлорозподілу динамічного освітлення поворотів:

а) – режим не активовано; б) – режим активовано (*Mercedes-Benz, min W 222*)

Режим розширеного протитуманного світла – режим поліпшеного освітлення дороги в умовах туману, дощу, снігопаду тощо. Цей режим активується після увімкнення заднього протитуманного ліхтаря і, якщо швидкість автомобіля менша за 70 км/год, ліва фара збільшує силу світла сегментів, розташованих зліва, а права працює у штатному режимі. Це покращує освіт-

леність внутрішньої половини дороги зліва безпосередньо перед автомобілем. Ширший розподіл світла запобігає засліпленню водія світлом, розсіяним туманом. Розширений режим залишається увімкненим до швидкості 100 км/год.

Режим точкового (вибіркового) освітлення (*Spotlight*) – режим, доступний лише для автомобілів із кодом 600 із пристроєм нічного бачення. Якщо функція системи нічного бачення розпізнає у полі дії людину, тварину, учасника дорожнього руху без світлових пристроїв або відбивачів, дефект дорожнього покриття чи перешкоду, у режимі адаптивного дальнього світла автоматично вмикається режим точкового освітлення перешкоди, що дає водієві можливість завчасно це помітити.

3. Цифрова система освітлення (*Digital Light, DL*) – наступний різновид інноваційної адаптивної системи переднього освітлення, в якій застосовано джерела світла, що створюють світлові промені зі змінними характеристиками, та цифрову систему керування, яка автоматично адаптує світлові промені фар до умов дорожнього руху із вищою, ніж у інтелектуальних системах роздільною здатністю та якістю формування світлового пучка і надає водієві ряд переваг. У таких фарах застосовуються цифрові мікрооптоелектромеханічні системи (*Microoptoelectromechanical System (MOEMS)*) – мікродзеркальний пристрій із мільйонами мікроскопічних рухомих дзеркал для створення проєкційного дисплея.

У 2018 році таку технологію застосували для систем освітлення автомобілів Mercedes-Maybach S-Class. Кожна з фар проєктує на дорогу пучок світла будь-якої конфігурації із будь-яким світлорозподілом, забезпечуючи практичну відсутність засліплення як водіїв зустрічних автомобілів, так і будь-якого іншого учасника дорожнього руху. Відеокамери та системи датчиків виявляють інших учасників дорожнього руху, комп'ютери оцінюють дані та дають фарам команди для найкращої адаптації розподілу світла в будь-якій ситуації. Пучок світла кожної із таких фар складається із мільйона окремих світлових пучків і забезпечує роздільну здатність у мільйон пікселів. По суті, кожна з фар – це проєктор, що може створювати зображення високої якості та проє-

ктувати на дорогу як адаптивні дальнє чи ближнє світло, так і звичайні зображення, які допомагають водієві рухатися безпечніше.

Наприклад, система цифрового світла не тільки адаптивно освітлює дорогу, а й проєктує на дорожнє полотно відстані до автомобілів попереду, попередження про критичність відстані для поточних швидкостей руху, необхідність зниження швидкості та доцільність зміни смуги руху, необхідність зупинки перед знаками, світлофорами тощо.



Рис. 11. Робота цифрового світла (компанія Mercedes-Benz Group AG)

Система на **рис. 11** виводить таку інформацію:

- на дисплей: швидкість, положення керма, температуру, індикатор роботи адаптивного світла, графічну характеристику світлорозподілу, виявлені автомобілі із параметрами їхнього руху, попередження про критичну відстань до одного з них;

- на дорогу: проєкції відстаней і напрямків до виявлених автомобілів, попереджувальний знак про критичну відстань до одного з них та підказку про доцільність зміни смуги руху.

Під час проїзду ділянками дороги обмеженої ширини, на смугу руху проєктуються світлові лінії або прямокутник, що відповідають габаритній ширині автомобіля. Вони допомагають водієві зорієнтуватися в дорожній обстановці.

Висновки

1. Аналіз вимог до методів і засобів контролю [1, 2], показав, що для підтвердження відповідності систем переднього освітлення потрібні лабораторії та засоби для визначення відповідності фотометричних характеристик і параметрів встановлення на автомобілях та спеціальні дороги і засоби моделювання характерних ситуацій для визначення відповідності роботи цих систем у

різних задекларованих виробником режимах освітлення.

