

# ВИПУСКНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

ТЕМА:

*«Аналіз якійсної експлуатації та функціонування систем освітлення автотранспортної техніки»*

спеціальність: *274 «Автомобільний транспорт».*

*Виконав* \_\_\_\_\_ */Сергій Миколайович Ковтуненко/*

*Керівник роботи* \_\_\_\_\_ */А.В. Веснін/*

Кривий Ріг 2024

## ЗМІСТ РОБОТИ

|   |    |
|---|----|
| ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБОТИ.....   | 6  |
| 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ<br>СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ ГОЛОВНОЇ ОПТИКИ АВТОМОБІЛІВ.....                      | 11 |
| 1.1. Призначення та світлотехнічні параметри світлових приладів.....  | 11 |
| 1.2. Джерела світла в автомобільній оптиці.....   | 13 |
| 1.3. Аналіз особливостей конструкційних рішень фар головного освітлення<br>автомобілів.....                                   | 23 |
| 1.3.1. Формування світлового пучка.....   | 23 |
| 1.3.2. Характеристики відбивачів.....   | 25 |
| 1.3.3. Конструктивні особливості та технічні рішення з забезпечення<br>розподілу дальнього та ближнього світла.....           | 25 |
| 1.4. Висновки до розділу.....   | 40 |
| 2. ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ КОМПЛЕКСУ<br>ДОСЛІДЖЕНЬ.....  | 41 |
| 2.1. Обґрунтування алгоритму досліджень.....  | 41 |
| 2.2. Теоретичний огляд існуючих методів налаштування світлового пучка в<br>фарах з європейською системою світлорозподілу..... | 45 |
| 2.3. Висновки стосовно розділу.....   | 53 |
| 3. ОПИС ПРОЦЕСУ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....  | 55 |
| 3.1. Представлення та аналіз основних технічних характеристик<br>піддослідних зразків альтернативних джерел світла.....       | 55 |
| 3.2. Дослідження відповідності світлотехнічних характеристик обраних<br>джерел світла.....                                    | 65 |
| 3.3. Висновки щодо розділу.....   | 74 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ....   | 76 |
| 4.1. Забезпечення нормативних умов освітлення в дослідницьких<br>лабораторіях.....  | 76 |
| 4.2. Питання відносно обмеження впливу шуму у дослідницьких<br>приміщеннях.....   | 79 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3. Заходи щодо забезпечення температурної відповідності і вентиляції в лабораторних приміщеннях..... | 80 |
| 4.4. Вимоги пожежної безпеки в дослідних лабораторіях та заходи щодо її забезпечення.....              | 82 |
| 5. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЩОДО РОБОТИ .....   | 85 |
| ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ ПОСИЛАННЯ.....  | 87 |

## ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Автомобільний парк нашої країни за останні роки зазнав суттєвих змін, що супроводжуються зростанням кількості імпортованих транспортних засобів. Як нові, так і вживані автомобілі мають унікальні конструктивні особливості та специфіку функціонування систем, що вимагає індивідуального підходу до їх обслуговування й ремонту. Навіть незначні несправності можуть негативно вплинути на функціональність ключових систем транспортного засобу, створюючи загрозу для безпеки учасників дорожнього руху.

Особливе значення має система освітлення та світлової сигналізації, яка виконує критично важливі функції: забезпечує видимість дороги, передає інформацію про габарити автомобіля, попереджає про наміри виконання маневру. Крім того, ця система забезпечує освітлення реєстраційних номерів, салону, багажного відділення та інших елементів автомобіля. Якість роботи освітлювальних приладів напряду впливає на безпеку водіння, особливо в умовах недостатнього освітлення.

Розрахунки показують, що при русі автомобіля зі швидкістю 90 км/год за одну секунду він долає приблизно 25 метрів. Межа світлової плями ближнього світла стандартного автомобіля становить 50-75 метрів. Відтак, на сухій дорозі за ідеальних умов водій здатний бачити ділянку шляху лише на дві секунди вперед, що є критично малим часом для реагування у разі виникнення несподіваних перешкод.

Додатковий аналіз враховує затримку реакції водія (близько 0,2 секунди) та час спрацьовування гальмівної системи (0,7-0,9 секунди). Разом це додає ще одну секунду до часу зупинки. Навіть за ідеальних умов гальмівний шлях автомобіля середнього класу зі швидкості 90 км/год може досягати 39 метрів, що у поєднанні з часом реакції залишає водієві мінімальні шанси уникнути зіткнення.

Зважаючи на всі ці фактори, стає очевидним, що технічний стан систем освітлення і сигналізації має вирішальне значення для забезпечення безпеки дорожнього руху. Аналіз і вдосконалення цих систем є важливим і актуальним завданням, яке спрямоване на зменшення ризиків аварійних ситуацій та підвищення загальної безпеки на дорогах.

### **Актуальність теми**

З часом, навіть за умови дотримання всіх правил експлуатації та регулярного технічного обслуговування, оптичні властивості автомобільних освітлювальних приладів можуть значно погіршуватися. Розсіювачі, незалежно від матеріалу виготовлення, зазнають зношування внаслідок механічного впливу твердих часток і хімічного старіння під дією ультрафіолетового випромінювання. Це призводить до утворення мікротріщин, подряпин та поступового вигорання барвників. У результаті змінюються прозорість і початковий колір розсіювачів, що негативно впливає на коефіцієнт пропускання світла.

Крім того, надмірне нагрівання або значне забруднення освітлювальних елементів, особливо за тривалого функціонування автомобіля в нерухомому стані, може призвести до деформації розсіювачів. Наявність сколів і тріщин може викривляти колір світлового сигналу, ускладнюючи сприйняття основних кольорів і посилюючи ефект осліплення. Як правило, ці зміни стають помітними через чотири-п'ять років експлуатації автомобіля, хоча в окремих випадках вони можуть проявитися й раніше. Це значно знижує ефективність роботи освітлювальних приладів, а в автомобілях, що експлуатуються понад сім років, фари часто стають настільки слабкими, що водії змушені вдаватися до різних методів покращення їх характеристик.

Серед популярних рішень власники обирають заміну ламп на ксенонові або світлодіодні джерела світла, встановлення проєкторних систем, полірування чи відновлення розсіювачів. Для деяких водіїв економічно вигідніше повністю замінити фари. Останнім часом на ринку з'явилося

багато світлодіодних ламп, які можуть бути встановлені у фари головного світла та, за заявами виробників, відповідають високим стандартам світлорозподілу.

Таким чином, дослідження параметрів світлорозподілу альтернативних джерел світла, а також доцільності їх встановлення у фари головної оптики, є надзвичайно важливим. Окрім цього, аналіз сучасних тенденцій у розвитку систем освітлення автомобілів сприятиме підвищенню компетентності фахівців у сфері автомобільного транспорту. Усе це визначає актуальність теми для проведення магістерського дослідження.

### **Мета та завдання дослідження**

Головною метою цього дослідження є оцінка відповідності параметрів світлорозподілу альтернативних джерел світла, представлених на українському ринку, а також визначення доцільності їх використання в освітлювальних приладах автомобілів, які перебувають в експлуатації. Для досягнення цієї мети передбачено виконання таких завдань:

1. Провести теоретичний аналіз конструктивних особливостей, принципів роботи та вимог до основних світлотехнічних характеристик автомобільних освітлювальних приладів.

2. Визначити перелік виробників і торгових марок альтернативних джерел світла, які мають найбільший попит і доступні на українському ринку.

3. Розробити методiku оцінки світлотехнічних параметрів альтернативних джерел світла, яка є практичною для проведення випробувань.

4. Виконати лабораторні дослідження відібраних зразків альтернативних джерел світла, систематизувати результати та оцінити їхні параметри.

5. Оцінити відповідність світлотехнічних характеристик досліджуваних джерел світла сучасним технічним стандартам світлорозподілу.

### **Об'єкт та предмет дослідження**

Об'єктом дослідження є особливості функціонування та світлотехнічні характеристики альтернативних джерел світла, встановлених у фарах головної оптики сучасних автомобілів.

Предметом дослідження виступають світлодіодні джерела світла із цоколями H4 та H7, які широко використовуються у фарах головної оптики сучасних транспортних засобів.

Для аналізу було відібрано зразки альтернативних світлодіодних джерел, які є найпоширенішими на українському ринку та підходять для встановлення у стандартні світлові пристрої автомобільного парку. Було обрано від одного до двох зразків кожного типу залежно від кількості доступних моделей, що в цілому склало 13 комплектів джерел світла від дев'яти найбільш популярних виробників.

#### **Методи дослідження**

У магістерській роботі застосовано комплексний підхід, що поєднує аналіз наукових джерел, лабораторні випробування та використання морфологічного методу, який забезпечує систематизацію та обробку отриманих даних.

#### **Новизна дослідження**

- доведено необхідність регулярних перевірок відповідності світлотехнічних параметрів освітлювальних приладів із альтернативними джерелами світла до встановлених нормативів.

- охарактеризовано світлотехнічні показники фар головної оптики автомобілів із встановленими альтернативними джерелами світла цоколів H4 та H7.

- підтверджено, що використання світлодіодних джерел світла в фарах, призначених для ламп розжарювання, не забезпечує належних технічних характеристик, щодо якісного світлорозподілу.

#### **Практичне значення отриманих результатів**

- розроблено універсальну методику для оцінки відповідності світлотехнічних параметрів альтернативних джерел світла.

- встановлено фактичні рівні освітленості контрольних зон лабораторного екрана при заміні штатних джерел світла на світлодіодні.

- доведено, що характеристики фар головного освітлення не відповідають нормативним вимогам при встановленні альтернативних джерел світла замість штатних.

- підтверджено недоцільність використання світлодіодних джерел світла в освітлювальних приладах, спроектованих для ламп розжарювання.

### **Структура магістерської роботи**

Магістерська робота обсягом 88 сторінок включає п'ять розділів, де послідовно викладено основні завдання, результати дослідження та висновки. Робота містить 43 ілюстрації, 9 таблиць, а також список літератури та інтернет посилань у кількості 25 джерел.



## 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ ГОЛОВНОЇ ОПТИКИ АВТОМОБІЛІВ

У цьому розділі досліджено основні теоретичні аспекти, пов'язані з конструктивними особливостями, принципами роботи та якістю функціонування світлових приладів, які є важливим елементом системи освітлення та сигналізації автомобіля. Система освітлення виконує низку ключових функцій: забезпечує освітлення дороги, інформує про габарити транспортного засобу та повідомляє про наміри або виконання маневрів.

Технічний стан і якість світлових приладів мають безпосередній вплив на безпеку руху, особливо в умовах обмеженої видимості чи інтенсивного трафіку. Дотримання встановлених вимог щодо рівня освітлення дорожнього полотна залишається одним із пріоритетів для забезпечення безпеки водія та інших учасників дорожнього руху.

### **1.1. Призначення та світлотехнічні параметри світлових приладів**

Більшість інформації про дорожню обстановку водій отримує через зоровий аналіз, тому якісне освітлення відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки руху. Видимість об'єктів на дорозі залежить від рівня освітлення, стану дорожнього покриття, зорових характеристик водія та параметрів самих об'єктів. Автомобільні світлові прилади мають забезпечувати оптимальну видимість та інформативність у різних умовах - від поганої погоди до темного часу доби - при цьому не створюючи дискомфорту чи засліплення для інших учасників руху.

У нічний час видимість значно знижується через нерівномірне або недостатнє освітлення, що підвищує ризик дорожньо-транспортних пригод. Здатність водія вчасно помітити об'єкти на дорозі залежить від дальності освітлення, яка визначає безпечну швидкість руху. Ефективна робота фар забезпечує таку дальність, яка перевищує гальмівний шлях автомобіля.

Система освітлення автомобіля заснована на принципах створення, розподілу та перерозподілу електромагнітного випромінювання в оптичному спектрі (з довжиною хвилі 380–760 нм). Водій сприймає це випромінювання як біле світло, що складається з різних кольорових компонентів, до яких органи зору мають вибіркочувливість. Найвища чутливість людського ока припадає на жовто-зелену область спектра (довжина хвилі 555 нм).

Автомобільні світлові прилади поділяються на освітлювальні та світлосигнальні. Освітлювальні прилади (наприклад, фари) забезпечують видимість за рахунок відбиття світлового потоку від дороги чи об'єктів, тоді як світлосигнальні прилади (наприклад, покажчики поворотів) передають інформацію через пряме сприйняття світлового випромінювання. Усі прилади перетворюють електричну енергію на світловий потік із певними характеристиками.

Основними елементами оптичної системи є лампа, відбивач і розсіювач:

1. Лампа - джерело світла.
2. Відбивач (зазвичай параболоїдної форми) - концентрує світловий потік у певному напрямку.
3. Розсіювач - перерозподіляє світло у вертикальній та горизонтальній площинах і за потреби змінює його колір.

Світлотехнічні параметри приладів включають:

- Активну поверхню відбивача та її проєкцію, що формує світловий отвір.
- Оптичну вісь, уздовж якої відбувається збір світлового потоку.
- Кути охоплення та випромінювання, які визначають концентрацію світлового потоку.
- Коефіцієнти відбиття, пропускання та поглинання, що впливають на ефективність світлового потоку.

Наявні конструкції освітлювальних приладів для підвищення ефективності освітлення постійно модернізуються й вдосконалюються з

метою підвищення безпеки руху. Наприклад, створюються фари з покращеним світлорозподілом та системи, які автоматично зменшують осліплення під час зустрічного руху. Також активно використовуються сучасні електронні технології для керування світловими пристроями, що підвищує їх функціональність та адаптивність до умов руху.

Поліпшення характеристик світлових приладів дозволяє:

- мінімізувати ризик дорожньо-транспортних пригод у нічний час;
- підвищити комфорт водіїв за рахунок зменшення осліплення;
- забезпечити стабільну роботу приладів за різних умов експлуатації.

Таким чином, якість та ефективність роботи світлових приладів головної оптики автомобіля мають важливе значення для безпеки дорожнього руху, а їх вдосконалення сприяє зниженню аварійності на дорогах.

## **1.2. Джерела світла в автомобільній оптиці**

Основними джерелами світла в оптичних приладах автомобілів залишаються електричні лампи розжарювання. Їх параметри, застосування та технічні характеристики регламентуються міжнародними стандартами, такими як ЕЕК ООН №112-00, Правило 37 ЕЕК ООН, а також ДСТУ 2023.1-88.

Основні характеристики ламп:

- Тип і категорія: визначають сферу використання лампи.
- Електричні параметри: номінальна напруга, потужність, світловий потік.
- Експлуатаційні показники: тривалість роботи, світлова віддача, механічна стійкість.
- Конструктивні особливості: геометричні розміри, тип цоколя, спосіб кріплення.

Сучасна лампа розжарювання для автомобільної техніки має у своєму складі колбу 1 (рис. 2.1), 1 чи 2 вольфрамові нитки розжарення 2 і 3, цоколя 7

з фланцем, за допомогою якого відбувається закріплення лампи та фокусування нитки розжарення на фокусній відстані оптичної системи фари що здійснює й виводів 6.

Лампи розжарювання містять вольфрамову нитку, яка під час проходження струму нагрівається до температури 2300–2700 °С, випромінюючи світло. З підвищенням температури збільшується яскравість та світлова віддача, проте надмірне нагрівання призводить до випаровування вольфраму, що скорочує термін служби лампи.

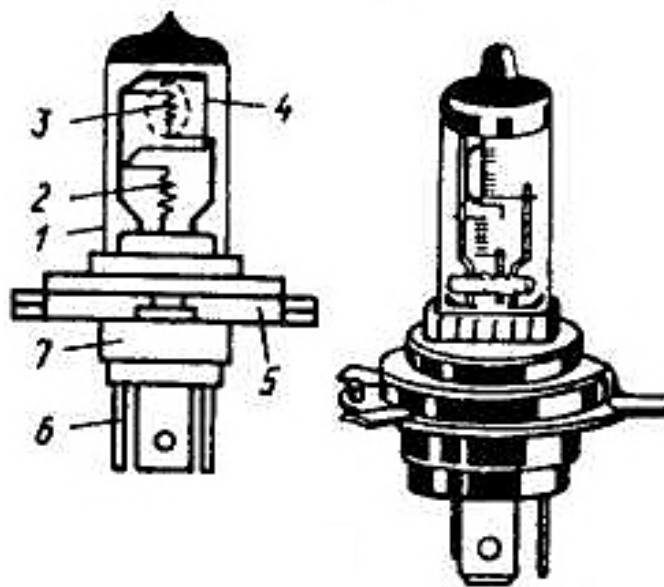


Рис. 1.1. Типовий вигляд автомобільної лампи розжарювання типу H4 для освітлювальних приладів головної оптики сучасних автомобілів:

1 – колба з кварцового скла; 2 – вольфрамова нитка, що забезпечує дальнє світло; 3 - вольфрамова нитка, що забезпечує ближнє світло; 4 – поглинаючий екран для не відбитого світла; 5 – фланець, для кріплення та фокусування ниток розжарювання; 6 – контактний роз’їм для підводу живлення; 7 – фланців цоколь для центрування лампи.

Цоколь лампи забезпечує її кріплення в патроні та передачу електричного струму до ниток. У фар головного освітлення використовуються фланцеві цоколі, які забезпечують точне позиціонування ниток щодо фокуса рефлектора. Це важливо для підтримання стабільних

світлотехнічних характеристик при заміні лампи після відпрацювання нею встановленого строку служби.

Роботу сучасної автомобільної лампи розжарювання можливо описати наступним чином - при протіканні електричного струму нитка розжарення нагрівається, і частина енергії перетворюється на видиме світло. Однак переважна більшість енергії виділяється саме у вигляді тепла. Тому й загальний ККД типової лампи розжарювання не досить високий (див рис 1.2), Для підвищення ефективності та довговічності були розроблені галогенні лампи.

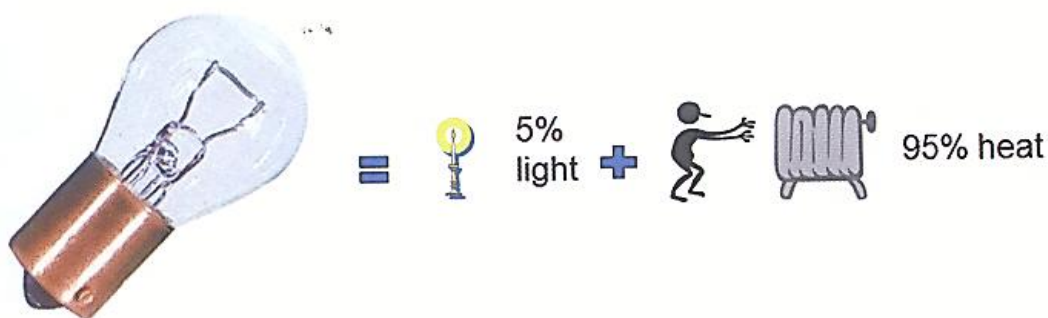


Рис. 1.2. Візуалізація перетворення електричної енергії при роботі класичної лампи розжарювання.

Для підвищення ефективності роботи ламп розжарювання спіраль має витримувати високі значні температури й, що важливо, при цьому зберігати як умова незначні розміри, для можливостей якісного фокусування. Як правило для виробництва спіралей ламп розжарювання використовують тонкий вольфрамовий дріт. Сформована спіраль під'єдується до електродів і у переважної більшості класичних ламп розжарювання має форму прямої лінії або невеликої дуги окружності. Вольфрам, з якого виготовляють спіралі має температуру плавлення  $3380^{\circ}\text{C}$ , саме цей факт дозволяє розігрівати спіраль при роботі до  $2300\text{...}2700\text{C}$  без будь яких негативних наслідків. З загального курсу фізики відомо, що збільшення температури спіралі істотно підвищує яскравість світла й, як наслідок суттєво зростає світлова віддача лампи та відповідно й фаро автомобіля. Слід розуміти, що необмежене підвищення температури спіралі, у нашому випадку понад  $2400^{\circ}\text{C}$  призводить

до прискороного випаровування вольфраму з наступним осадженням на внутрішні поверхні скляної колби. У цьому процесі є два негативних аспекти, а саме – пришвидшене вигорання спіралі розжарення та утворення темного нальоту на внутрішніх порожнинах скляної колби, усе це вкупі істотно погіршує якісні показники роботи лампи.

Що ж стосується галогенних ламп, то вони заповнюються інертними газами (аргон, ксенон) з додаванням йоду або броду. Такий склад газової суміші дозволяє зменшити випаровування вольфраму та продовжити термін служби лампи. Проте ефективність галогенних ламп залежить від точного дозування компонентів газу та стабільності робочої напруги.

