

СЕКЦІЯ 6

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 629.331.043.4:621.32:629.113

В.А. Герасименко, к.т.н., доцент; В.С. Ільченко; О.О. Бабич

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ

V.A. Herasymenko, Ph.D. Assoc. Prof.; V.S. Ilchenko; O.O. Babych

RESEARCH ON ADAPTIVE AUTOMOTIVE LIGHTING SYSTEMS

Адаптивні системи автомобільного освітлення розглядаються як один з ключових напрямів підвищення безпеки дорожнього руху в умовах зростання інтенсивності транспорту та поширення LED-технологій. Класичні фари з фіксованим ближнім і дальнім світлом вже не забезпечують оптимального компромісу між достатньою видимістю для водія та недопущенням засліплення зустрічного транспорту. Саме тому активно впроваджуються системи типу Adaptive Driving Beam (ADB), які здатні автоматично змінювати розподіл світла залежно від дорожньої ситуації, даних сенсорів та наявності інших учасників руху.

Суттєвий прорив у розвитку адаптивних систем пов'язаний із переходом до напівпровідникових джерел світла та високороздільних оптичних модулів. У технічних матеріалах [1] зазначається, що використання DLP-технології у фарах дозволяє формувати світловий пучок із роздільною здатністю понад 1,3 млн пікселів, що забезпечує значно точніше екранування зон, де можуть бути зустрічні водії, та одночасно підсилення освітленості в критичних ділянках дороги. Такі інноваційні системи відкривають можливості не лише для класичного ADB, але й для проєктування попереджувальних символів на дорожнє покриття, динамічного виділення розмітки чи пішохідних переходів.

З інженерної точки зору ADB розглядається як частина більш широкої концепції «динамічного переднього освітлення» (Dynamic Forward Lighting). Виробники напівпровідникових компонентів відзначають, що багатопіксельні LED-модулі та відповідні драйвери дають змогу поєднати керування ближнім/дальнім світлом, поворотом фар та адаптивним затемненням окремих зон у єдиній платформі [2]. На практиці це означає, що світловий потік постійно «підлаштовується» під реальний рух: система може утворювати динамічні «тіні» навколо інших автомобілів, але при цьому залишати дальнє світло активним для решти сцени.

Огляд сучасних рішень свідчить, що основними напрямками розвитку адаптивного освітлення є: сенсорні системи на основі камер видимого діапазону, радарів, лідарів, а також алгоритми машинного навчання, які забезпечують розпізнавання транспортних засобів, пішохідів і розмітки в реальному часі [3]. Переважаючими підходами до керування інтенсивністю світлового пучка автомобільних фар є методи керування інтенсивністю на основі машинного навчання та датчиків (див. рис. 1).

У багатьох сучасних рішеннях ADB використовується камера у верхній частині вітрового скла, яка аналізує світлову сцену попереду автомобіля, а блок керування динамічно вмикає та вимикає окремі сегменти LED-матриці. Подібний принцип, коли окремі світлодіоди вмикаються чи вимикаються незалежно для точного контролю

розподілу світла, описано, зокрема, у системах типу Adaptive High-Beam у серійних автомобілях преміум-класу.

Окремим напрямом дослідження є вимірювання та валідація характеристик ADB-фар. У матеріалах [4] наголошується, що для сучасних адаптивних фар критично важливими є просторовий розподіл яскравості, точність формування «темних» зон для захисту інших водіїв та відтворюваність результатів. Для цього застосовують високодинамічні камери та фотометричні системи, які дозволяють оцінювати тисячі точок світлового пучка одночасно та перевіряти відповідність нормативним вимогам.

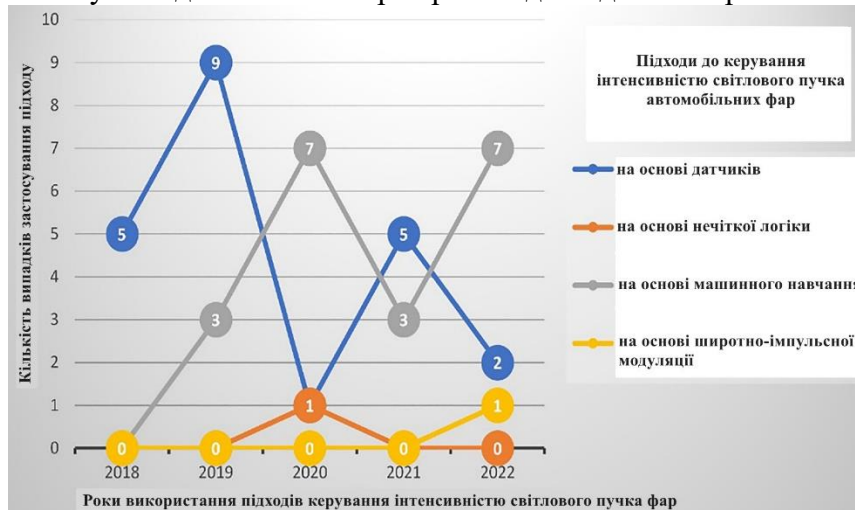


Рисунок 1. Порівняння найпоширеніших підходів до керування інтенсивністю світлового пучка автомобільних фар