2. Аналіз вимог до методів і засобів контролю а умовах експлуатації [1, 3, 4, 5], показав, що для контролю відповідності технічного стану і роботи адаптивних систем переднього освітлення необхідні:

- діагностичні тестери виробника транспортного засобу, які доповнюють системи самодіагностування систем освітлення;
- контрольні екрани чи оптичні прилади із такими екранами (реглюскопи);
- засоби для імітації характерних ситуацій для визначення відповідності роботи цих систем у різних задекларованих виробником режимах освітлення.

3. Аналіз вимог до методів і засобів контролю [6, 7, 9], показав, що для контролю відповідності технічного стану і роботи адаптивних систем переднього освітлення чинним в Україні вимогам достатньо застосувати реглюскопи із традиційними екранами [7]:

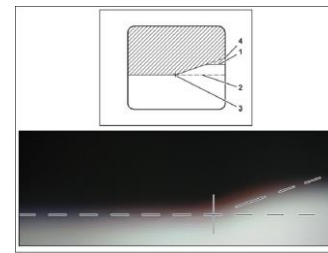


Рис. 12. Розташування світлотіньової межі статичної світлодіодної блок-фари E1 ближнього світла E1e2 Mercedes-Benz тип W 167 на контрольному екрані

4. Для контролю відповідності технічного стану і роботи систем адаптації доцільно чинні в Україні нормативні документи доопрацювати і доповнити вимогами до перевірки систем адаптації та вимогою до розташування світлотіньової межі на контрольному екрані:

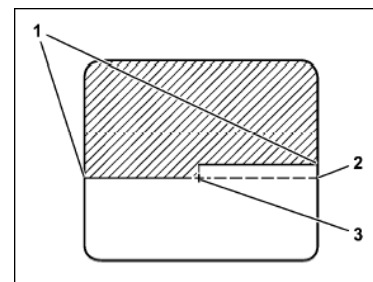


Рис. 13. Розташування світлотіньової межі на контрольному екрані блок-фари Mercedes-Benz тип W 167 із багатофункціональною динамічною фарею ближнього світла

5. Для контролю відповідності роботи всіх задекларованих виробником режимів роботи й адаптації фар та для забезпечення їхнього якісного регулювання дослідити та розробити рекомендації оснащувати СТО реглоскопами із багатоточковими датчиками сили світла в контрольних точках екрану [2, 3] або реглоскопами із CMOS-камерами [10] для оцифрування та аналізу зображень світлорозподілу, а також пристроями для перевірки, регулювання і калібрування багатофункціональних відеокамер за їхньої наявності. Виробник призначених для ринку України автомобілів марки Mercedes-Benz рекомендує застосовувати калібрувальний шаблон виробництва компанії ROMESS Rogg Apparate + Electronic GmbH & Co. KG, який слід застосовувати сумісно із реглоскопом, що має поворотний штатив на 45° або просто має такий штатив.

References

1. UNECE. (2015). Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices (UN/ECE R48) Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R048r12e.pdf>
2. UNECE. (2016). Uniform provisions concerning the approval of adaptive front-lighting systems (AFS) for motor vehicles (UN/ECE R123) Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2016/R123r2e.pdf>
3. UNECE. (2021). Uniform provisions concerning the approval of road illumination devices (lamps) and systems for power-driven vehicles (UN/ECE R149) Retrieved from <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/R149e.pdf>
4. Mercedes-Benz AG. (2017). Intelligent lighting control system: functional description (GF82.10-P-3090LFM).
5. Mercedes-Benz AG. (2017). The control unit for the front block headlight with an LED matrix: structural description (GF82.10-P-2025LF).
6. Mercedes-Benz AG. (2017). Adaptive high beam control: functional description (GF82.10-P-3091LF).
7. Mercedes-Benz AG. (2017). Checking, adjusting the headlights Mercedes-Benz typ 167 (AP82.10-P-8260Q).
8. Mercedes-Benz AG. (2016). Regulatory template (WS82.00-P-0028B).
9. ТК 80. (2010). National Standards of Ukraine. Wheeled vehicles. Requirements of the safety for the technical condition and control methods (ДСТУ 3649:2010).
10. MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG. (2014). MLT 3000. Precise measurement technology for current and future lighting systems. "Stand alone" version with PC connectivity, Haldenwang, Germany.