Вказані технічні рішення призводять до того, що галогенні лампи, у порівнянні з класичними, мають менші розміри колби, та істотно збільшену яскравість спіралі розжарювання. Якщо розглянути механізм роботи такої лампи, то він виглядатиме наступним чином - під дією значної температури вольфрам випаровується, й окремі заряджені частки вольфраму «переміщуються» у внутрішньому просторі скляної колби. У цей момент, тобто при внутрішньому русі, вони стикаються з нейтрально зарядженими частками галогенів. Результатом цієї зустрічі є втрата заряду й після цього частинки вольфраму спрямовуються у зворотному напрямку на спіраль розжарювання. Такий лих стає можливим тільки під дією тиску газової суміші, що закачана у внутрішню порожнину скляної колби. Таким чином, за допомогою застосування галогенного циклу вдається зберігати початкову товщину спіралі та, істотно підвищити терміни напрацювання всього джерела світла. З урахування того, що вольфрам не контактує з внутрішньою поверхнею, вона тривалий час зберігається прозорою, і відповідно, фактично протягом усього терміну напрацювання не змінює своїх світлотехнічних характеристик. Слід розуміти, що застосування галогенного циклу може надати якісний ефект лише при відповідному й чіткому дозуванні йоду або броду. До того ж, використання газової галогенової суміші, фактично не дає значного підвищення загальних термінів напрацювань сучасних ламп

розжарювання, за такими технічними особливостями - вольфрам зі спіралі випаровується й накопичується на поверхні нитки розжарювання досить нерівномірно, саме це сприяє втраті початкового діаметру дроту у певних місцях й, як слідство призведе до перегорання. Підсумовуючи означене можна прийти до висновку, що головним недоліком сучасних галогенних ламп є те, що загальне напрацювання, у значній мірі, зв'язано з існуючим діапазоном робочих температур, що у свою чергу напряму залежить від напруги живлення конкретної лампи. При застосуванні недостатньої напруги значно погіршується не лише яскравість світіння, але й падають показники терміну напрацювання. Зменшення термінів напрацювання також можна побачити й при перевищенні напруги живлення. (табл. 1.1).

Після аналізу табличних даних, стає очевидним, що збільшення напруги живлення лише у межах на 5% скорочує строки напрацювання галогенної лампи на 50%. Такі показники вимагають застосування якісних регуляторів напруги генераторних установок.

В остаточному підсумку можливо зазначити – від напруги живлення, що підведена до лампи розжарення залежать світловий потік і світлова віддача джерела світла. При падінні напруги живлення у межах 50...60% лампа розжарювання фактично перестає світитися, так як спіраль не нагрівається до встановленої температури.

Таблиця 1.1

Встановлені фізичні зв'язки між напругою живлення, відносною яскравістю джерела світла й строками напрацювання сучасних ламп розжарювання.

|                              |       |       |       |      |       |       |      |
|------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| Напруга, В                   | 11,48 | 12,15 | 12,83 | 13,5 | 14,18 | 14,85 | 15,2 |
| Напруга, %                   | 85    | 90    | 95    | 100  | 105   | 110   | 120  |
| Відносна яскравість лампи, % | 53    | 67    | 83    | 100  | 120   | 145   | 200  |
| Відносний термін служби, %   | 1000  | 440   | 210   | 100  | 50    | 28    | 10   |

Окремо слід зазначити, що сучасні автомобільні лампи розжарювання повинні бути стійкими до вібрацій і механічних впливів, які постійно присутні при експлуатації транспортних засобів. Для цього застосовують доволі різні технічні рішення, але найбільш розповсюдженими є встановлення еластичної підвіски лампи або освітлювального приладу автомобіля.

Безліч конструкцій освітлювальних приладів, що застосовуються у автотранспортній техніці, зумовило необхідність створення певної уніфікації та стандартизації сучасних ламп розжарювання. Саме таке рішення дозволяє проводити безтурботну заміну джерел світла при виході їх з ладу. Тобто забезпечується певна взаємозамінність, що істотним чином спрощує процеси проведення технічного обслуговування та налаштування світлових приладів.

Для підвищення рівня уніфікації, стандартизації й скорочення номенклатури світлових приладів автомобілів різного цільового призначення випускають взаємозамінні лампи, незалежно від їх номінальної напруги (див. рис. 1.4). Характеристики світлових приладів звичайно нормують при установці в них ламп, що розраховані на номінальну напругу в 12 В. Лампи повинні витримувати можливі в системі електроустаткування автомобіля коливання напруги.

Найпоширенішими на ринку є двониткові галогенні лампи категорії Н4 (див. рис. 1.3) та одностовпкові лампи для протитуманних фар і прожекторів. Вони забезпечують високу ефективність освітлення завдяки своїм конструктивним особливостям, які відповідають стандартам і вимогам сучасної автомобільної техніки.

Одностовпкові галогенні лампи типів Н1, Н2, Н3 і Н7 широко застосовуються у протитуманних фарах, прожекторах і освітлювальних фарах для роботи. Крім того, ці лампи використовуються у системах головного освітлення з чотирма фарами. Завдяки підвищенню тиску газу та ефекту регенерації вольфраму вдалося розробити лампи з високою



яскравістю, яка залишається стабільною протягом усього терміну експлуатації.

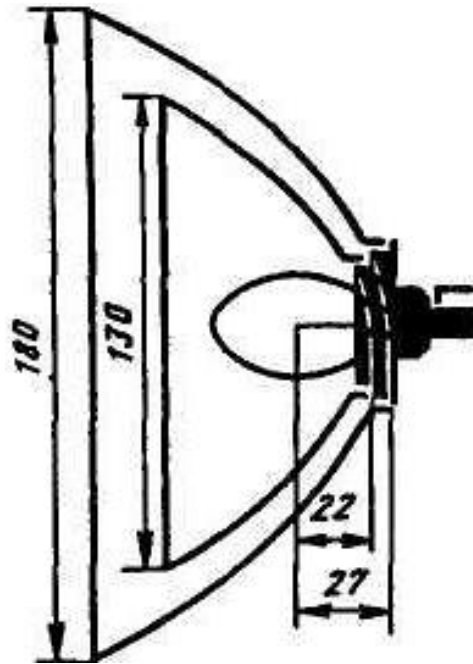


Рис. 1.3. Приклад рішення відносно позиціонування спіралей розжарення лампи категорії Н 4 у автомобільних фарах з різними фокусними відстанями.

Найбільш розповсюджені конструкційні схеми ламп розжарення, що застосовуються в приладах освітлення та світлової сигналізації сучасних автомобілів показані на рисунку 1.4.

Останнім часом, значне розповсюдження отримують інші сучасні джерела світла, а саме, так звані ксенонові лампи, випромінювання яких за спектром наближається до природного сонячного світла. Світло в ксеноновій лампі створюється дуговим розрядом між електродами в колбі, що заповнюється інертним газом, або їхню сумішей. Такі джерела світла вирізняються збільшеними термінами напрацювань, істотної стійкістю до вібрацій і високою світловіддачею, яка сягає 80 лм/Вт.

Якщо розглянути особливості роботи, то слід визначити, що при іонізації інертного газу необхідно забезпечити пробій між електродами за допомогою імпульсу напруги в межах 20 кВ. Робочий режим підтримується подачею змінного струму з напругою 330 В і частотою 300 Гц.

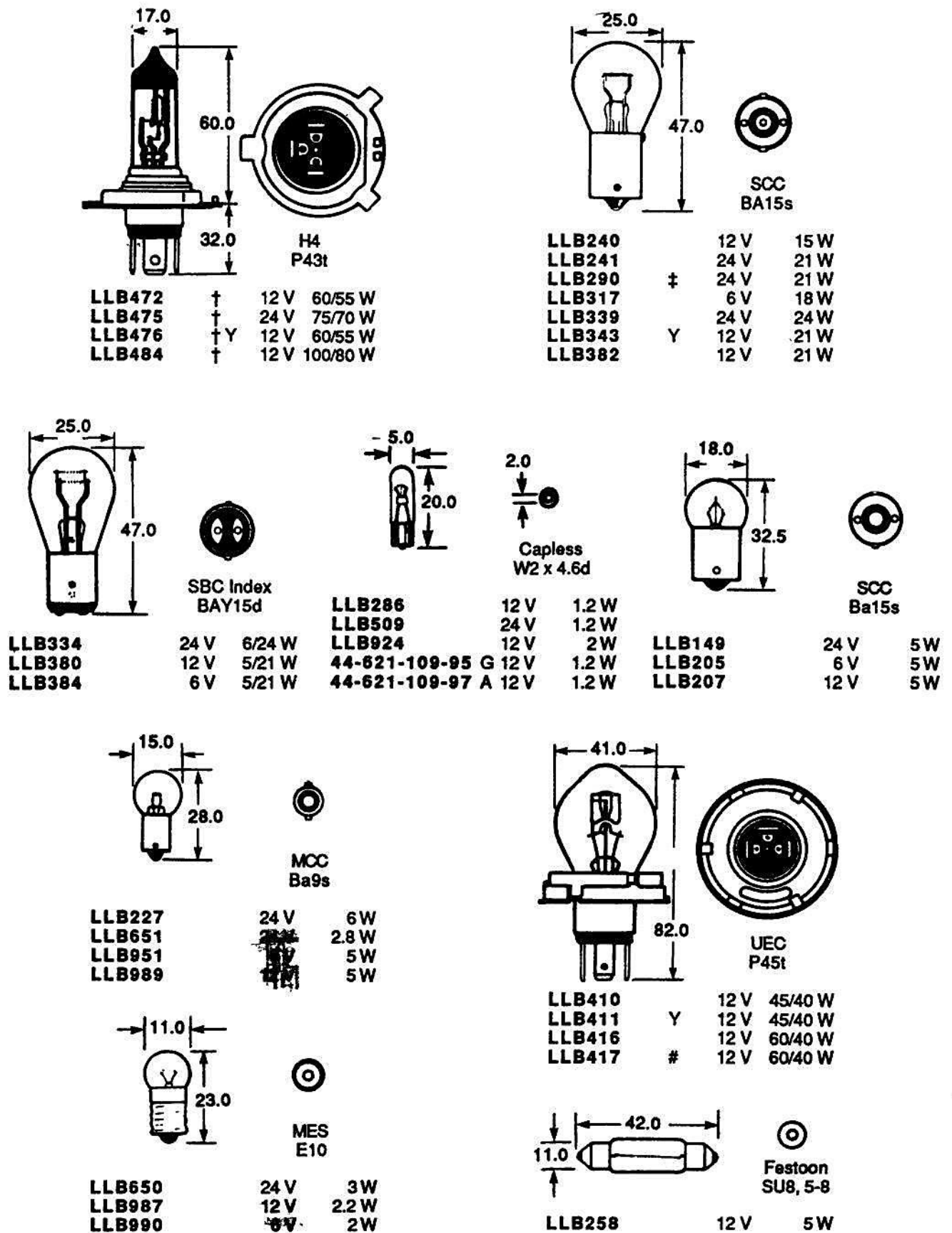


Рис. 1.4. Візуалізація типових автомобільних ламп розжарювання з різним функціональним призначенням.

Можна побачити, що ці параметри безумовно мають значення відмінні від загально прийнятих в бортової електричної мережі автомобіля. Але ці технічні виклики нині вирішуються за допомогою напівпровідникових перетворювачів. Наприклад, ксенонова лампа моделі D1 має потужність 35 Вт при приблизній масі у 15 грамів, тоді як маса типового перетворювача становить близько 200 грамів. Для повноцінної роботи фар з ксеноновим освітленням необхідно встановлювати як мінімум два комплекти перетворювачів, що істотно збільшує загальну вартість системи і робить її фактично недоступною для автомобілів низького цінового сегменту.

Розвиток мікроелектроніки у сукупності зі зміною загальної парадигми оптичних елементів сприяло створенню альтернативних джерел світла - світлодіодів, які забезпечують високу світловіддачу, мають дуже великі терміни напрацювання і є ефективними для використання в головній оптиці автомобілів. Слід відмітити, що у разі застосування матричної технології, системи освітлення можуть мати високі показники надійності - навіть у разі виходу з ладу одного або декількох елементів пристрій залишається працездатним, тобто дає можливість здійснювати освітлення чи передавати оптичні сигнали. Це є істотною відмінністю у порівнянні з лампами розжарення, які відмовляють при руйнації спіралі розжарення у наслідок її перегорання.

Сила світла та інтенсивність випромінювання світлодіодів залежать від сили струму, що проходить через них. Їх вольт-амперна характеристика аналогічна звичайним діодам з р-п переходом, що потребує ретельного вибору та стабілізації сили струму. Наприклад, для автомобільних світлодіодів сила струму в прямому напрямку зазвичай становить 80 мА, а для ультрафіолетових - близько 20 мА. Зрозуміло, що для якісного використання світлодіодних джерел світла необхідно підвищувати вимоги до якості генерації електричної енергії в сучасних автомобілях.

Окремою перевагою необхідно відмітити те, що технологія використання світлодіодів дозволяє істотно зменшити час від подання на

контакти світло діода живлення до моменту забезпечення його номінальної яскравості при порівнянні такого ж процесу з класичними лампами розжарювання. Спираючись на загальновідомі данні, можна стверджувати, що для виходу світло діода на повну яскравість, як правило достатньо 1,4 мікросекунди, тоді як лампа розжарювання досягає 75% яскравості лише через 200 мілісекунд. Це має критичне значення для сигналів гальмування, зменшуючи реакційний час водіїв і дистанцію між автомобілями.

На рис. 1.5. представлено графічну візуалізацію залежності зміни інтенсивності випромінювання при включенні світлодіодів і ламп розжарювання від часу подання напруги.



Рис. 1.5. Візуалізація виходу на номінальні параметри інтенсивності випромінювання світлодіода й лампи розжарювання від часу подання напруги.

Новітні ультраяскраві діоди розширюють можливості дизайнерів автомобілів, особливо в створенні габаритних вогнів, сигналів гальмування та показників поворотів, що додає функціональності й естетичності сучасним автомобілям. Сучасні технології виготовлення дозволяють отримувати не лише різні форми оптичних елементів, а й здійснювати низку технічних рішень для запобігання можливому осліпленню водіїв зустрічного транспорту. Як правило таке стає можливим при застосуванні мікроелектронних приладів й блоків управління головним світлом автомобіля. У разі необхідності світлодіоди можуть мати різну форму та

оптичні елементи, що забезпечують характеристики, подібні до ламп розжарювання. Таким чином, з'являється теоретична можливість їх встановлення у головну оптику автомобілів, що початково була розрахована під використання галогенних ламп розжарювання.

### **1.3. Аналіз особливостей конструкційних рішень фар головного освітлення автомобілів**

Фари головного освітлення автомобіля виконують важливу функцію забезпечення безпечного руху в умовах обмеженої видимості, зокрема в темний час доби або за несприятливих погодних умов. Їх основне завдання полягає у здійсненні створювати видимому оком водія зону, що охоплює дорогу та частину узбіччя на відстані від 50 до 250 метрів, що дає водієві змогу своєчасно оцінювати дорожню ситуацію та уникати небезпеки. Для цього транспортні засоби оснащуються фарами й прожекторами, конструкція яких забезпечує оптимальний розподіл світла.

#### **1.3.1. Формування світлового пучка**

Світловий пучок фари створюється за допомогою прожекторного або проекторного методів. Прожекторний метод є найбільш поширеним. Він базується на використанні параболоїдного відбивача, який концентрує світло від джерела і спрямовує його за допомогою розсіювача. Цей метод дозволяє створити необхідну інтенсивність та напрямок світлового потоку. Таке рішення показано на рисунку 1.6.

Для заломлення світла у фарах використовуються різні оптичні елементи, такі як циліндричні, сферичні, еліпсоїдні лінзи, а також призми. За допомогою згаданих технічних рішень забезпечується можливість зміну форми світлового пучка і його інтенсивності в різних напрямках для створення оптимальної світло-теньової межі на поверхні дороги. Щоб досягти потрібної структури пучка, розташування нитки розжарення регулюється щодо фокальної точки відбивача.

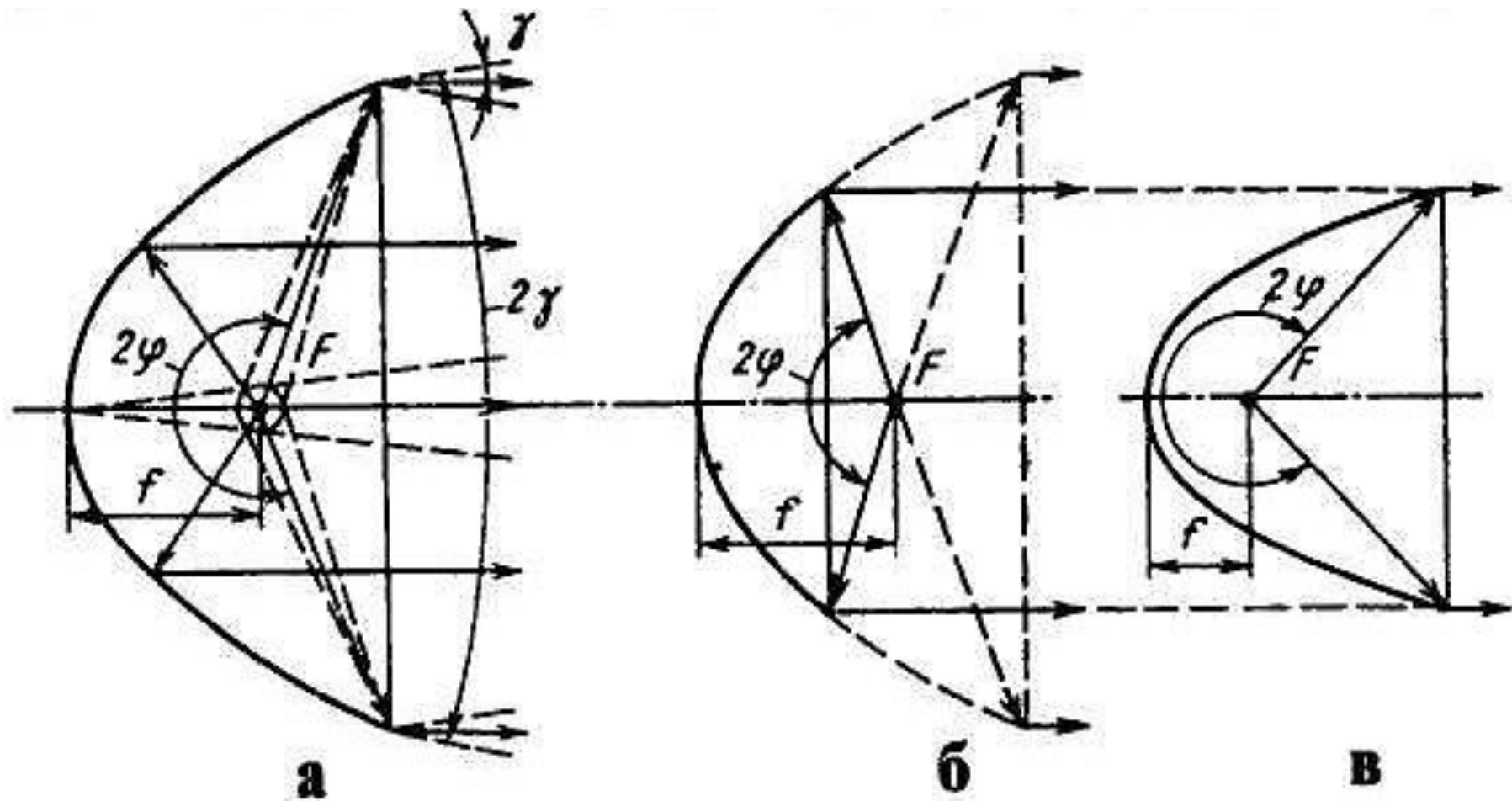


Рис. 1.6. Графічна візуалізація основних параметрів параболоїдного відбивача автомобільної фари:

а - формування світлового потоку при розташуванні спіралі розжарення у фокусі параболоїда; б - фара з неглибокою параболою; в - фара, що має глибоку параболу.

### **1.3.2. Характеристики відбивачів**

Параболоїдні відбивачі мають вирішальну роль у формуванні спрямованого світлового потоку. Якщо джерело світла розташоване у фокусі відбивача, відбиті промені формують вузький паралельний пучок. Враховуючи, що нитка розжарення має певний розмір, а геометрична форма відбивача може мати невеликі відхилення, у реальних умовах промені мають незначне розходження. Це можна побачити аналізуючи рисунок наведений вище.

Ефективність фар забезпечується збільшенням сили світла, яка досягається завдяки концентруванню променів. Наприклад, фари з параболоїдними відбивачами можуть збільшити силу світла майже у 200-400 разів, забезпечуючи освітлення на відстані навіть до 200 метрів. У той же час, частина світлового потоку, що не проходить через відбивач потрібно у будь-якому разі екранувати. Таке рішення спрямоване на неможливість здійснення засліплення інших учасників руху, які наближаються по зустрічній смузі.

### **1.3.3. Конструктивні особливості та технічні рішення з забезпечення розподілу дальнього та ближнього світла**

Захисні стекла фар виконують функцію вторинного розподілу світла. Вони мають спеціальну оптичну структуру, яка сприяє рівномірному освітленню дороги. Для створення оптимального розподілу світлового пучка використовуються вертикальні й горизонтальні лінзи, а також призми.

Для забезпечення безпечного руху в різних умовах фари оснащуються двома режимами освітлення — дальнім і ближнім світлом. Дальнє світло використовується на порожніх дорогах для максимальної видимості, а ближнє — у населених пунктах або під час зустрічного руху. Сучасні автомобілі використовують системи асиметричного розподілу світла, що дозволяє освітлювати праву сторону дороги, зменшуючи осліплення зустрічного транспорту (див. рис. 1.7).