Паралельно з технічним розвитком, адаптивні системи фар відображені в нормативно-правовому полі та публічних дискусіях щодо проблеми засліплення сучасними LED-фарами. Аналітичні матеріали підкреслюють, що ADB-технологія розглядається регуляторами як спосіб поєднати високу освітленість дороги з обмеженням засліплення інших учасників руху, і саме тому в низці країн були оновлені стандарти сертифікації фар для врахування специфіки ADB [5]. Це, у свою чергу, стимулює автовиробників ширше впроваджувати адаптивне освітлення навіть у масовому сегменті.

Дослідження адаптивних систем автомобільного освітлення демонструють чітку тенденцію до інтеграції оптики, електроніки та інтелектуальних алгоритмів. Огляди останніх років показують перехід від простих систем автоматичного перемикавання ближнього/дальнього світла до багатопіксельних рішень, здатних формувати просторово складний світловий малюнок у режимі реального часу. З огляду на глобальні дискусії щодо надмірної яскравості сучасних фар та зростання кількості LED-освітлення, адаптивні системи ADB можна вважати одним з найперспективніших інструментів для поєднання енергоефективності, комфорту та безпеки дорожнього руху в найближчі роки.

Література

1. Texas Instruments. Improving Visibility with DLP Headlights / Texas Instruments. – Dallas (TX) : Texas Instruments, 2020. 7 р. URL: <https://www.ti.com/lit/wp/slyy201/slyy201.pdf?ts=1764490670601> (дата звернення: 28.11.2025).

2. ams OSRAM. Dynamic forward lighting // ams-OSRAM. – URL: <https://ams-osram.com/applications/automotive-mobility/dynamic-forward-lighting> (дата звернення: 28.11.2025).
3. Nkrumah JK, Cai Y, Jafaripournimchahi A. A review of automotive intelligent and adaptive headlight beams intensity control approaches. *Advances in Mechanical Engineering*. 2024; 16(4). doi:[10.1177/16878132231220355](https://doi.org/10.1177/16878132231220355).
4. Radiant Vision Systems. Efficient & accurate measurement for ADB and advanced headlights [Electronic resource] / Radiant Vision Systems. – 2022. – URL: <https://www.radiantvisionsystems.com/blog/efficient-accurate-measurement-adb-and-advanced-headlights> (дата звернення: 28.11.2025).
5. Ansys. What are Adaptive Headlights? / Ansys. 2025 URL: <https://www.ansys.com/simulation-topics/what-are-adaptive-headlights> (дата звернення: 28.11.2025).

УДК 628.9:621.32:681.5

В.А. Герасименко, к.т.н., доцент; В.В. Субота; В.І. Слюсарєв

(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна)

ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

V.A. Herasymenko, Ph.D. Assoc. Prof.; V.V. Subota; V.I. Sliusariev

DESIGN OF AN ENERGY-EFFICIENT AUTOMATED LIGHTING CONTROL SYSTEM

Проектування енергоефективної автоматизованої системи керування освітленням є одним із ключових напрямів розвитку сучасної інфраструктури громадських, житлових та промислових будівель, оскільки дозволяє поєднати принципи енергоощадності, комфорту користувачів та цифрової трансформації міського середовища. Сучасні технології DALI-2, Bluetooth Mesh, ZigBee Light Link, а також IoT-платформи забезпечують можливість точного вимірювання параметрів освітлення, комунікацію між пристроями та оптимізацію споживання електроенергії на основі реального навантаження, добових та сезонних сценаріїв, статистики присутності людей у приміщеннях та рівня природної освітленості.

Одним із найважливіших елементів процесу проектування є створення енергоефективної архітектури освітлювальної системи, що передбачає оптимальний вибір типів світильників, драйверів, сенсорів, протоколів зв'язку та алгоритмів керування. Застосування LED-світильників із високим індексом енергоефективності, низьким коефіцієнтом пульсації та можливістю димування суттєво знижує витрати на електроенергію та обслуговування. Дослідження показують, що інтеграція датчиків присутності та денного світла з DALI-керуванням забезпечує економію від 35 % до 65 % залежно від типу приміщення [1]. Важливою складовою проектування є забезпечення нормованої якості освітлення згідно з Європейськими та національними стандартами. Зокрема, вимоги до рівня освітленості, рівномірності, показників сліпучості UGR, спектральних характеристик та показників пульсації регламентуються стандартами EN 12464-1, EN 13201, EN 62722-2-1, а також актуальною версією EPBD щодо енергоефективності будівель. Сучасні рекомендації щодо інтеграції