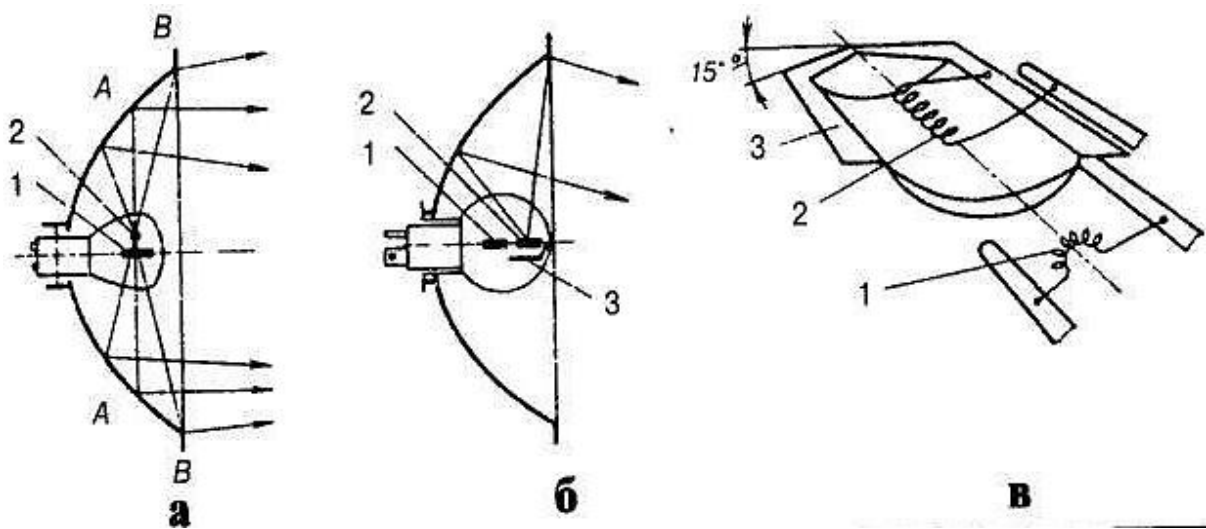


Рис. 1.7. Візуалізація особливостей будови та компонування фар головного освітлення автомобілів з американською та європейською системами світлорозподілу: а – формування світлового пучка в фарі з американською системою світлорозподілу; б – формування світлового пучка в фарі з європейською системою світлорозподілу; в – необхідність встановлення непрозорого екрану під спіраллю ближнього світла; 1 – вольфрамова спіраль, що генерує дальнє світло; 2 – вольфрамова спіраль, що генерує ближнє світло; 3 – непрозорий екран для блокування частини світла від спіралі ближнього світла.

Фари головного освітлення залишаються одним із ключових елементів забезпечення безпеки на дорогах, їх конструкція постійно вдосконалюється, адаптуючись до сучасних вимог і технологій.

Фари європейського стандарту мають специфічний розподіл світла, що сприяє підвищенню безпеки на дорозі. У цих фарах спіраль ближнього світла має циліндричну форму й розташована вище за спіраль дальнього світла, забезпечуючи освітлення прилеглих ділянок дороги перед транспортним засобом. Непрозорий екран під спіраллю ближнього світла запобігає потраплянню світла на нижню частину відбивача, створюючи так звану тіньову зону. Таке рішення, у першу частину, спрямоване на зменшення ризику засліплення водіїв зустрічних автомобілів. Крім того, сучасна конструкція екрана дозволяє збільшити освітленість правої смуги руху та



узбіччя, що є важливим для безпечного пересування в умовах обмеженої видимості.

Світлорозподіл таких фар чітко регламентований відповідними міжнародними стандартами, включаючи правила ЕЕК ООН №112-00. Світловий пучок ближнього світла має чітку границю між освітленою та затемненою зонами, що сприяє ефективному освітленню дороги й мінімізує засліплення інших учасників руху. Розсіювачі фар європейського типу меншою мірою впливають на формування світлового пучка, ніж в американських фарах, забезпечуючи кращу освітленість у режимі дальнього світла (див. рис. 1.8).

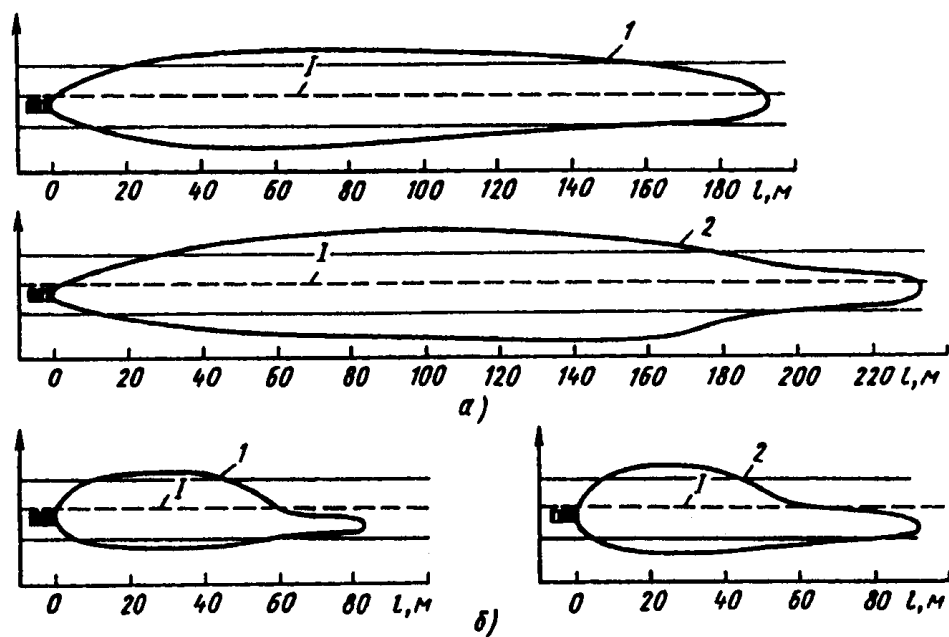


Рис. 1.8. Візуалізація вигляду світлових плям на поверхні шляху при роботі фари з європейською системою світлорозподілу:

а – світлова пляма при роботі фари на дальньому світлі; б – світлова пляма при роботі фари на ближньому світлі; 1 – світлові плями при використанні звичайної лампи розжарювання типу R2; 2 – світлові плями при використанні галогенної лампи розжарення типу H4; I – знаходження осьової лінії шляху при русі автомобіля.

На відміну від європейських фар, американська система світлорозподілу характеризується розмитим світловим пучком при застосуванні ближнього світла. Дане рішення пояснюється тим, що така форма світлового пучка створює менше подразнень для ока водія при русі по нерівній дорозі, але, слід зазначити, що такий світлорозподіл створює більший ризик засліплення для водіїв зустрічного транспорту. Незважаючи на це, обидві системи забезпечують достатню безпеку руху за умови правильного налаштування оптичних елементів і дотримання правил перемикання світла при зустрічному роз'їзді.

На сучасних автомобілях використовують дві або чотири фари, які можуть достатньо якісно працювати у режимах ближнього й дальнього світла. Як правило, при встановленні чотирифарної системи зовнішні фари забезпечують ближнє світло, а внутрішні — дальнє, але це не являється певним правилом. Окремо слід зазначити, що, при русі на заміській трасі, коли зустрічні автомобілі відсутні, увімкнення всіх фар одночасно значно підвищує освітленість дорожнього полотна, тим самим підвищуючи безпеку руху транспортного засобу.

Однією з знакових особливостей сучасних фар є використання гомофокальних відбивачів, які складаються із кількох елементів з різною фокусною відстанню. Це дозволяє досягти оптимального розподілу світла при мінімальних розмірах конструкції. Такі фари забезпечують формування світлового пучка, адаптованого для різних умов руху, та можуть якісно розміщуватися у стисненому підкапотному просторі сучасних автотранспортних засобів.

Круглі фари отримали найбільше поширення в минулому. Зокрема, моделі ФГ140 з європейською системою світлорозподілу широко використовувалися за радянських (див. рис. 1.9).

У внутрішній частині корпусу (деталь 5) розташоване опорне кільце (деталь 4), яке утримує оптичні елементи. Це кільце фіксується пружиною,

що забезпечує його притискання до корпусу. По краях кільця є пази, в які входять головки регулювальних гвинтів (деталь 3).

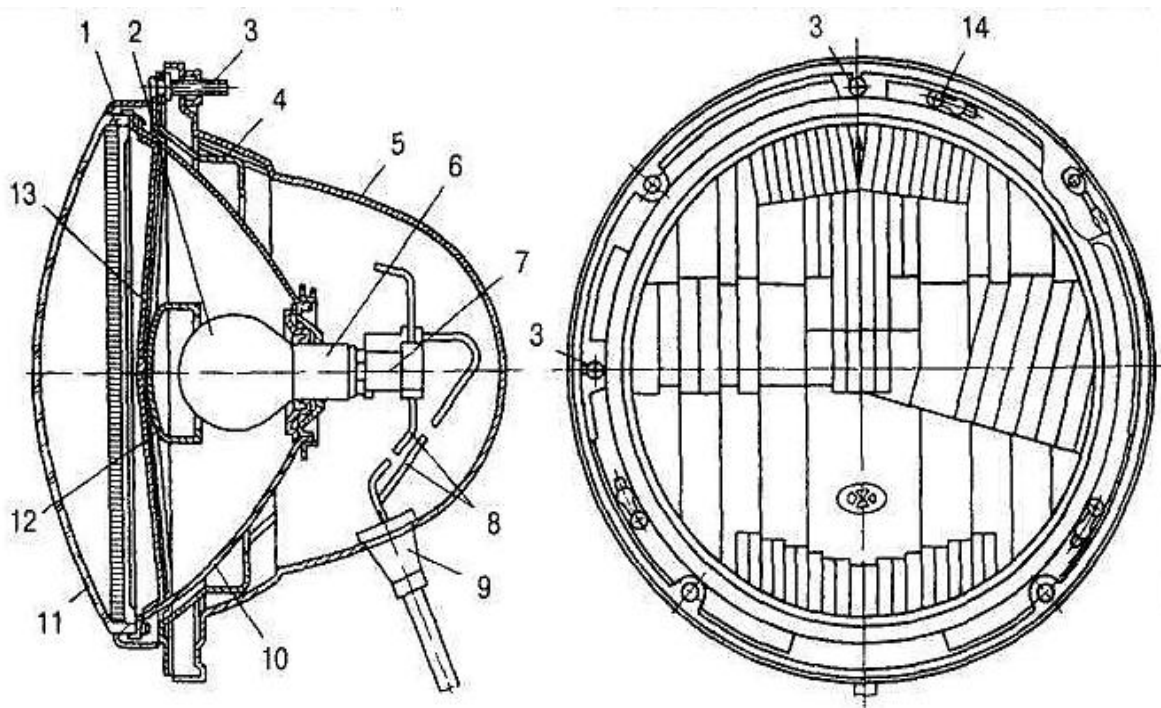


Рис. 1.9. Принципова схема конструкції фари ФГ140:

1 – металеве кільце кріплення; 2 – джерело світла; 3 – прилад у вигляді гвинта для здійснення регулювання; 4 – кільцева опорна поверхня; 5 – металевий загальний корпус; 6 – фланцеве закріплення цоколя лампи розжарювання; 7 – роз’їм для підведення живлення до лампи; 8 – електричні дроти; 9 – герметизуюча гумова втулка для утримання дротів живлення; 10 – алюмінізований, параболоїдний відбивач світла; 11- скляний лінзований розсіювач світла; 12 – екран для блокування неперетвореного світла від джерела живлення; 13 – елементи механічного утримання екрана для блокування світла; 14 – вид метизу для здійснення закріплення складових елементів фари.

Гвинти закручуються у гайки, які вживлені у корпусі, саме це дозволяє налаштовувати певним чином напрямок світлового пучка фари як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах приблизно у діапазоні кутів  $\pm 4^{\circ}30'$ . Одну зі сторін металевого кільця кріплення використовують як

привалочну площину для оптичного елемента, який закріплюється за допомогою трьох гвинтових метизів (деталь 14) та внутрішнього обідка (деталь 1). Для точного позиціонування оптичного елемента кільце оснащено трьома асиметрично розташованими отворами, саме це створює можливості, як для якісного регулювання, так і для чіткої фіксації у певному положенні.

Представлений на малюнку металоскляний оптичний елемент об'єднує в собі параболоїдний відбивач (деталь 10) з встановленою фокусною відстанню у 27 мм, розсіювач (деталь 11), приклеєний до відбивача, і джерело світла (деталь 2). Відбивач, як правило, виготовляють зі сталеві стрічки, а його відбивну алюмінізовану поверхню, після полірування покривають спеціальним лаком для захисту від окислення, впливу вологи та можливих ушкоджень, при механічних діях.

В оптичний елемент фари ФГ140 монтується двоспіральне джерело світла з уніфікованим фланцевим цоколем (тип P45t/41), таким чином, що фактично джерело світла розташовується трохи з боку вершини параболоїдного відбивача. Електричні контакти такого джерела живлення мають форму прямокутних пластин, до яких приєднується сполучна колодка (деталь 7) з електричними дротами (деталь 8) та гумовим тримачем дротів (деталь 9). Також у цей оптичний елемент, в залежності від типу виконання, можуть бути інстальовані лампи для габаритного та стоянкового світла. Для усунення прямого випромінювання джерела світла, тобто використання не перетвореного світла, задіяно непрозорий екран (деталь 12), екран фіксується механічно за допомогою тримача (деталь 13).

Що стосується більш сучасних прямокутних фар, то вони мають параболоїдний відбивач, обмежений горизонтальними площинами зверху та знизу (див. рис. 1.10) . Завдяки істотно ширшому світловому отвору в горизонтальній площині можливо домогтися поліпшеного та більш якісного освітлення дороги на великій відстані.

Розсіювач (деталь 8) прямокутної фари герметично з'єднаний із корпусом (деталь 6) за допомогою клейової прокладки або

полівінілхлоридного матеріалу, що має здатність до полімеризації. Корпус кріпиться до пластмасового кожуха (деталь 4) за допомогою гвинтових метизів.

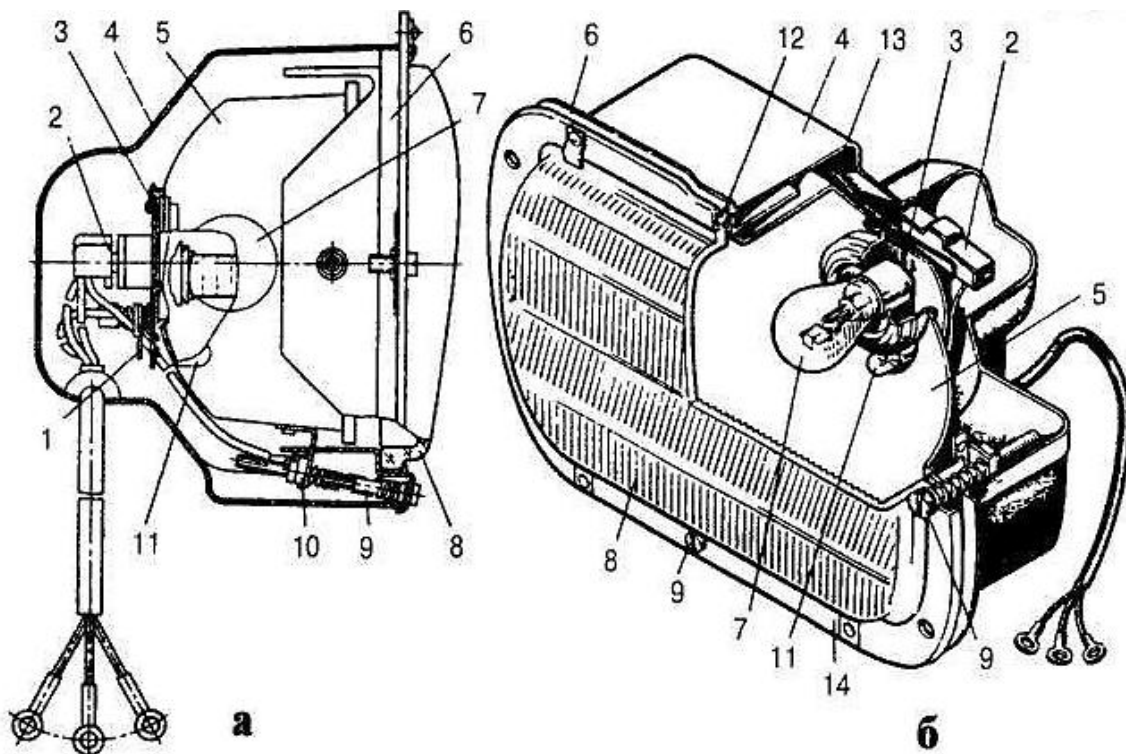


Рис. 1.10. Загальний вигляд типової автомобільної фари прямокутного типу:

а – принциповий устрій фари, б – типовий загальний вигляд, 1 – електрична пластина для поєднання живлення, 2 – електричний роз'єм у вигляді колодки, 3 - металева основа відбивача фари; 4 – пластиковий зовнішній кожух, 5 – алюмінізований прямокутний відбивач, 6 – переферична панель; 7 – двох спіральне джерело світла; 8 – скляний призматичний розсіювач; 9 – метиз загального кріплення, 10 – гайка для здійснення налаштування з пластиковою контровкою, 11 – джерело габаритного світла, 12 – герметизуючий матеріал; 13 – елемент пружинного кріплення, 14 – зовнішня рамка фіксації елементів.

Регулювання світлового пучка здійснюється через налаштувальні гвинти (деталь 9), що обладнуються пластиковими гаками (деталь 10). У відбивачі (деталь 5) фіксується двоспіральне джерело світлу типу А 12-45+40

(деталь 7), яка притискається до місця посадки (деталь 3) за допомогою пружинної засувки (деталь 13). До джерела світла підключається електричний роз'їм у вигляді колодки сполучна колодка (деталь 2) для підводу живлення за допомогою дротів.

Фари розглянутого типу, як правило оснащуються механізмом, який дозволяє якісно налаштувати нахил світлового пучка у відповідності до завантаження автомобіля. Мінімально проста конструкція являє собою ручку коректора (деталь 10), що має два положення: одне відповідає повному завантаженню, а інше — порожньому стану транспортного засобу. В більш складних варіантах конструкції дозволяється змінювати нахил світлового пучка й при частковому завантаженні автомобіля, тобто здійснювати багато східчасте регулювання. Для заміни джерела живлення в фарах розглянутої конструкції, як правило, слід знімати суцільну захисну кришку (деталь 3).

Регулювання напрямку світлового пучка в горизонтальній і вертикальній площинах здійснюється за допомогою ручок, що обертаються (деталі 9 і 11). Проведення дій спрямованих на регулювання, а саме обертання ручок налаштування нахилу світлового пучка, забезпечується з боку моторного відсіку автомобіля при відчиненому капоті.

Зрозуміло, що для поліпшення властивостей обтічності транспортного засобу, його передня частина сучасного повинна мати зменшену висоту та скошені кути (обтічні), видимі з бокового і планового вигляду. Для таких конструкцій необхідні освітлювальні прилади зниженої висоти та збільшеної ширини. Саме завдяки застосуванню такої конфігурації фари можливо домогтись більш широкого променя ближнього світла. Крім того, застосування розсіювачів із більшим кутом нахилу в двох площинах дає безліч можливостей з огляду на специфіку формування світлового пучка. До того ж, такі прилади освітлення мають бути компактними, щоб мінімізувати займаний простір у підкапотному відсіку, але дуже часто це невдається.

Саме тому останнім часом, потрібні світлотехнічні характеристики фар головного освітлення забезпечуються завдяки застосуванню принципу

гомофокальності. Він передбачає поєднання декількох усічених параболоїдних елементів із різною фокусною відстанню (наприклад, 20 і 40 мм), які мають спільну точку фокусу (див. рис. 1.11).

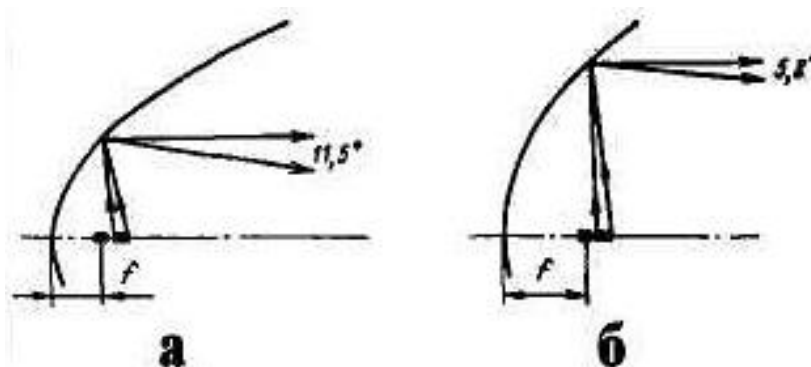


Рис. 1.11. Візуалізація розподілу променів світла від джерела розжарювання відбивачем, що має різні фокусні відстані: а – фокусна відстань=20 мм; б - фокусна відстань =40 мм.

Цей підхід дозволяє досягти бажаного ефекту завдяки тому, що світловий потік від джерела, яке знаходиться у відносно розфокусованому положенні (наприклад, тіла розжарення), відбивається від різних зон відбивача по-різному, залежно від їхньої фокусної відстані. Саме тому, у кінцевому підсумку, можна отримати рівномірний розподіл інтенсивності світла по світлій вальній частині дорожнього полотна.

На відміну від попередньо розглянутого технічного рішення, гомофокальний відбивач (див. рис. 1.12) складається з окремих секторів, кожен із яких має різну фокусну відстань. Застосування конструкції, що підлягає аналізу, дозволяє створити оптимальний розподіл світла для режимів ближнього і дальнього освітлення, при збереженні компактних розмірів та ефективної структури розсіювача фари. Це стає можливим тому, що світловий потік у зазначених режимах формується насамперед лише відбивачем, а саме це зводить до мінімуму необхідність додаткового коригування.

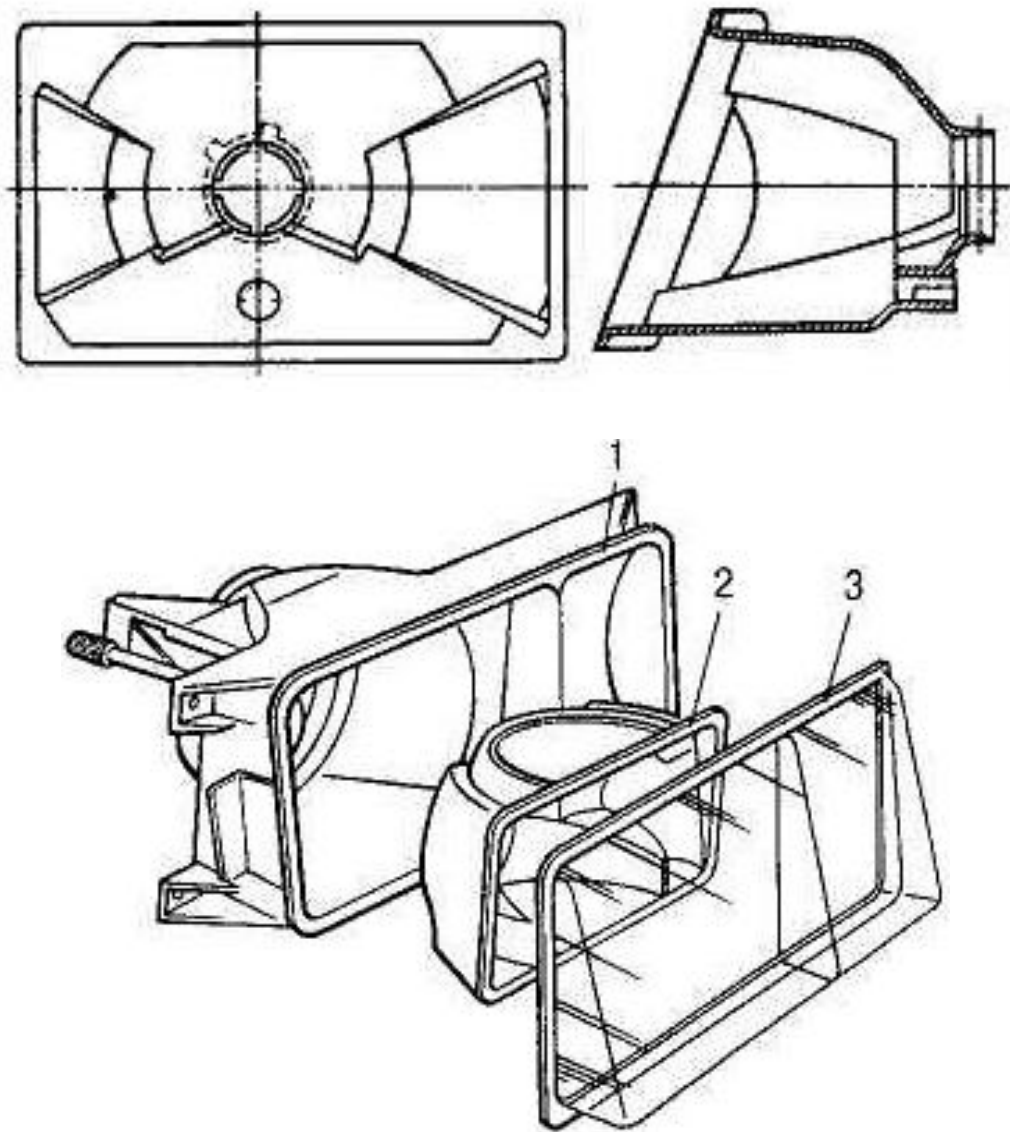


Рис. 1.12. Візуалізація типової конструкції гомофокального відбивача освітлювального приладу автомобіля:

1 – загальний корпус світлотехнічного пристрою ; 2 – відбивач гомофокальної конструкції; 3 – пластиковий розсіювач без оптичних лінз та призм.

У більшості випадках, при виготовленні відбивачів зі складним профілем, які застосовуються в гомофокальних фарах, використовують пластмаси. При цьому обов'язково враховують їх термостійкість. Це дозволяє згаданим фарах тривалий час здійснювати якісний розподіл світлового потоку від галогенного джерела світла, не зважаючи на їх суттєвий тепловий вплив.



Уважно аналізуючи конструкцію гомофокальної фари, що показана на малюнку, можна дійти висновку, а саме – завдяки об'єднанню окремих зон відбивачів у єдиному модулі вдалося зменшити глибину її, що спрощує виділення місця та монтаж фари в підкапотному просторі транспортного засобу. Крім того, це рішення дозволило збільшити співвідношення ширини фари до її висоти, а це, як згадувалось вище, відповідає сучасним вимогам до дизайну та аеродинаміки автомобілів.

Сьогодні в Україні значна частина автомобілів, що перебувають в експлуатації, оснащена двома прямокутними або еліпсоподібними фарами, розташованими на лівому та правому бортах транспортного засобу. Для цих фар застосовуються галогенні джерела світла категорії Н4. Зрозуміло, що конструкція передбачає можливість регулювання напрямку світлового пучка за допомогою повороту відбивача (деталь 3, див. рис. 1.13) у вертикальній і горизонтальній площинах.

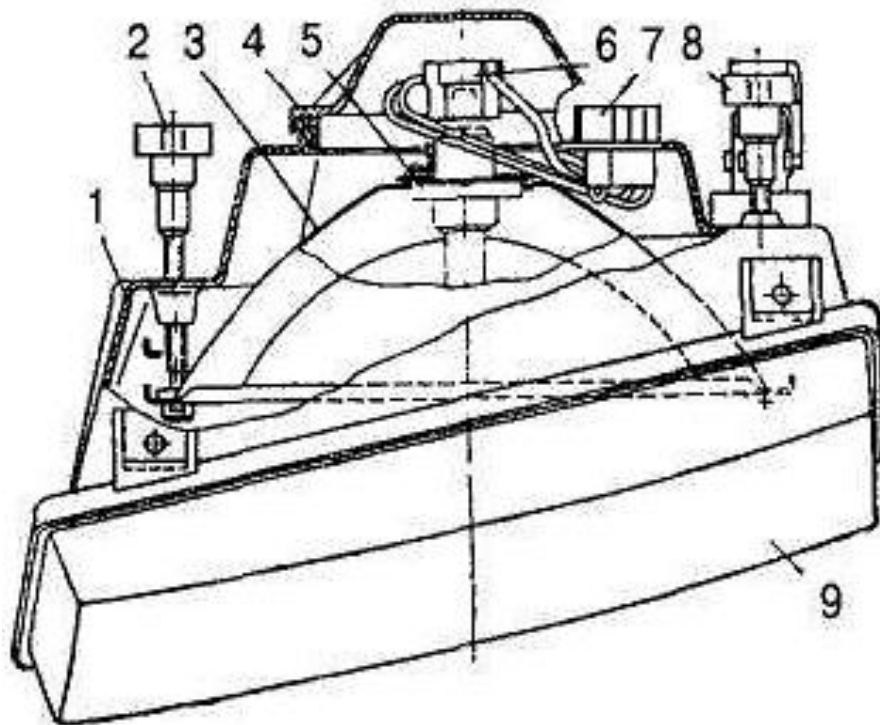


Рис. 1.13. Загальний вигляд типової сучасної прямокутної фари під використання джерел світлу категорії Н4.

1 – загальний корпус освітлювального приладу; 2 - гвинт для налаштування світлового пучка в горизонтальній площині; 3 –

алюмінізований відбивач світлового приладу; 4 – пластиковий ковпак для загального захисту; 5 – джерело світла; 6 – електричний роз’єм для підведення електричного живлення; 7 – пластикова колодка; 8 – гвинт для налаштування світлового пучка у вертикальній площині; 9 – пластиковий розсіювач без оптичних лінз та призм.

Для здійснення налаштування слід задіяти регулювальні гвинти, які показані на малюнку (деталі 2 і 8). Конструкція фари передбачає можливість зміни кута нахилу світлового пучка вниз або наверх в залежності від завантаження автомобіля. При повному навантаженні для коригування нахилу слід повернути додатковий гвинт для налаштування, який розташований на корпусі фари (деталь 1) до упору вправо. Для дистанційного регулювання кута нахилу з місця водія необхідно застосувати коректор з гідравлічним приводом. Згаданий механізм складається з робочого і виконавчого гідроциліндрів, між собою циліндри з’єднані за допомогою трубок, які заповнено рідиною, що має стійкість до низьких температур.

Алюмінізований відбивач у освітлювальному приладі, що розглядається, складається з двох сегментів, фокальні точки яких розташовані по різні сторони від спіралі розжарення джерела світла. Лінія розділу між цими сегментами (див. рис. 1.14) відповідає формі, що відтворює світлотіньову межу асиметричного розподілу ближнього світла.

Розсіювачі, які використовуються в освітлювальних системах із розділеними режимами роботи, мають відносно просту структуру, яка не суттєво заломлює світловий потік. Саме комплекс перелічених рішень забезпечує ефективну роботу системи при збереженні високої точності світлорозподілу.

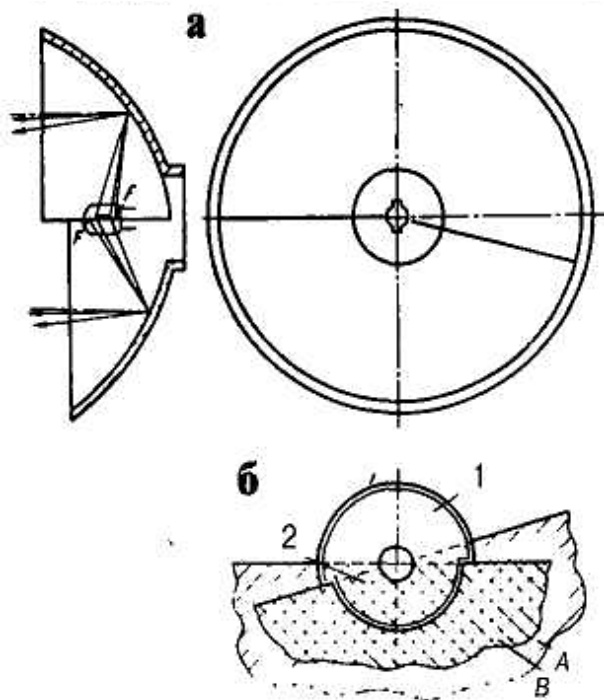


Рис. 1.14. Візуалізація особливостей формування світлового пучка ближнього світла біфокальним відбивачем:

а – спрощена схема функціонування; б – формування світлового пучка відповідно до зон розподілення; 1,2- відповідно задіяні частини (верхня, нижня) відбивача; А, В - зони світлорозподілу, що створені відповідно верхньою й нижньою частинами відбивача

Блок-фара, що зображена на рис. 1.15, має конструкцію, яка загальною подібна до конструкції світлового приладу наведеної на рис. 1.13. Розсіювач (деталь 6) механічно кріпиться на пластмасовому корпусі (деталь 7) при застосуванні сучасних епоксидних полімерів, а задня частина фари закрита пластиковим кожухом (деталь 1). Всередині корпусу розміщено алюмінізований відбивач (деталь 5). Підключення проводів, що надають живлення джерелу світла (деталі 2 і 3) здійснюється через колодку (деталь 9), яка утримується у фланці за допомогою пружинного фіксатора (деталь 10). Можливості налаштування напрямку світлового пучка у вертикальній та горизонтальній площинах підтримуються завдяки використанню у конструкції регулювальних гвинтів (деталі 9 і 4).

Останнім часом у конструкції приладів освітлення автомобілів деяких виробників активно використовується проєкторний принцип формування світлорозподілу, що реалізується через проєкційну оптику із застосуванням конденсаторної лінзи. Цей метод однак не є революційним, хоч й дозволяє отримати певні переваги при застосуванні згаданої конструкції. Така система побудована на основі світлооптичного модуля з еліпсоїдним відбивачем (деталь 1, див. рис. 1.16). Джерело світла разом зі спіраллю розжарення, розміщується у передньому фокусі  $F_1$  утвореного еліпсоїда.

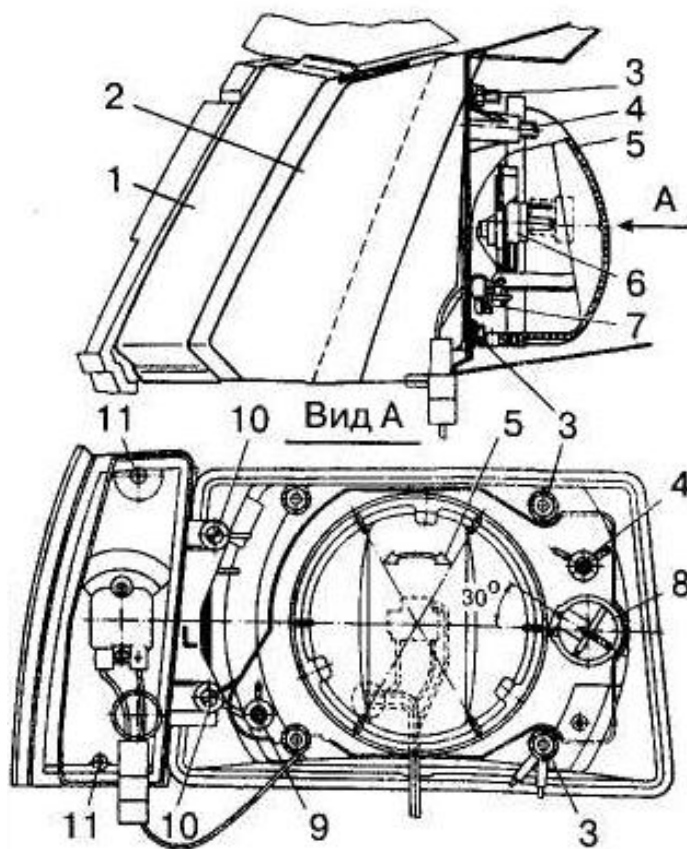


Рис. 1.15. Сучасне виконання блоку освітлювальних приладів головної оптики автомобіля.

1 – фара головного світла (ближнє, дальнє); 2 – прилад вказівника повороту; 3 – елемент здійснюючий кріплення фари; 4 – гвинт для налаштування світлового потоку у вертикальній площині; 5 – байнетна кришка для можливості заміни джерела світла ; 6 – джерело світла фари; 7 – джерело світла габаритного вогню; 8 – місце для встановлення коректору зміни світлового пучка в залежності від завантаженості транспортного

засобу; 9 - гвинт для налаштування світлового потоку в горизонтальній площині; 10 – метизи, що здійснюють фіксацію вказівника повороту; 11 – гвинти для фіксації пластикового розсіювача вказівника повороту.

Після відбиття від еліпсоїдного відбивача світловий пучок фокусується у зоні другого фокуса  $F_2$ , утворюючи відносно невелику ділянку з високим фокусуванням світлового потоку. Саме на цій ділянці встановлюється непрозорий екран, форма якого відповідає світлотіньовій межі заданого режиму освітлення. Для ближнього світла головних фар екран має ламану межу, а для протитуманних фар - прямокутну. Що відповідає технічним умовам на утворення світлотіньової границі в фарах з європейською системою світлорозподілу

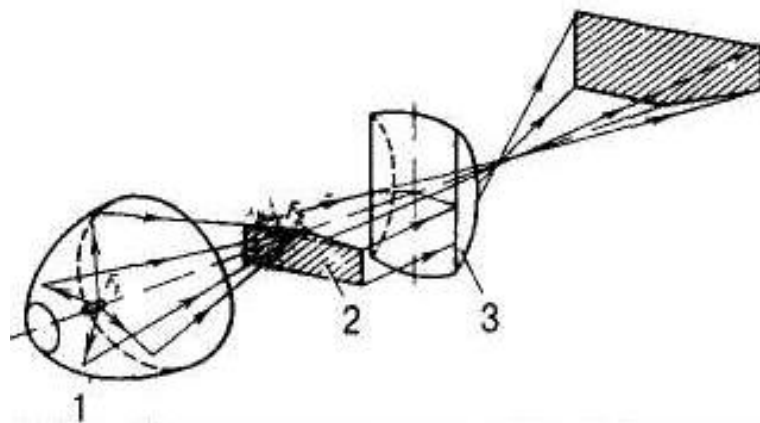


Рис. 1.16. Візуалізація утворення світлового потоку ближнього світла фар за допомогою системи головного освітлення з еліпсоїдним відбивачем:

1 – алюмінізований відбивач; 2 – непрозорий екран; 3 – оптична збільшувача конденсаторна лінза.

Потік світла від спіралі розжарювання, сформований у площині екрана, проектується на дорожнє покриття за допомогою конденсаторної лінзи. Таким чином, можемо бачити, що фокусна точка  $F_3$  цієї лінзи збігається з другим фокусом еліпсоїдного відбивача, забезпечуючи дуже точний і максимально ефективний розподіл отриманого світлового потоку.

Основними перевагами застосування проекторного методу світлорозподілу з застосуванням якісних конденсаційних лінз є висока чіткість меж світлового потоку та фактично безмежна можливість застосування більш потужніших джерел світла без ризику засліплення водіїв транспортних засобів, що рухаються по зустрічній смузі.

#### **1.4. Висновки до розділу.**

Після здійснення всебічного теоретичного аналізу важливості ефективної роботи систем головного освітлення та світлової сигналізації, а також огляду основних конструкцій, принципів роботи та головних світлотехнічних характеристик освітлювальних приладів сучасних транспортних засобів, можна зробити висновок, що проведення досліджень будь якого характеру, відносно визначення параметрів якісного освітлення джерел світла головної оптики автомобілів, особливо у випадку їх оснащення альтернативними джерелами світла збільшеної потужності, є надзвичайно актуальним питанням з огляду на забезпечення безпеки руху при недостатній видимості.

## 2. ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ КОМПЛЕКСУ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Обґрунтування алгоритму досліджень

Світлові прилади сучасних транспортних засобів в один й той самий час, повинні задовольняти двом максимально суперечливим вимогам: якісно освітлювати дорогу перед автомобілем та в жодному разі не створювати засліпчої дії на водіїв транспортних засобів що рухаються у зустрічному напрямку. Осліплення світлом фар водіїв зустрічних автомобілів є достатньо суттєвою проблемою, безпосередньо пов'язаною із забезпеченням безпеки руху. Так як навіть незначна за часом, втрата візуальних орієнтирів для водія може перейти у фатальну помилку в керуванні автомобілем. Тому для оцінки доцільності використання альтернативних джерел світла в автомобільних фарах, розроблених під лампи розжарювання, важливо перевірити їхню відповідність встановленим світлотехнічним стандартам. Якщо параметри світлорозподілу не відповідають нормам, використання такого джерела світла є недопустимим.

З проведеного аналізу технічної документації та загальної будови світлових приладів, можна дійти висновку, що сучасні автомобілі обладнають приладами головного освітлення з асиметричним світлорозподілом ближнього світла, тобто відносно повздовжньої вісі автомобіля світловий пучок розподіляється суттєво не симетрично. Такий асиметричний світловий пучок формується для забезпечення максимальної ефективності освітленість тієї сторони дороги, по якій рухається автомобіль, і зменшення ефекту осліплення водіїв зустрічного транспорту.

Дальнє світло використовується в умовах відсутності зустрічного руху, забезпечуючи максимально яскраве освітлення дороги. Також слід зазначити, що згідно з правилами дорожнього руху ближнє світло повинно забезпечувати освітлення дороги перед автомобілем при русі у населених пунктах або при роз'їзді із зустрічною автотранспортною технікою на шосе.

Застосування ближнього світла у зазначених режимах руху автомобіля, знижує можливе осліплення учасників дорожнього руху при забезпеченні достатнього рівня освітленості дороги й правої сторони узбіччя для безпечного руху.

Для створення ближнього і дальнього світла в конструкції фар використовуються дві основні системи: гомофокальні (з двома окремими джерелами світла) та біфокальні (з одним джерелом світла та двома спіралями розжарювання).

Зрозуміло, що при здійсненні комплексу досліджень слід враховувати особливості саме європейської системи світло розподілення, тому, слід зосередити інформацію щодо певних конструкційних та технічних рішень, а також проаналізувати та систематизувати головні вимоги відносно концентрації світлового пучка у певних точках на поверхні дороги.

Саме тому усі дослідження, що описані в даній роботі спрямовані на дотриманні європейських стандартів світлорозподілу, адже використання американської системи на українських дорогах заборонено. У європейських системах освітлення спіраль розжарювання джерела світла циліндричної форми та розташована трохи вище та попереду відносно спіралі розжарювання дальнього світла (див. рис. 2.1).

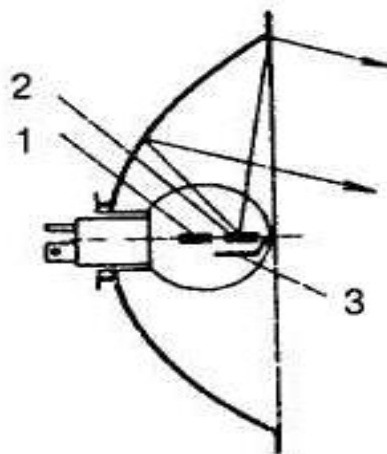


Рис. 2.1. Візуалізація утворення променів ближнього світла у біфокальній фарі з європейською системою світлорозподілу:



1 – спіраль розжарювання дальнього світла фари; 2 - спіраль розжарювання ближнього світла фари; 3 – непрозорий екран для блокування променів неперетвореного світла.

Таке розташування дозволяє променям відбиватися таким чином, щоб освітлювати тільки дорогу перед автомобілем, залишаючи очі водіїв зустрічного транспорту у відносній тіні.

Додатково використовується непрозорий екран, що запобігає попаданню не перетвореного світла від спіралі на нижню частину відбивача. Як зазначалось раніше, ліва частина екрану має нахил  $15^\circ$ , це забезпечується за допомогою групи лінз розташованих на відбивачі, таке рішення спрямоване на підвищення освітленості правої сторони дороги та відповідно правого узбіччя.

Спіраль розжарювання дальнього світла розташовується у фокусі відбивача, створюючи при цьому відносно вузький світловий пучок із мінімальним кутом розсіювання. Це забезпечується завдяки компактній спіралі розжарювання, яка зорієнтована у горизонтальній площині (див. рис. 2.2).

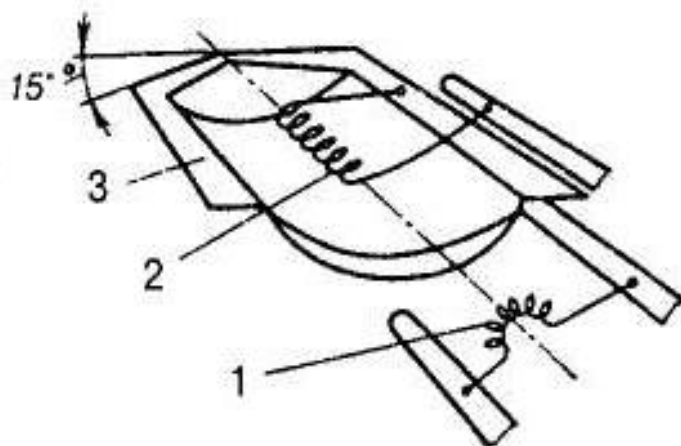


Рис. 2.2. Візуалізація доцільності застосування непрозорого екрану під спіраллю розжарювання ближнього світла в освітлювальних приладах з європейською системою світлорозподілу.

1 – спіраль розжарення дальнього світла; 2 - спіраль розжарення ближнього світла; 3 – непрозорий екран.

Європейські фари ближнього світла формують чітку світлотіньову межу, яка відокремлює освітлену зону від зони без засліплення. Для освітлювальних приладів, розрахованих на правобічний рух, ця межа на вертикальному екрані має горизонтальну ділянку з лівого боку і нахилена під кутом  $15^\circ$  з правого.

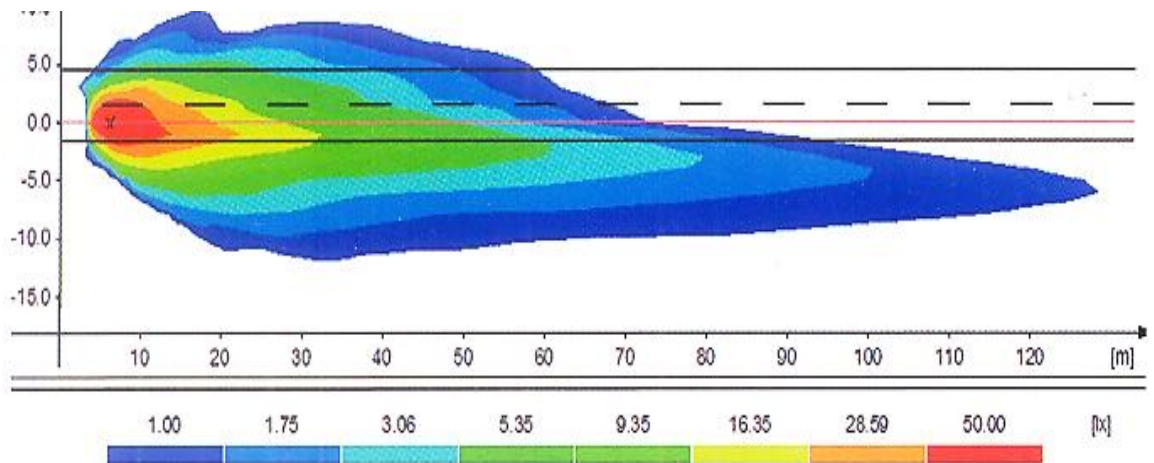


Рис. 2.3. Візуалізація розташування світлотіньових меж за інтенсивністю освітлення, при роботі освітлювальних приладів автомобілів з європейською системою світлорозподілу.

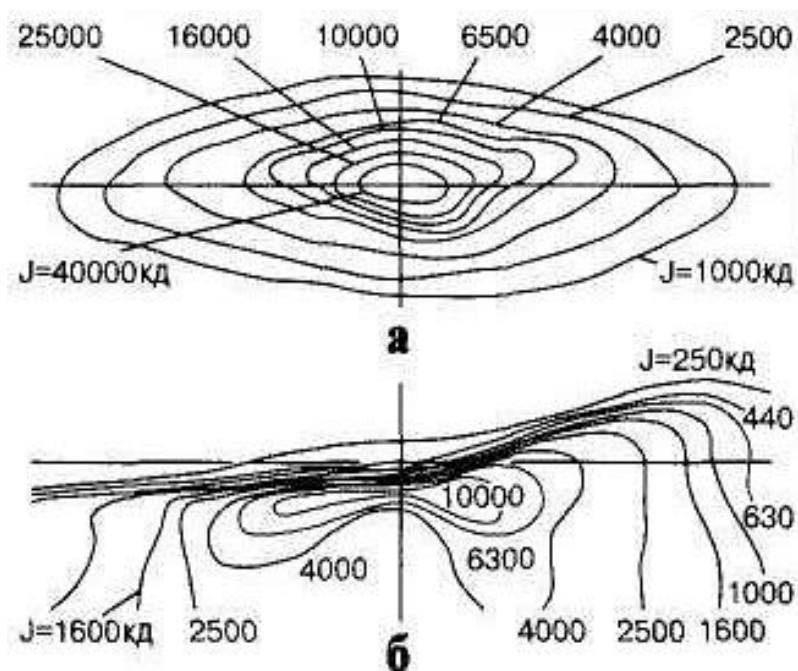


Рис. 2.4. Візуалізація інтенсивності освітлення на вертикальному екрані при роботі освітлювальних приладів з європейською системою світло

розподілення. а – параметри освітлювальності для дальнього світла; б - параметри освітлювальності для ближнього світла.

У європейській системі велика частина розсіювача нижньої половини освітлювального приладу використовується для дальнього світла, що значно покращує його характеристики. У той же час, світлорозподіл ближнього світла суворо регламентується вимірюванням освітленості в контрольних точках, таких як:

- B50L (очі водія зустрічного транспорту на відстані 50 м),
- 75R (освітлення узбіччя на 75 м),
- 50R (освітлення узбіччя на 50 м),
- 50V (освітлення дороги на 50 м).

Візуалізація вказаних контрольних точок представлена на рисунку 2.5.



Рис. 2.5. Візуалізація розташування контрольних точок для визначення освітленості європейської системи світлорозподілу на ближньому світлі.

Ці характеристики забезпечують оптимальне освітлення дороги при мінімальному впливі на зустрічний транспорт.

## **2.2. Теоретичний огляд існуючих методів налаштування світлового пучка в фарах з європейською системою світлорозподілу**

Світловий потік освітлювального приладу у двофарній системі з європейським асиметричним світлорозподілом повинен проходити регулювання на спеціальному обладнаному посту, з встановленим вертикальним екраном із відповідною розміткою. Описаний пост для налаштування повинен мати горизонтальну площину для вірного встановлення автомобіля у правильному положенні відносно екрана, який, як правило, має вигляд стіни з нанесеними горизонтальними та вертикальними лініями розмітки. Поверхня екрана має розташовуватися строго перпендикулярно до робочої площини, на яку встановлено автомобіль, та знаходитися на відстані не менше ніж 5 метрів від неї. У практиці зазвичай використовують відстань 5 або 10 метрів. Розміщення автомобіля у такому діапазоні відстаней дає можливість якісно провести налаштування та оцінити можливі зони засліплення зустрічних водіїв.

Регулювання освітлювальних приладів здійснюється за участі водія який знаходиться в салоні легкового автомобіля та номінального навантаження автомобіля, або іншого транспортного засобу з масою до 2 тонн. Для вимірювання сили та інтенсивності світла такі пости також можуть бути додатково оснащені сучасними спеціалізованими пристроями.

Для більш повного розуміння особливостей процесу налаштування й контролю основних параметрів слід розглянути класичний екран більш детально (див. рис. 2.6) Основні розмітки екрана включають горизонтальну лінію НН, яка розташовується на рівні фокальних точок світлових приладів і служить початковим орієнтиром для налаштування світлового потоку. Лінія ББ, що відповідає горизонтальній ділянці зони, освітленої ближнім світлом, розташовується нижче НН на певній відстані. Похилі лінії світлотіньової межі починаються у точках перетину лінії НН із вертикалями, які відповідають центрам фар, і спрямовані під кутом  $15^\circ$ . Завдання при налаштуванні полягає у проведенні зіставлення границь світлового пучка від освітлювального приладу з певними лініями розмітки на екрані.

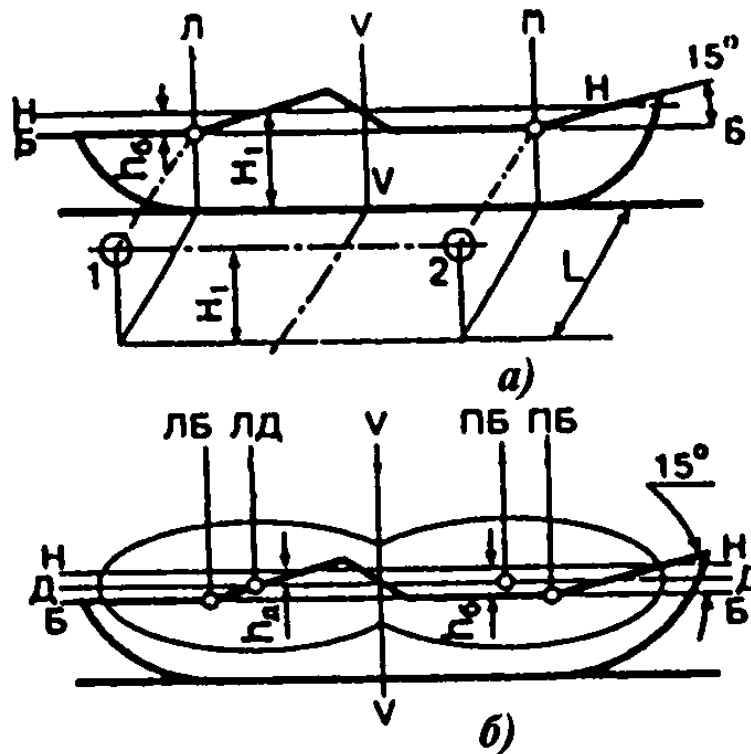


Рис. 2.6. Приклад типової розмітки вертикального екрану для здійснення налаштування освітлювальних приладів автомобілів:

а – візуалізація світлових пучків при налаштуванні двохфарної системи з європейським асиметричним світлом; б - візуалізація світлових пучків при налаштуванні чотирехфарної системи з європейським асиметричним світлом; 1 – лівий освітлювальний прилад автомобіля; 2 – правий освітлювальний прилад автомобіля.

При проведенні процедури налаштування світла ближніх фар використовуються спеціальні налаштувальні гвинти або ручки. Світловий потік налаштовується та зіставляється таким чином, щоб межі освітленої та неосвітленої зон збігалися з розміткою на екрані. Як правило цього можна домогтися за кілька прийомів налаштування, тобто по черзі вирівнюючи вертикальну та горизонтальну площини. У чотирьохфарній системі до розмітки існуючої слід ввести додаткові лінії горизонту та вертикалі для здійснення якісного налаштування внутрішніх і зовнішніх фар. Відповідність досягнутого результату перевіряється якістю зіставлення освітлювальних зон та ліній розмітки та характерним виглядом світлових плям на екрані.

Останнім часом з'являються більш сучасні прилади для здійсненні описаних процесів налаштування. Так, з метою підвищення точності та зручності регулювання були розроблені оптичні прилади, що мають назву – реглоскопи. Згадані пристрої мають вбудовану оптичну систему, та можуть використовувати для функціонування механічні, нівелірні, променеві чи дзеркальні принципи роботи. Одним із розповсюджених приладів, що зустрічаються у сучасних автомайстернях є реглоскоп К-303 (див. рис. 2.7), який дозволяє якісно налаштовувати прилади головної оптики автомобілів навіть на звичайних горизонтальних майданчиках, або безпосередньо у ремонтних майстернях.

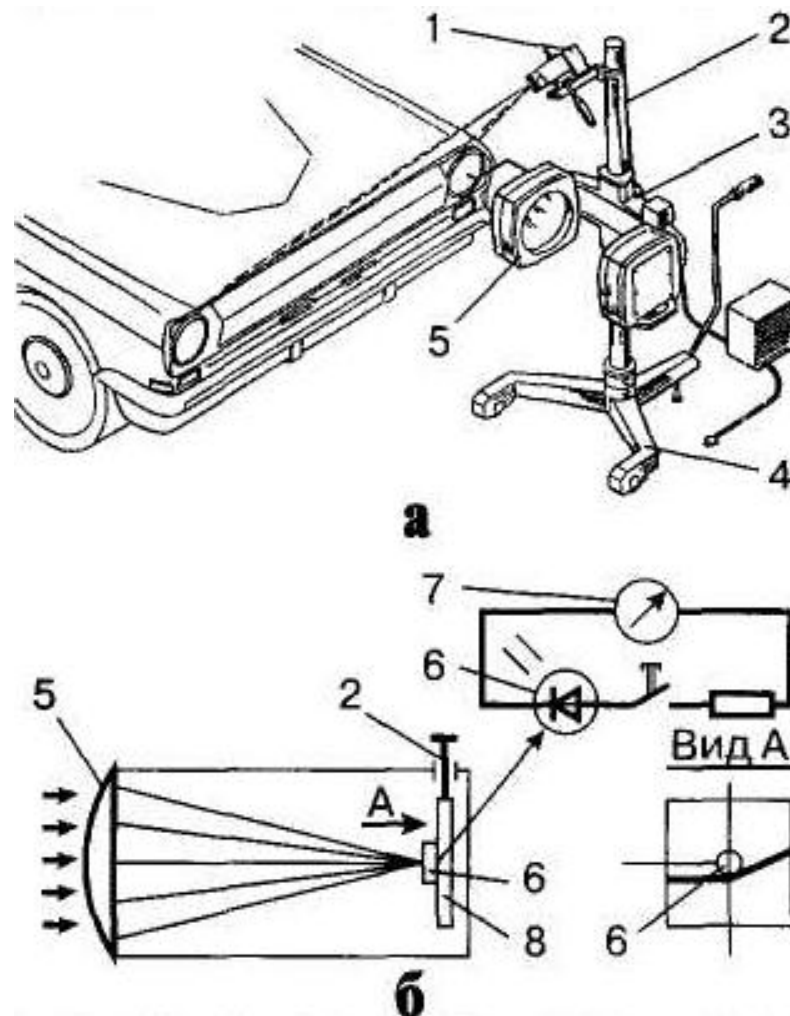


Рис. 2.7. Візуалізація загального вигляду та пояснення принципів роботи реглоскопів типу моделі К-303:

а – типовий вигляд; б – принципова конструкція оптичної камери; 1 – щілинне джерело світла; 2 – опорна металева стійка; 3 – елементи загального

кріплення оптичної камери; 4 – прилад для переміщення реглоскопу; 5 – оптичний елемент у вигляді лінзи; 6 – чутливий фотоелемент; 7 – мікроамперметр для здійснення вимірів; 8 – екран для візуалізації даних о зіставленні світлового пучка.

Принцип функціонування цього приладу полягає у проектуванні світлового потоку на оптичний екран, саме дозволяє якісно оцінювати його структуру, межі засліплень та визначати наявність плям затемнення й вже на цьому підґрунті виконувати необхідні дії з корекції зазначених параметрів.

Таким чином, налаштування оптичних приладів головного освітлення автомобілів проводиться з урахуванням вимог до освітленості контрольних точок і зон на екрані відповідно до міжнародних стандартів, саме це гарантує безпеку руху в умовах різної видимості.

### **2.3. Методика перевірки світлотехнічних характеристик джерел світла**

Для перевірки світлорозподілу фар на відповідність встановленим нормам у лабораторних умовах використовувався розроблений екран (рис. 2.8), що імітує вигляд автомобільної дороги з двома смугами руху. Згідно з вимогами ЕЕК ООН №112-00, Правил 37 ЕЕК ООН та стандарту ДЕРЖСТАНДАРТ 2023.1-88, для контрольних точок і зон визначення меж засліплення екрана визначені мінімально та максимально допустимі рівні освітленості при перевірці фар із лампами таких типів цоколя - H7 і H4 (див. табл. 2.1).

На екрані (рис. 2.8) вертикальна лінія VV відповідає осі, лінії OG і OG позначають межі правої смуги дороги, якою рухається автомобіль. Лінія OG фактично є віссю дорожнього полотна, а лінія OE приблизно вказує на рівень розташування очей водія зустрічного автомобіля. Лінії OF та OF\* відповідають знаходженню зовнішнього краю й осьовій лінії лівої смуги дороги відповідно.

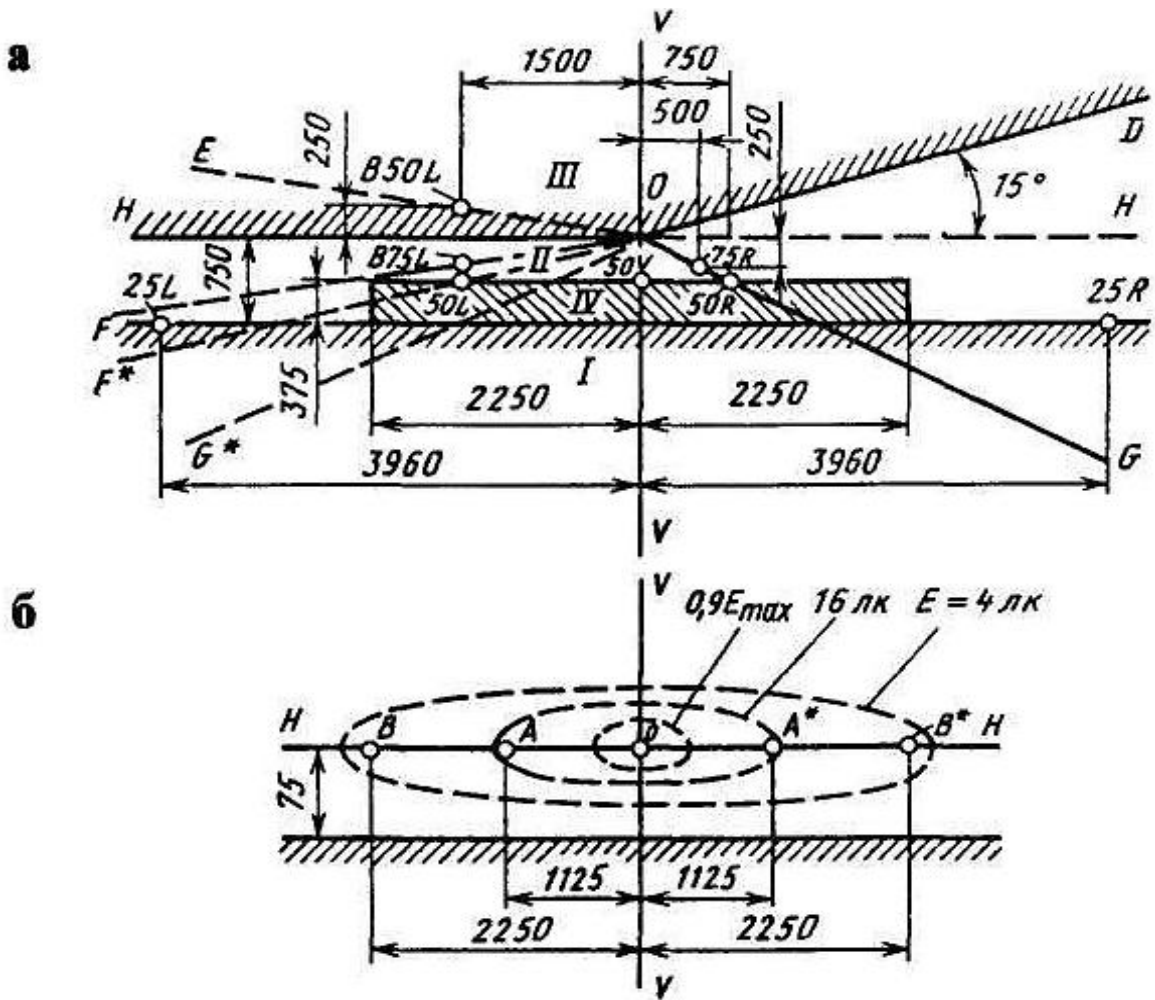


Рис. 2.8. Візуалізація розробленого екрану з базовими розмірами для перевірки освітлювальних приладів автомобілів з асиметричною європейською системою світлорозподілення: а – основні параметри розмітки екрана та контрольні точки при здійсненні перевірки ближнього світла; б – основні параметри розмітки екрана та контрольні точки при здійсненні перевірки дальнього світла; встановлені I-IV-зони для здійснення перевірки.

Таблиця 3.1

Максимальні значення освітленості для визначених контрольних точок і зон розробленого вертикального екрана

| Тип фари (діаметр оптичного елемента) | Освітленість, лк, у точках і зонах екрана відповідно до діючих вимог Правил ЄЕК ООН № 112-00 (див. рис. 3.5, 3.8.) |                 |                 |                  |                  |            |
|---------------------------------------|--|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------|
|                                       | B50L   | 75R             | 50R             | 50V              | Зона III         | Зона IV    |
| H 4 і H 7 (відповідно 170 і 136 мм)   | $\leq 0,4$ (06)*   | $\geq 12$ (9,6) | $\geq 12$ (9,6) | $\geq 6,0$ (4,8) | $\leq 0,7$ (1,0) | $\leq 2,0$ |
| H 7 (136 мм)                          | $\leq 0,4$ (06)*   | $\geq 11$ (9,6) | $\geq 11$ (9,6) | $\geq 5,0$ (4,8) | $\leq 0,7$ (1,0) | $\leq 2,0$ |



Для більш повного розуміння та обґрунтування необхідності використання для здійснення замірів певних контрольних точок та зон екрана, слід зупинитися на кожній більш детально. Так, контрольна точка B50L розташована на рівні очей водія зустрічного автомобіля за умови, що відстань між автомобілями становить приблизно 50 м. Точки 50R і 75R визначають освітленість крайнього правого краю правої смуги дороги на відстанях близько 50 і 75 м відповідно, що відповідає реальним показникам освітленості у цієї зони.

Зона III, небезпечна через можливість осліплення, знаходиться вище світлотіньової межі НОД. Для цієї зони встановлений вкрай низький допустимий рівень освітленості з урахуванням зазначених вимог. Зона IV, яка забезпечує видимість дорожнього полотна, має мінімальні вимоги до освітленості, тобто, інтенсивність світлового потоку у цієї зони може бути максимальною. Але, слід зазначити, що згідно технічних вимог, у зоні II освітленість повинна бути найвищою. У свою чергу, зона I охоплює ділянку дороги на відстані до 25 м перед транспортним засобом. І відповідно, щоб уникнути надмірної яскравості ближніх до автомобіля ділянок та сильного контрасту із дальніми зонами, для зони I встановлюють максимально допустимий рівень освітленості.

Для освітлювальних приладів в яких застосовуються джерела світла з галогенним циклом визначені контрольні точки на екрані: B75L, 50L і 50V. Згідно з міжнародними вимогами безпечного руху норми освітленості для контрольних точок і зон екрана в освітлювальних приладах з галогенними джерелами світла регламентуються відповідними стандартами.

Встановлення якості розподілу світла дальнього освітлення передбачає проведення необхідних вимірювань в п'яти контрольних точках екрана (див. рис. 32.8, б). Ці точки розташовані на нормалі НН, яка відповідає горизонтальній площині через фокус оптичного пристрою. Вимірювання дальнього світла проводиться, у обов'язковому порядку, після налаштувань та встановлення якості ближнього світла, зберігаючи положення оптичного

приладу головного освітлення, встановлене під час попереднього тесту. Крім того, слід враховувати норми освітленості для контрольних точок на екрані (на відстані 25 м від освітлювального приладу). Числові значення представлені у табличному виді (див. табл. 2.2).

Таблиця 3.2

Встановлені числові значення освітленості в контрольних точках розробленого екрана, при вимірах дальнього світла

| Найменування      | Освітленість, лк, у точках і зонах екрана відповідно до діючих вимог Правил ЄЕК ООН № 112-00 (див. рис. 3.8.) |                |
|-------------------|---|----------------|
|                   | 1 і 5   | 8, 20 і 31     |
| Граничні значення | 32 (не нижче)   | 48...240       |
| Контрольні точки: |   |                |
| О, не менш        | 0,9 $E_{\max}$  | 0,8 $E_{\max}$ |
| А й А*, не менш   | 16  | 24             |
| В і В*            | 4   | 6              |

Максимальну освітленість  $E_{\max}$  визначають шляхом повороту фари на невеликі кути у вертикальній і горизонтальній площинах, відшукуючи певну точку з найвищими значеннями освітленості. На екрані також приведені приблизні лінії ізолюксів, які відповідають Правилам 1 і 5 ЄЕК ООН.

Під час проведення дослідження світлорозподілу врахували такі аспекти: сучасні автомобілі обладнуються двома або чотирма фарами дальнього світла та двома фарами ближнього світла. Світло фар має бути білим, хоча дозволяється використовувати освітлювальні прилади з жовтим селективним світлом. У системі з чотирма фарами, як правило, дальнє світло розташовується ближче до бокового габариту, ніж ближнє. У системі з двома фарами дальнє та ближнє світло, як правило, об'єднуються в одному корпусі з лампою з двома спіралями розжарювання. Мінімальна відстань між внутрішніми краями фар ближнього світла повинна складати – 600 мм, максимальна відстань від зовнішнього краю до бокового габариту повинна складати – 400 мм. Висота установки освітлювальних приладів на сучасних автомобілях варіюється від 500 мм (нижній край) до 1200 мм (верхній край).

Таким чином, усі дослідження описані в роботі, проводили для освітлювальних приладів, які стандартно оснащуються лампами Н7 та Н4.

Для цього були відібрані найбільш популярні автомобілі з відповідним типами освітлювальних приладів. В еліпсоподібній фарі автомобіля Renault Logan встановлюється лампа H4, а у освітлювальному приладі Skoda Octavia A5 – дві лампи H7. Обидві моделі фар мають відносно схожу конструкцію, що дозволило застосовувати однаковий алгоритм проведення необхідних налаштувань. Регулювання світлового пучка здійснювалося шляхом незначного повертання відбивача у вертикальній та горизонтальній площинах за допомогою регулювальних гвинтів, що зміщують відбивач на кулькових з'єднаннях.

Для контрольної перевірки освітлювальний прилад зі стандартним джерелом світла, а саме лампою зі спіраллю розжарювання, встановлювали на відстані 25 м від розробленого вертикального екрана. Налаштування проводили так, щоб світлотіньова границя максимально збігалася з певними контрольними лініями на екрані. Й відповідно домагалися встановленої освітленості в певних контрольних точках. Після цього стандартну лампу зі спіраллю розжарювання замінювали на світлодіодну.

Слід окремо зазначити, що усі визначення освітленості здійснювали у контрольних точках (B50L, 75R, 50R, 50V, зона III) при напрузі, що підводилась до контактів лампи у 13,2 В, температурі навколишнього середовища у межах 23°C та нормальному атмосферному тиску, що відповідає значенню у 730 мм рт. ст. Для проведення зазначених вимірювань в лабораторії було залучено люксметр із фотоелементом для фіксації показників освітленості у контрольних точках та зонах засліплення на розробленому екрані. Додатково здійснювався контроль за станом застосовували джерела живлення, а для розуміння навантаження мережі застосовувався амперметр. Отримані числові значення, а також усі проміжні результати, ретельно формувались у відповідні таблиці, після проведення аналізу некоректні данні вилучались й вже остаточно формувались стогові таблиці з перевіреними та проаналізованими значеннями.

### **2.3. Висновки стосовно розділу**

Розроблена методика проведення комплексного дослідження дозволяє оцінити відповідність світлотехнічних параметрів альтернативних джерел світла вимогам до освітлювальних приладів головної оптики автомобілів. Порівняння отриманих значень освітленості у контрольних точках з нормативами (ЄЕК ООН №112-00, Правила 37 ЄЕК ООН) дає змогу визначити доцільність та можливість заміни стандартних ламп на світлодіодні.

### 3. ОПИС ПРОЦЕСУ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

У рамках проведення всебічного теоретичного аналізу ринку запасних частин України було визначено найпопулярніші бренди, що пропонують альтернативні світлодіодні джерела світла для сучасних автомобільних приладів головного освітлення з цоколями H4 та H7. Оскільки деякі виробники мають кілька моделей з одним типом цоколя, для здійснення досліджень було обрано по одному або двом зразкам кожного виду, що у загальному підсумку виявилось у тринадцять комплектів світлодіодних джерел світла від дев'яти найбільш відомих виробників. Слід ознайомитися з ними більш детально.

#### **3.1. Представлення та аналіз основних технічних характеристик піддослідних зразків альтернативних джерел світла**

До вибірки потрапили такі бренди, що пропонують джерела світла з цоколем H4: Clearlight, Philips, Super LED, G7 Headlight, V16 Turbo LE, а з цоколем H7: Clearlight, Interpower, I-zoom, LED Headlight, Philips, Sho-Me. Фактично уся ця продукція походить з Китаю, хоч а деякі компанії відомі як європейські. Окремі бренди мають декілька моделей світлодіодних джерел світла з одним типом цоколя, тому це потребувало окремого зазначення кожного піддослідного зразка разом з коротким описом основних технічних та світлотехнічних характеристик.

До групи альтернативних джерел світла, що обладнані цоколем H4 ввійшли такі зразки:

- Clear-light Flex LED;
- Philips LED headlight;
- Super LED 3200 Lm F2 Model;
- G7 Head light conversion kit;
- V16 Turbo LED.

Нижче показано їх загальний вигляд та елементи пакування, а також наведені технічні та світлотехнічні характеристики, що вказані виробниками.



Рис. 3.1. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 4 під назвою Clear-light Flex LED.

1. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Clear-light Flex LED виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,37 А;
- світловий потік: 2800 лм/1 лампа (ближнє світло);
- номінальна робоча напруга: 12 В;
- номінальна потужність живлення: 30 Вт;
- колірна температура світла: «білий»;
- заявлений строк напрацювання: > 30 000 годин.



Рис. 3.2. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 4 під назвою Philips LED.

2. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Philips LED headlight виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,65 А;
- світловий потік: 2800 лм/1 лампа (ближнє світло);
- номінальна робоча напруга: 12-24 В;
- номінальна потужність живлення: 25 Вт;
- колірна температура світла: < 6000 К;
- заявлений строк напрацювання: < 6000;годин;
- можливість регулювання кута нахилу.



Рис. 3.3. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 4 під назвою Super LED 3200 Lm F2 Model.

3. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Super LED 3200 Lm F2 Model виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,35 А;
- світловий потік: 2500 лм/1 лампа (ближнє світло);
- номінальна робоча напруга: 12-24 В;
- номінальна потужність живлення: 25 Вт;
- колірна температура світла: < 5000 К;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин.



Рис. 3.4. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 4 під назвою G7 Head light conversion kit.

4. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту G7 Head light conversion kit виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,57 А
- світловий потік: 2800 лм/1 лампа (ближнє світло)
- номінальна робоча напруга: 12-24 В;
- номінальна потужність живлення: 30 Вт
- колірна температура світла: < 5000 К;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин;
- можливість регулювання кута нахилу.





Рис. 3.5. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем H 4 під назвою V16 Turbo LED G7.

5. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту V16 Turbo LED виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,48 А;
- світловий потік: 3000 лм/1 лампа (ближнє світло);
- номінальна робоча напруга: 12-24 В;
- номінальна потужність живлення: 30 Вт;
- колірна температура світла: < 5000 К;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин;
- особливості: кріплення джерела світла має нестабільне положення.

До групи альтернативних джерел світла, що обладнані цоколем H7 ввійшли такі зразки:

- Clear-light H7;
- Clearlight FLEX H7;
- Clearlight LED laser vision;
- Interpower H7 G6 Z-ES G7;
- I-zoom H7 Optima;
- LED Headlight PM-420;
- Philips X-tremeUltinon LED-HL;
- Sho-Me G7 LH-H7.

Нижче показано їх загальний вигляд та елементи пакування, а також наведені технічні, світлотехнічні характеристики та особливості які стосуються певної моделі, що вказані виробниками.



Рис. 3.6. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою Clearlight H7

1. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Clearlight H7 виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,37 А;
- світловий потік: 2800 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 12 В;
- номінальна потужність живлення: 30 Вт;
- колірна температура світла: «білий»
- заявлений строк напрацювання: > 30 000 годин



Рис. 3.7. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою Clearlight FLEX H7.

2. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Clearlight FLEX H7 виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,37 А;
- світловий потік: 3000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 12 В;
- номінальна потужність живлення: 30 Вт;
- колірна температура світла: «білий»;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин.



Рис. 3.8. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем H 7 під назвою Clearlight LED laser vision.

3. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Clearlight LED laser vision виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,45 А;
- світловий потік: 3000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 12-24 В;
- номінальна потужність живлення: 14 Вт;
- колірна температура світла: < 5000 К;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин.

4. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Interpower H7 G6 Z-ES виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,45 А;
- світловий потік: 3000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 9-32 В;
- номінальна потужність живлення: 80 Вт/2 лампи;
- колірна температура світла: 5000-5500 К;
- заявлений строк напрацювання: > 50000 годин.

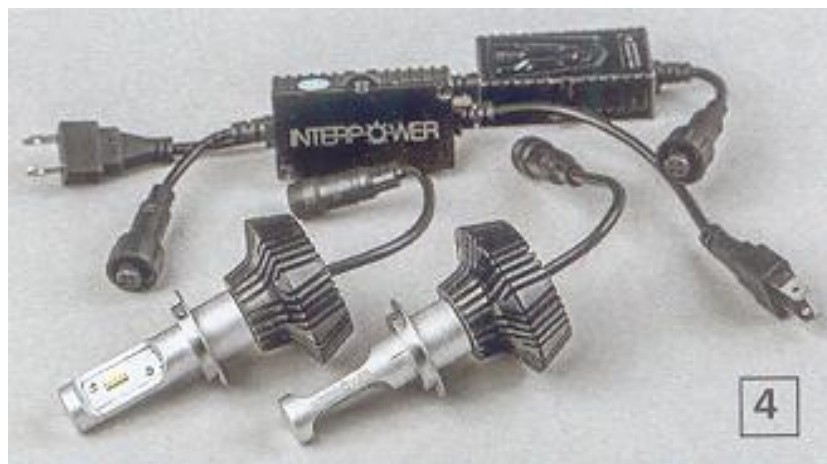


Рис. 3.9. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою Interpower H7 G6 Z-ES.



Рис. 3.10. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою I-zoom H7 Optima.

5. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту I-zoom H7 Optima виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,65 А;

- світловий потік: 3000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 9-32 В;
- номінальна потужність живлення: 19,2 Вт;
- колірна температура світла: «білий»;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин.



Рис. 3.11. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою LED Headlight PM-420.

6. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту LED Headlight PM-420 виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,55 А;
- світловий потік: 8000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 9-32 В;
- номінальна потужність живлення: 36 Вт;
- колірна температура світла: 6500 К;
- заявлений строк напрацювання: > 30000 годин.

7. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Philips XtremeUltinon LED-HL виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,65 А;
- світловий потік: 3000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 12 В;
- номінальна потужність живлення: 25 Вт;

- колірна температура світла: < 6000 К;
- заявлений строк напрацювання: < 6000 годин.

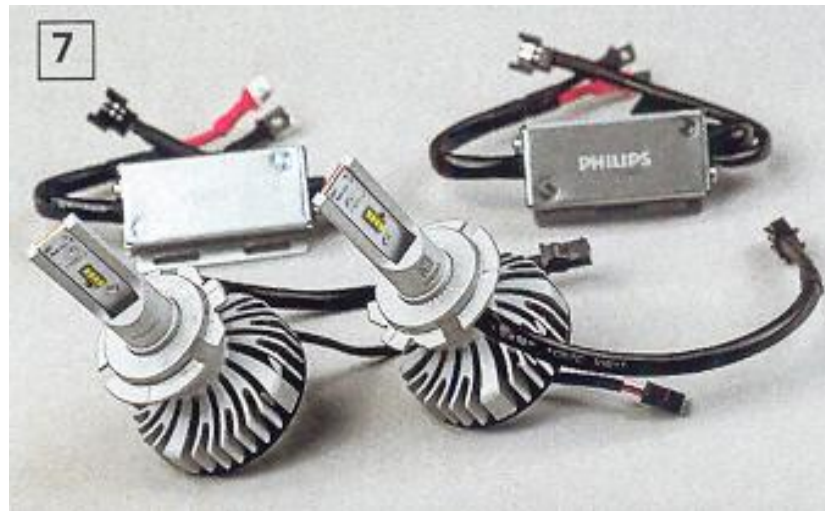


Рис. 3.12. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою Philips X-tremeUltinon LED-HL.



Рис. 3.13. Світлина комплекту світлодіодних джерел світла з цоколем Н 7 під назвою Sho-Me G7 LH-H7.

8. Технічні та світлотехнічні характеристики комплекту Sho-Me G7 LH-H7 виглядають наступним чином:

- номінальний струм споживання енергії: 1,35 А;
- світловий потік: 3000 лм/1 лампа;
- номінальна робоча напруга: 8-32 В;

- номінальна потужність живлення: 24 Вт;
- колірна температура світла: 5000 К;
- заявлений строк напрацювання: < 6000 годин.

У загальному підсумку, для усього комплексу плануємих практичних досліджень було створено два напрямлення, а саме - обрано два види світлодіодних ламп з цоколями Н4 і Н7 від дев'яти популярних виробників автомобільного ринку України. Після проведення теоретичного аналізу та зіставлення технічних й світлотехнічних характеристик зразків, сформовано у піддослідну групу 13 зразків, з яких для кожного представленого бренду відібрано від одного до трьох світлодіодних ламп, у чіткій відповідності з кількістю певних моделей, що представлені на ринку.

### **3.2. Дослідження відповідності світлотехнічних характеристик обраних джерел світла**

Вибрані світлодіодні джерела автомобільних приладів головного світла перевірялись на відповідність світлорозподілу, оскільки встановлення джерела світла в фари без дотримання необхідних норм може призвести до неможливості його використання, а в деяких випадках навмисного створення аварійних ситуацій на дорозі. У ході здійснення практичного дослідження світлодіодних ламп з цоколем Н4 були використані й відповідно встановлені в прилади освітлення таких транспортних засобів – Renault Logan та з цоколем Н7 в освітлювальний прилад автомобіля Skoda Octavia A5 (див. рис. 3.18). Як зазначалось раніш, саме ці моделі автомобілів та відповідно й моделі освітлювальних приладів було обрано на підставі здійснення теоретичного аналізу щодо найбільш популярних автомобілів. Саме тому данні освітлювальні прилади використовувались для визначення відповідності світлорозподілу.

Для розуміння роботи обраних світлових приладів зі штатними джерелами світла, тобто визначення так званої відправної точки, фари, обладнанні штатною галогенною лампою розжарювання фіксувались на

штативі на відстані 25 метрів від розробленого вертикального екрану. Усі параметри та особливості розмітки екрану описані та обґрунтовані вище. Освітлювальний прилад налаштовується так, щоб ліва горизонтальна частина світлотіньової границі збігалася з нормаллю НН вертикального екрану, а права частина світлотіньової границі повинна була йти під кутом  $15^\circ$  до цієї нормалі, як показано на рис. 3.14 та описано у розділі 2.3.

Після налаштувань відбувалася заміна штатної лампи на альтернативне світлодіодне джерело світла. Вимірювання освітленості проводили за допомогою професійного люксметра, фіксуючи значення в контрольних точках (B50L, 75R, 50R, 50V та зоні III) при напрузі 13,2 В, температурі  $23^\circ\text{C}$  і атмосферному тиску 730 мм рт. ст. Після підключення джерела світла на екрані проєкціювався світловий потік, який оцінювався візуально, а також за допомогою даних люксметра, що дозволило побудувати таблиці для подальшого аналізу відповідності вимогам.

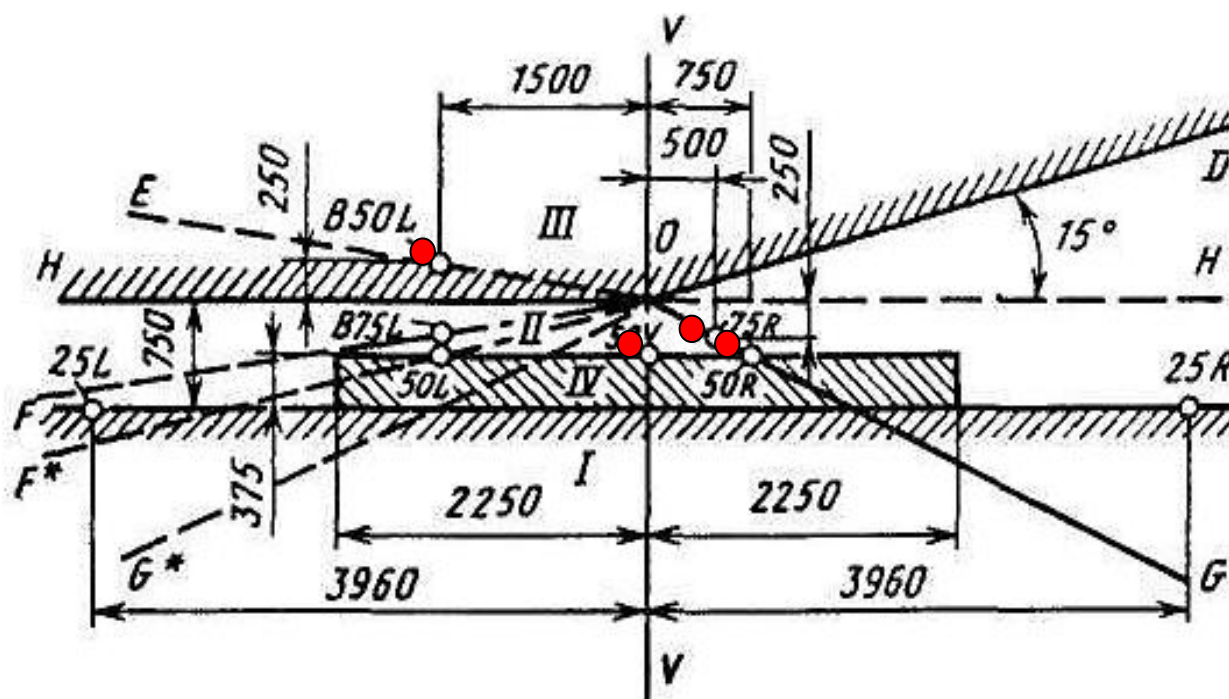


Рис. 3.14. Візуалізація розробленого вертикального екрану для здійснення замірів при проведенні досліджень. Okремо відмічені контрольні точки обов'язкових замірів освітленості.



Проекція світла на екран при використанні штатного джерела світла представлена на рис. 4.15.

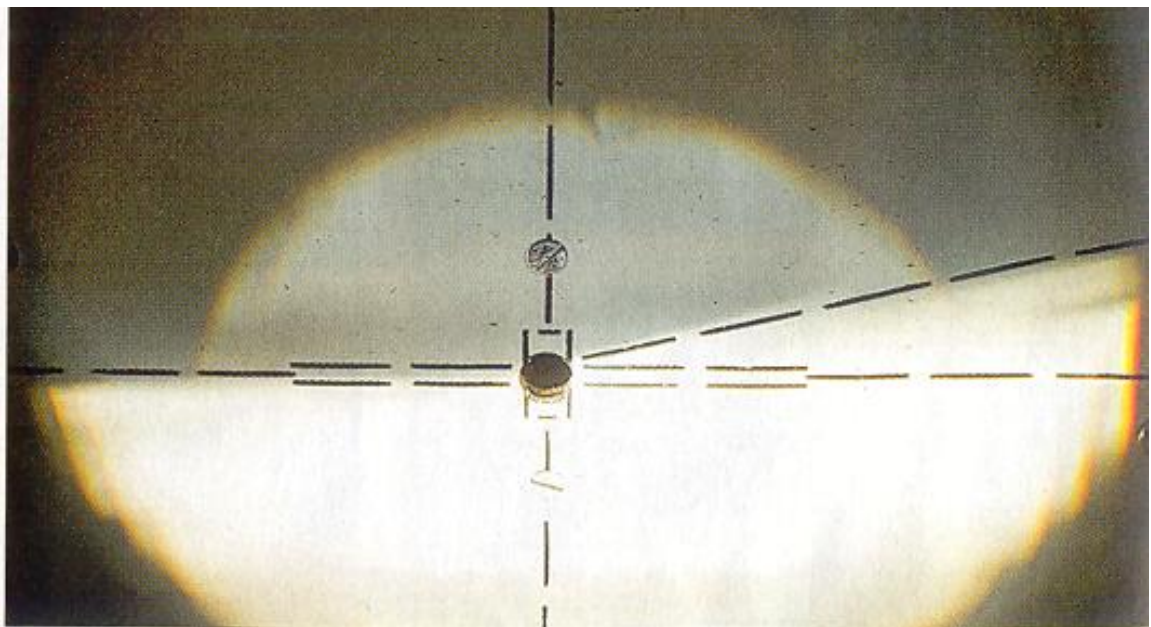


Рис. 3.15. Візуалізація світлового потоку від освітлювального приладу при застосуванні штатної галогенної лампи розжарювання.

Саме ця проекція була признана як оптимальна для початку проведенні досліджень з альтернативними джерелами світла. При проведенні вимірів використовувався професійний люксметр. До вимірювального набору входив окремий вимірник та фотоелемент з необхідними насадками. При проведенні практичних досліджень по кожному з джерел світла в незалежності від типу

цоколя здійснені обов'язкові заміри у контрольних точках (B50L,75R, 50R, 50V та зона III) (розділ 3). Усі заміри проводились при номінальній напрузі 13,2 В, температурі оточуючого середовища у 23 °С й атмосферному тиску 730 мм рт. ст. Після встановлення джерела світла у освітлювальний прилад та підведення до нього зазначеної напруги світлорозподіл, що проецирується на вертикальному екрані аналізувався візуально, тобто враховувалася збіжність з лініями розмітки екрану та чіткість світлотіньових меж.

Крім того проводилось візуальне зіставлення проекції світла з тією ж проекцією, але при застосуванні штатної лампи розжарювання. Цифрові значення для формування таблиць були отримані від фотоелемента люкметра й вже після збору усього комплексу даних здійснювався аналіз щодо доцільності та необхідності застосування світлодіодних ламп у освітлювальних приладах автомобілів.

Зведений масив даних відносно здійснених вимірювань по кожному зразку альтернативного джерела світла з цоколем H 4 показаний в таблиці 3.1.

Всебічний аналіз результатів, наданих у таблиці 3.1, вказує, що більшість світлодіодних ламп, що задіяні у дослідженнях, не зможуть подолати вимоги Правил ЄЕК ООН №112-00. Але, слід зауважити, що моделі, G7 Head light conversion kit та Philips LED headlight, максимально наблизились до регламентованих значень, однак показники освітленості у контрольних точках не відповідають вимогам і відповідно не можуть бути рекомендованими для використання на автомобільних шосе.

Випробування світлодіодної лампи Clear-light Flex LED показало значне перевищення освітленості в точці B50L (2,0 лк замість 0,6 лк), а також істотне перевищення у зоні III.

Таблиця 3.1.

## Зведені результати досліджень світлорозподілу світлодіодних джерел світла з цоколями H 4

| Номер, назва та тип джерела світла | Освітленість у контрольних точках, лк                  |                 |                  |                  |                | Візуальні оцінки                      |  |
|------------------------------------|--|-----------------|------------------|------------------|----------------|---------------------------------------|--|
|                                    | B50L   | 75R             | 50R              | 50V              | Зона III       | Світло-тіньова границя                | Тип світла за забарвленням               |
|                                    | Нормовані значення освітленості, лк                    |                 |                  |                  |                |                                       |  |
|                                    | У дужках приведено граничні, умовно допустимі значення |                 |                  |                  |                |                                       |  |
| $\leq 0,4 (0,6)^*$                 | $\geq 12 (9,6)$  | $\geq 12 (9,6)$ | $\geq 6,0 (4,8)$ | $\leq 0,7 (1,0)$ |                |                                       |  |
| 1                                  | 2  | 3               | 4                | 5                | 6              | 7                                     | 8  |
| 1. Clear-light Flex LED            | 2,00<br>1,90   | 34,60<br>34,80  | 55,05<br>54,25   | 42,22<br>41,95   | 7,00<br>7,25   | Не чітка з муаром та засвітленнями    | Світ візуально білий                     |
| 2. G7 Head light conversion kit    | 0,80<br>0,75   | 27,00<br>26,80  | 36,00<br>36,50   | 24,00<br>24,05   | 1,60<br>1,57   | Чітка з мінімальними засвітленнями    | Світ візуально білий                     |
| 3. Philips LED headlight           | 2,00<br>1,85   | 50,00<br>49,55  | 100,00<br>98,55  | 66,00<br>65,85   | 2,82<br>3,00   | Не чітка з мінімальними засвітленнями | Світ візуально білий                     |
| 4. Super LED 3200 Lm F2 Model      | 0,60<br>0,67   | 4,41<br>5,25    | 12,45<br>12,70   | 7,05<br>7,25     | 13,20<br>13,00 | Не чітка з суттєвими засвітленнями    | Світ візуально білий з голубим відтінком |
| 5. V16 Turbo LED                   | 4,0  | 33,41<br>35,12  | 47,60<br>48,00   | 45,60<br>47,05   | 8,05<br>8,00   | Не чітка з суттєвими засвітленнями    | Світ візуально білий з голубим відтінком |

**Примітка:** жовтим кольором позначені граничні та умовно допустимі значення; красним кольором позначені значення, що виходять за межі допуску встановлених вимог.

Схожі результати отримані при дослідженнях роботи Philips LED headlight, випробування показало відхилення у точці B50L і зоні III, хоча, слід відмітити, що саме ці альтернативні джерела світла продемонстрували кращі результати порівняно з іншими підслідними зразками світлодіодних ламп.

Світлодіодні лампи Super LED 3200 Lm F2 Model показали істотні відхилення в точках B50L, 75R та зоні III, перевищуючи допустимі межі у значні 13,2 рази. Світлодіодна лампа G7 Head light conversion kit хоч й показала, при проведенні дослідження, відносно незначні відхилення, але все ж не вклалася у встановлені норми діючих вимог. Водночас світлодіодна лампа V16 Turbo LED показала суттєві відмінності у світлорозподіленні та як слідство не відповідає вимогам у контрольних точках, особливо B50L, та зоні III, демонструючи значні перевищення припустимих значень.

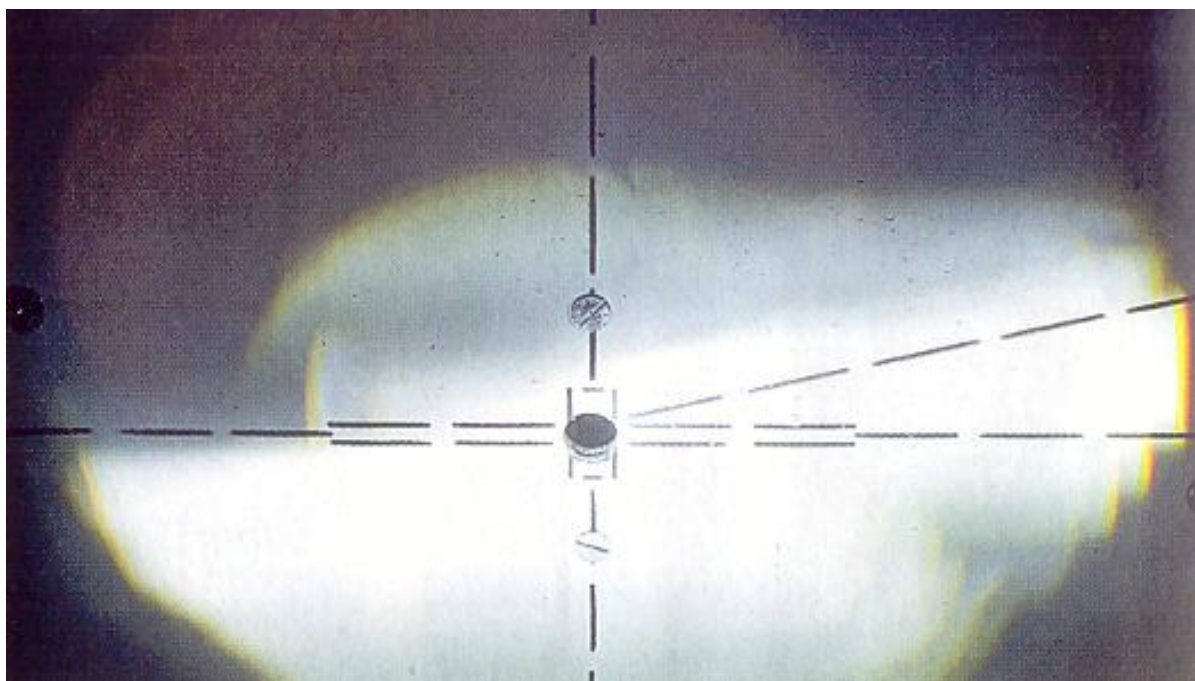


Рис. 3.16. Візуалізація незадовільної збіжності світлотіньової границі та кольорового забарвлення світла при здійсненні тестування лампи Super LED 3200 Lm F2 Model.

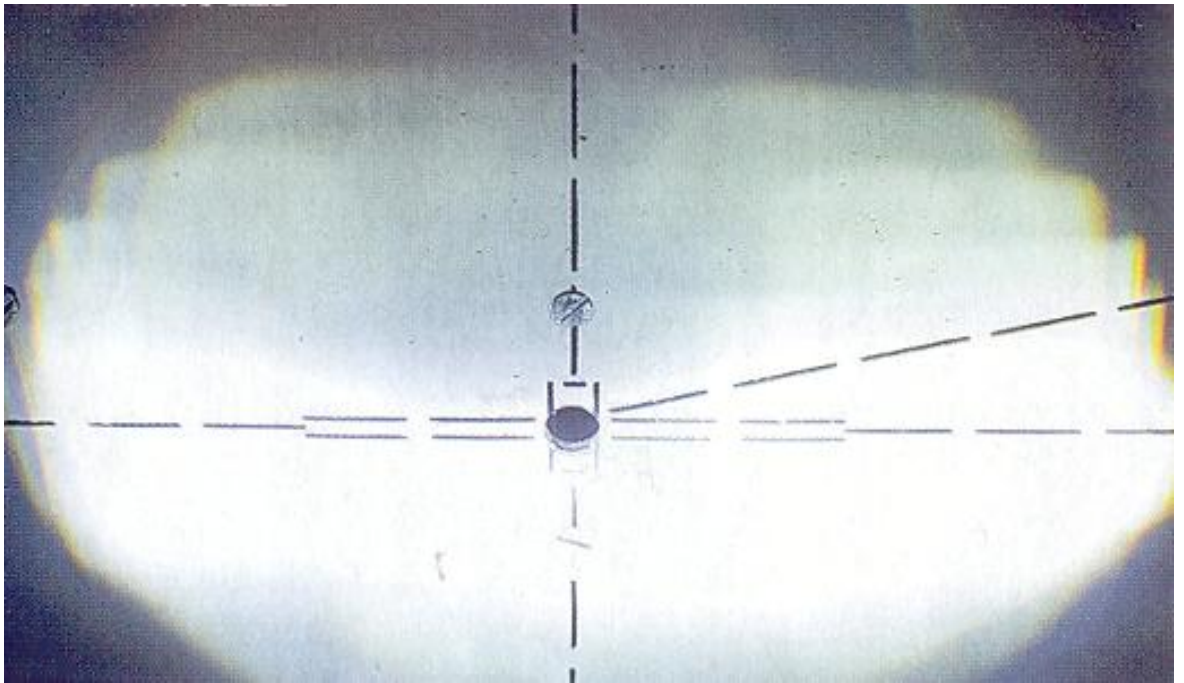


Рис. 3.17. Повна невідповідність світлотіньових меж при здійсненні тестування лампи V16 Turbo LED.

Загалом, спираючись та аналізуючи данні наведені в таблиці 3.1, щодо досліджень світлодіодних ламп з цоколем H4, можна дійти висновку, що найбільш явні порушеннями були відзначені у світлодіодних ламп Super LED 3200 Lm F2 Model і V16 Turbo LED, а також встановлено максимально нечітку світлотіньову границю у альтернативному джерелі світла з назвою - V16 Turbo LED.

Тому, загальні висновки з цього етапу дослідження надають розуміння у тому, що жодна з перевірених світлодіодних ламп не відповідає вимогам для застосування на дорогах загального користування й відповідно, не може бути рекомендована для встановлення в освітлювальні прилади сучасних автомобілів.

У чіткої відповідності з описаною методикою проведення досліджень та спираючись на певний опит при здійсненні вимірювань показників світлодіодних ламп з цоколем H4. Було здійснено наступний етап роботи, а саме, проведення досліджень з групою світлодіодних ламп, що мають цоколь H7 (див. рис. 3.18).



Рис. 4.18. Візуалізація процесу встановлення та налаштування позиції освітлювального приладу для проведення комплексу тестувань світлодіодних ламп з цоколем Н 7

Як і у попередніх дослідженнях, усі отримані числові значення було занесене до таблиці 3.2. Піддаючи теоретичному аналізу данні дані з таблиці 4.2, можна зазначити, що, у певній подібності до світлодіодних ламп з цоколем Н4, фактично усі альтернативні джерела світла з цоколем Н7 не відповідають вимогам щодо світлорозподілу, необхідним для використання на дорогах загального призначення.

Як що розглядати окремо, то світлодіодна лампа Clearlight Н7 має недостатнє освітлення правого узбіччя та створює значне осліплення для водіїв, що рухаються назустріч. Аналогічно, альтернативні джерела світла Interpower Н7 G6 Z-ES спричиняють сильне засліплення водіїв, особливо чітко визначеній контрольній точці В50L.

Таблиця 3.2.

## Зведені результати досліджень світлорозподілу світлодіодних джерел світла з цоколями H 7

| Номер, назва та тип джерела світла | Освітленість у контрольних точках, лк                  |                |                |                |              | Візуальні оцінки                      |  |
|------------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|--------------|---------------------------------------|--|
|                                    | B50L   | 75R            | 50R            | 50V            | Зона III     | Світло-тіньова границя                | Тип світла за забарвленням               |
|                                    | Нормовані значення освітленості, лк                    |                |                |                |              |                                       |  |
|                                    | У дужках приведено граничні, умовно допустимі значення |                |                |                |              |                                       |  |
| ≤ 0,4 (0,6)*                       | ≥ 12 (9,6)   | ≥ 12 (9,6)     | ≥ 6,0 (4,8)    | ≤ 0,7 (1,0)    |              |                                       |  |
| 1                                  | 2  | 3              | 4              | 5              | 6            | 7                                     | 8  |
| 1. Clearlight H7                   | 2,96<br>2,84   | 9,00<br>8,70   | 10,50<br>10,30 | 11,00<br>10,70 | 7,34<br>7,50 | Не чітка з суттєвими засвітленнями    | Світ візуально голубий                   |
| 2. Clearlight FLEX H7              | 0,32<br>0,38   | 16,00<br>16,30 | 32,00<br>32,20 | 21,70<br>21,40 | 1,04<br>1,00 | Чітка з мінімальними засвітленнями    | Світ візуально білий                     |
| 3. Clearlight LED laser vision     | 1,86<br>1,94   | 5,66<br>5,80   | 4,73<br>4,78   | 5,14<br>5,80   | 5,04<br>5,00 | Не чітка з мінімальними засвітленнями | Світ візуально білий з голубим відтінком |
| 4. Interpower H7 G6 Z-ES           | 2,78<br>2,68   | 15,70<br>15,68 | 21,20<br>21,24 | 12,72<br>12,64 | 5,12<br>5,08 | Не чітка з мінімальними засвітленнями | Світ візуально білий                     |
| 5. I-zoom H7 Optima                | 2,40<br>2,16   | 7,00<br>7,20   | 10,40<br>10,70 | 8,10<br>8,14   | 4,00<br>4,30 | Не чітка з суттєвими засвітленнями    | Світ візуально білий                     |
| 6. LED Headlight PM - 420          | 2,10<br>2,40   | 10,00<br>10,30 | 14,10<br>14,00 | 12,72<br>12,64 | 4,00<br>4,20 | Не чітка з мінімальними засвітленнями | Світ візуально білий з голубим відтінком |
| 7. Philips X-tremeUltinon LED-HL   | 0,22<br>0,20   | 3,48<br>3,40   | 7,76<br>7,72   | 3,80<br>3,82   | 0,76<br>0,74 | Не чітка з суттєвими засвітленнями    | Світ візуально білий                     |
| 8. Sho-Me G7LH-H7                  | 0,24<br>0,36   | 7,28<br>5,08   | 12,10<br>9,52  | 7,40<br>9,36   | 1,26<br>0,48 | Чітка з мінімальними засвітленнями    | Світ візуально білий                     |

**Примітка:** жовтим кольором позначені граничні та умовно допустимі значення; красним кольором позначені значення, що виходять за межі допуску встановлених вимог.

Зразок з назвою Clearlight FLEX H7 також не відповідає вимогам, хоча цей виріб не набагато перевищує дозвалені межі в одному з семи підконтрольних пунктів. Водночас, зразок I-zoom H7 Optima відповідає необхідним нормам щодо освітленості лише в одній точці (50V), але має значні порушення в інших контрольних точках, що робить його суцільно непридатним для встановлення в освітлювальній приладі автотранспортної техніки. Наступний піддослідний зразок з назвою - Clearlight LED Laser Vision, показав значні порушення та перевищення встановлених меж освітленості в усіх контрольних точках, що зрозуміло унеможлиблює його використання. Альтернативні лампи з назвою LED Headlight PM-420 мають нечітку світлотіньову границю та погано освітлюють праве узбіччя, крім того істотно засліплюють водіїв транспортних засобів, що рухаються назустріч.

Окремо необхідно відмітити світлодіодні лампи Philips X-tremeUltinon LED-HL, які відповідали нормам лише в точці B50L, а всі інші показники були значно гірше та не відповідали діючим вимогам. Доволі відомий на ринку запчастин в Україні бренд Sho-Me зі своїми світлодіодними лампами Sho-Me G7LH-H7 також не зміг забезпечити належного освітлення визначених на вертикальному екрані встановлених зон й контрольних точок. Зокрема мав дуже низьку освітленість на правому узбіччі, що також зробило їх непридатними для використання на дорогах загального призначення.

### **3.3. Висновки щодо розділу**

При здійсненні аналізу отриманих результатів проведеного дослідження необхідно зауважити, що усі показники, при використанні штатних галогенних ламп для освітлювальних приладів автомобілів Renault Logan та Skoda Octavia A5 були у чітких межах встановлених стандартом значень, як за інтенсивністю світлорозподілу, так і за збереженням чіткої світлотіньової границі. Це безумовно підкреслює важливість та доцільність використання ламп відповідного типу у освітлювальних приладах для яких вони саме й призначені, оскільки навіть при всіх спробах налаштувати фари з



альтернативними світлодіодними лампами не вдалося домогтись результату, який би відповідав діючим вимогам щодо головного світла автомобільних фар. Звідси випливає наступне ствердження - для фари, спроектованої під галогенну лампу, альтернативна світлодіодна лампа не може працювати належним чином. Альтернативні світлодіодні джерела, що брали участь у дослідженнях, та певним чином адаптовані під цоколь штатних галогенних ламп, не здатні сформувати спрямований пучок світла, через що їх використання є недоцільне, а іноді й небезпечним.

Ґрунтуючись на викладеному, слід зазначити, що заміна штатних галогенних ламп на альтернативні світлодіодні лампи є незаконною та недоцільною, оскільки вона порушує правила дорожнього руху, створює аварійні ситуації у разі засліплення водіїв зустрічного транспорту і, зрозуміло що ні виробник автомобіля ні виробник альтернативної лампи не несе за це відповідальності. Так як, усі альтернативні джерела світла встановлюються на власний розсуд власника автотранспортного засобу.

Що стосується заяв виробників альтернативних світлодіодних джерел світла про їхню відповідність оригінальним галогенним лампам Н4 та Н7, це є лише певним маркетинговим ходом, оскільки для таких джерел світла повинна використовуватися позначка L, а їх омологация і затвердження на установку можливі тільки за рішенням виробника автомобіля або державного сертифікаційного органу.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Забезпечення нормативних умов освітлення в дослідницьких лабораторіях.

Освітлення робочих місць є ключовим чинником для створення комфортних умов праці в лабораторіях. Умови для зору можна оцінювати як кількісно, так і якісно. Якісні показники включають фон, контраст між об'єктами та фоном, видимість, рівень засліплення, дискомфорту та пульсацію освітлення. Кількісні показники визначаються світловим потоком, силою світла, освітленістю, яскравістю і світністю.

При недостатньому освітленні знижується зорове сприйняття, можуть розвиватися хвороби очей, короткозорість і головні болі. Постійна напруга зору веде до зорового стомлення. При поганому освітленні працівник часто нахиляється до обладнання, що підвищує ризик травм. Перевищення рівня освітленості також шкідливе і може спричинити світлохворобу - підвищену чутливість очей до світла, сльозотечу та запалення слизових оболонок.

Для освітлення в навчальних закладах застосовують три типи освітлення: природне, штучне та змішане. Природне освітлення визначається коефіцієнтом природної освітленості (КПО), який виражає відношення внутрішньої освітленості до зовнішнього рівня освітленості земної поверхні. Для навчальних кабінетів нормативи КПО прописані в таблиці 4.1.

Нормативи освітленості на робочих поверхнях залежать від типу робіт і контрасту об'єктів із фоном. У навчальних приміщеннях має бути лівостороннє освітлення, а для кімнат з глибиною більше 6 м обов'язково передбачена правобічна підсвітка. Для приміщень з дисплейними терміналами (ВДП) та персональними комп'ютерами (ПЕОМ) необхідно забезпечити як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення повинне бути через вікна, орієнтовані на північ або північний схід, з коефіцієнтом природної освітленості не менше 1,5%.

## Норми освітленості приміщень освітніх установ.

| N з/п | Приміщення                          | Площина (Г-горизонтальна, В-вертикальна) нормування освітленості й КПО, висота площини над підлогою, м. | Штучне освітлення                  |                                   |   | Природне освітлення<br>КПО, при бічному освітленні |
|-------|-------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
|       |                                     |   | Освітлення робочих поверхонь, Люкс | Показник дискомфорту, М не більше | Коефіцієнт пульсації К <sub>п</sub> освітлення, % не більше |  |
| 1.    | Класні кімнати, аудиторії навчальні | На середині дошки, Г-0,8 на робочих столах і партах   | 500                                | -                                 | -   | -  |
| 2.    | Кабінети, лабораторії, лаборантські | На середині дошки, Г-0,8 на робочих столах  | 300                                | 40                                | 15  | 1,2  |
| 3.    | Дисплейні класи                     | Підлога   | 150                                | -                                 | -   | 0,8  |
|       |                                     | На столах   | 300-500                            | -                                 | -   | -  |

Примітка: \* для місцевого освітлення слід передбачати штепсельні розетки.

Таблиця 4.1 містить нормативи освітленості для різних типів приміщень в освітніх установах. Для лабораторій і кабінетів застосовують люмінесцентні лампи, які забезпечують необхідний рівень освітленості. У приміщеннях, де застосовуються лампи розжарювання, норми освітлення зменшуються вдвічі.

Штучне освітлення повинно бути забезпечене газорозрядними джерелами світла. Для приміщень, де передбачено виконання точних робіт, необхідно контролювати коефіцієнт пульсації освітленості, щоб уникнути зорового дискомфорту та стомлюваності.

Коефіцієнт пульсації (К<sub>п</sub>) визначає ступінь коливання світлового потоку, що створюється освітлювальними установками при живленні змінним струмом. Для зменшення пульсації рекомендується використовувати

спеціальні схеми підключення освітлювальних приладів, що дозволяють знизити цей коефіцієнт.

Показник дискомфорту оцінює ефекти засліплення або зниження контрастної чутливості при загальному освітленні в приміщеннях. Для забезпечення нормальних умов у навчальних та лабораторних приміщеннях важливо правильно підібрати кольори стін і меблів, а також врахувати коефіцієнти відбиття внутрішніх поверхонь (див. табл. 4.2).

Таблиця 5.3

Коефіцієнти відбиття різних поверхонь

| Центр поверхні або матеріал   | Коефіцієнт відбиття |
|-------------------------------|---------------------|
| Скляне дзеркало               | 0,85                |
| Біла клейова (крейдова) фарба | 0,80                |
| Білий папір                   | 0,75                |
| Жовта фарба                   | 0,40                |
| Чорна тканина, папір          | 0,02                |
| Віконне поліроване скло       | 0,08                |
| Матоване скло                 | 0,10                |
| Сірий                         | 0,35                |
| Темно-коричневий              | 0,15                |
| Синій                         | 0,10                |

Нормативи для освітлення повинні враховувати також технічні аспекти, як-от використання сонцезахисних пристроїв на вікнах, що допомагають підтримувати оптимальний рівень освітленості в приміщеннях протягом дня та вночі.

Загалом, правильно сплановане освітлення в лабораторіях та навчальних приміщеннях є важливим для здоров'я та ефективності роботи студентів і співробітників.

У приміщеннях для викладачів, лабораторіях та читальних залах повинні бути передбачені розетки для підключення приладів для місцевого освітлення. Для освітлення приміщень, де працюють з комп'ютерною технікою, використовують систему загального освітлення з люмінесцентними світильниками, розміщеними по стелі рядами та паралельно віконним прорізам. Це дозволяє уникнути потрапляння світла від

ламп на екран монітора, забезпечуючи комфортні умови для роботи з відеотерміналами. Застосування місцевого освітлення в таких аудиторіях не рекомендується. Робочі поверхні столів та дошки повинні мати достатній рівень освітленості. Світильники повинні очищатися щонайменше двічі на рік, а лампи замінювати при потребі. Очищення вікон має проводитися не рідше трьох-чотирьох разів на рік ззовні, а зсередини - не менше одного-два разів на місяць.

#### **4.2. Питання відносно обмеження впливу шуму у дослідницьких приміщеннях**

Контроль за рівнями шуму в навчальних і виробничих приміщеннях має здійснюватися відповідно до стандартів ДСТУ та СНИП. Джерелами шуму можуть бути вентилятори, електродвигуни, системи повітряного регулювання та розподілу, що мають відповідні характеристики в документації на обладнання. Шумові рівні повинні контролюватися через вимірювання та оцінку рівня звукової потужності.

Для зменшення шуму в навчальних закладах необхідно використовувати звукоізоляційні матеріали на стелях і стінах в рекреаційних зонах, а також влаштовувати навчальні приміщення подалі від тих, де рівні шуму перевищують норми. Усі двері приміщень мають щільно та безшумно закриватися, а меблі повинні мати прокладки для зниження шуму від їхнього руху. Забороняється використовувати керамічні плитки або олійні фарби в приміщеннях з підвищеним рівнем шуму.

Для освітлювальних приладів з розрядними лампами рівень шуму на відстані 1 метра від них не повинен перевищувати 20 дБА. Звуковий тиск від труб системи водяного опалення в навчальних приміщеннях не має перевищувати 40 дБА. Звуковий тиск в дисплейних класах та навчальних кабінетах, навіть при роботі комп'ютерної техніки, повинен залишатися в межах норми (не більше 50 дБА). Всі джерела шуму, що можуть впливати на

навчальний процес, мають бути розміщені в спеціальних приміщеннях поза навчальними аудиторіями.

#### **4.3. Заходи щодо забезпечення температурної відповідності і вентиляції в лабораторних приміщеннях**

У навчальних закладах системи опалення та вентиляції повинні проектуватись і експлуатуватись згідно з вимогами СНиП 2.08.02-89 і ДСТУ 12.1.005-08. Для належної роботи опалення і вентиляції необхідно враховувати розрахункові температури повітря і кратність обміну повітря в приміщеннях, що представлені в таблиці 4.3. У позанавчальний час температура повітря в приміщеннях не повинна бути нижчою за 15°C.

Розподіл припливного і витяжного повітря має враховувати режим використання приміщень упродовж доби та року, а також зміни, пов'язані з надходженням тепла, вологості та шкідливих речовин. Площа віконних отворів, фрамуг і кватирок повинна становити не менше 1/50 площі підлоги приміщення. Забороняється закривати ці отвори в навчальних та лабораторних приміщеннях.

Таблиця 4.3

#### **Нормативна температура повітря й кратність обміну повітря в приміщеннях освітніх установ**

| № з/п | Приміщення  | Температура повітря, град. С <sup>0</sup> | Кратність повітрообміну за одна година           |                 |
|-------|---|---|--|-----------------|
|       |   |   | надходження повітря                              | витяжка повітря |
| 1     | Аудиторні приміщення, навчальні кабінети  | 18 - 21                                   | 16 м <sup>3</sup> /год                           | на 1 студен.    |
| 2     | Технічний центр та технічні лабораторії   | 18 - 21                                   | -  | 2               |
| 3     | Аудиторії, лабораторії без виділення шкідливих речовин (неприємних запахів)                             | 18 - 21                                   | 20 м <sup>3</sup> /год                           | на 1 студен.    |
| 4     | Лабораторії й інші приміщення з виділенням шкідливих речовин, мийні при лабораторіях з витяжними шафами | 18 - 21                                   | З розрахунку відповідно до технологічних завдань |                 |

| № з/п | Приміщення                                   | Температура повітря, град. С <sup>0</sup> | Кратність повітрообміну за одна година |                 |
|-------|--|---|--|-----------------|
|       |  |   | надходження повітря                    | витяжка повітря |
| 5     | Лабораторії із приладами підвищеної точності | 20 - 21                                   | Те ж                                   | -               |
| 6     | Мийні лабораторного посуду без витяжних шаф  | 18 - 20                                   | 4                                      | 6               |

Навчальні приміщення повинні регулярно провітрюватись під час перерв, а рекреаційні - під час занять. Наскрізне провітрювання має здійснюватись після занять, перед початком занять і між змінами (табл. 5.6).

Під час роботи в лабораторіях, де є ризик забруднення повітря токсичними речовинами, має бути ефективна витяжна вентиляція, зокрема у витяжних шафах. Для забезпечення ефективної роботи вентиляційних систем, вентилятори повинні відповідати стандартам, зокрема ДСТУ 12.4.021-05, а також регулярно проходити аеродинамічні випробування.

Всі навчальні приміщення підлягають щоденному вологому прибиранню, включаючи мийку підвіконь, столів і парт. Паркетні підлоги натираються воском або мастикою раз на місяць.

Системи опалення повинні забезпечувати температуру не більше 80°C. Важливо забезпечити правильну швидкість руху теплоносія, щоб температура поверхні опалювальних приладів не перевищувала допустимих значень.

Таблиця 4.4

#### Тривалість наскрізного провітрювання

| Зовнішня температура (у град. С) | Тривалість провітрювання приміщень (у хв.) |                                  |
|----------------------------------|--|----------------------------------|
|                                  | у малі перерви                             | у великі перерви й між перервами |
| від + 10 до + 6                  | 4-10                                       | 25-36                            |
| від + 5 до 0                     | 3-7  | 20-30                            |
| від 0 до - 5                     | 2-5  | 15-25                            |
| від - 5 до - 10                  | 1-3  | 10-15                            |
| Нижче - 10                       | 1-1,5                                      | 5-10                             |

#### **4.4. Вимоги пожежної безпеки в дослідних лабораторіях та заходи щодо її забезпечення**

Для забезпечення пожежної безпеки в навчальних закладах повинна бути розроблена система, яка включає технічні засоби та організовані заходи для запобігання пожежам. Важливо забезпечити наявність працездатних систем протипожежного захисту, відповідно до проектної та технологічної документації. Також забороняється змінювати конструкцію чи планування приміщень без розробки проекту, що відповідає діючим нормам.

Усі працівники навчального закладу, включаючи викладачів і студентів, зобов'язані знати правила пожежної безпеки і в разі необхідності вжити заходів для евакуації людей та гасіння пожежі. Керівники закладу несуть відповідальність за забезпечення пожежної безпеки.

В лабораторіях і кабінетах забороняється проводити перепланування, використовувати нестандартні опалювальні прилади або пристрої, що можуть становити небезпеку для проведення робіт. Також не можна використовувати відкритий вогонь, електричні пристрої, що не відповідають стандартам безпеки, чи легкозаймисті матеріали для прибирання.

Зберігання небезпечних речовин повинно бути організоване з урахуванням їхніх фізичних та хімічних властивостей, а також відповідно до вимог пожежної безпеки. Спільне зберігання речовин, які можуть спричинити пожежу чи вибух, є неприпустимим.

По завершенні занять, працівники закладу повинні оглянути приміщення, перевірити наявність будь-яких дефектів, відключити електрообладнання і закрити приміщення.

На рис. 4.1. наведено приклад організації евакуаційних виходів з приміщень, розташованих на другому та вищих поверхах. Перший тип виходу - це вихід у коридор, що веде до сходової клітки з безпосереднім виходом на вулицю. Другий тип – вихід у сусіднє приміщення. Третій тип



передбачає вихід у коридор, що веде до сходової клітки з виходом через вестибюль, відділений перегородкою з дверима.

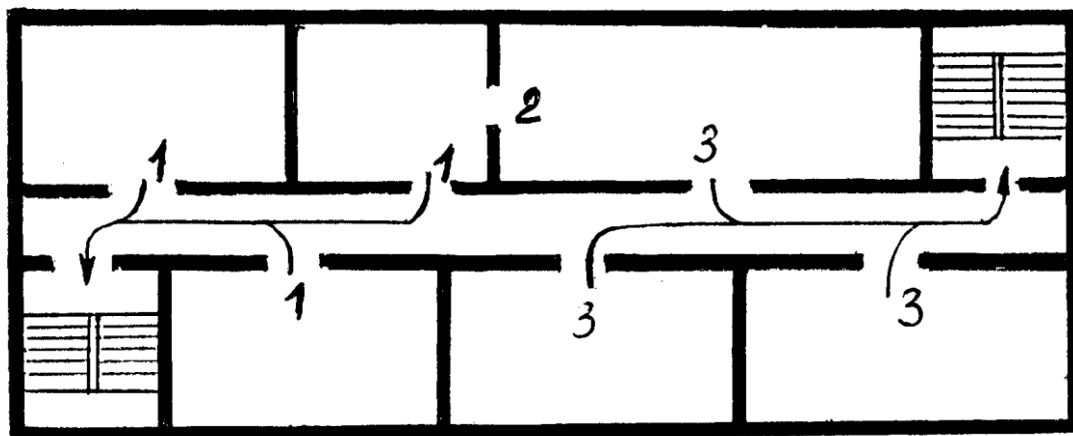


Рис. 5.1. Приклад рішення щодо розташування евакуаційного руху із лабораторних приміщень другого та вищих поверхів.

У випадку використання двох сходових кліток, що з'єднані спільним вестибюлем, одна з них повинна мати вихід безпосередньо назовні, окрім виходу у вестибюль.

Розміщення меблів і обладнання в навчальних приміщеннях не повинно заважати евакуації людей і доступу до засобів пожежогасіння. У навчальних аудиторіях і кабінетах кількість парт та столів не повинна перевищувати норм проектування.

Згідно з чинними нормативними документами, в освітніх установах не можна використовувати килимові покриття з легкої спалахуваності та високим рівнем димоутворення, які є токсичними. У коридорах і холах допускається використання килимів з меншою горючістю, з помірним рівнем димоутворення і низьким рівнем токсичності. Килими мають бути прикріплені до негорючої основи.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися в напрямку виходу з будівлі. Вихідні двері на зовнішніх шляхах евакуації не можуть бути обладнані замками, які не можна відкрити зсередини.

У коридорах, вестибюлях, холах, сходових клітках та дверях евакуаційних виходів повинні бути встановлені знаки безпеки.

Освітні установи повинні мати первинні засоби пожежогасіння, що включають вогнегасники, пожежні крани та системи пожежогасіння. Відповідні норми щодо цих засобів зазначені в таблиці 5.7.

У місцях, де розміщено вогнегасники, мають бути вказані планами евакуації відповідно до Держстандарту 12.1.114-02. Вказівні знаки для визначення місць їх розташування повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.4.026-06\*.

Ручні вогнегасники повинні розміщуватися на висоті не більше 1,5 м від підлоги і бути легкодоступними. Вони повинні бути в захищених від впливу прямих сонячних променів і атмосферних опадів місцях. У разі, якщо вогнегасники розміщені в неопалюваних приміщеннях або на вулиці, їх необхідно знімати в холодний період року. На пожежних стендах повинна бути інформація про місце їх розташування.

Під час перезарядження та технічного обслуговування вогнегасників на їх місце мають бути поставлені резервні вогнегасники.

## 5. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЩОДО РОБОТИ

У представленій магістерській роботі було проведено комплекс лабораторних досліджень для визначення відповідності параметрів світлорозподілу альтернативних світлодіодних джерел світла, встановлених у фари головного освітлення автомобілів, що спочатку були розроблені для галогенних ламп.

Об'єктами дослідження стали світлодіодні джерела світла, призначені для найбільш поширених фар автомобілів, оснащених цоколями H4 та H7. Для досліджень було обрано тринадцять комплектів світлодіодних джерел світла від дев'яти популярних виробників, що представлені на ринку України.

Завдання, виконані в ході дослідження:

1. Здійснено теоретичний аналіз конструктивних особливостей, принципів роботи та вимог до основних світлотехнічних характеристик автомобільних освітлювальних приладів.

2. Встановлено перелік виробників і торгових марок альтернативних джерел світла, які мають найбільший попит і доступні на українському ринку.

3. Створена та сформована методика оцінки світлотехнічних параметрів альтернативних джерел світла, яка є практичною для проведення випробувань.

4. Проведений комплекс лабораторних досліджень відібраних зразків альтернативних джерел світла, систематизовані результати та здійснена оцінка їх технічних та світлотехнічних параметрів.

5. Обґрунтована відповідність світлотехнічних характеристик досліджуваних джерел світла сучасним технічним стандартам світлорозподілу.

Отримані практичні результати роботи включають:

- розроблено універсальну методику для оцінки відповідності світлотехнічних параметрів альтернативних джерел світла.

- визначні фактичні рівні освітленості контрольних зон лабораторного екрана при заміні штатних джерел світла на світлодіодні.

- доведено, що характеристики фар головного освітлення не відповідають нормативним вимогам при встановленні альтернативних джерел світла замість штатних.

- підтверджено недоцільність використання світлодіодних джерел світла в освітлювальних приладах, спроектованих для ламп розжарювання.

Основним висновком даного дослідження проведеного у рамках магістерської роботи є те, що для освітлювальних приладів сучасних автомобілів, розроблених та спроектованих під галогенові лампи з цоколями H4 і H7, слід використовувати тільки відповідні галогенові лампи потужністю 60/55 Вт та 55 Вт відповідно. Новомодні альтернативні світлодіодні джерела світла, адаптовані під ці цоколі, дають недостатньо яскраве світло або, навпаки, можуть засліплювати зустрічних водіїв через конструктивні особливості фар, розрахованих на галогенні лампи. Тому заміна штатних джерел світла на світлодіодні для таких фар є недоцільною, а у деяких випадках і небезпечною.

Отримані результати можуть бути використані при опануванні курсів «Електричне та електронне обладнання автомобілів», «Технічна експлуатація автомобілів», «Технічне обслуговування та ремонт автомобілів» та інших дисциплінах для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт».

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ ПОСИЛАННЯ

1. Pacejka H.V. The magic formula tyre modell. / H.V. Pacejka, E. Bakker // Prog. IstCollog. Models for Vehicle Dynamics Analysis. Delft, 1991. - Amsterdam : Swits and Zeitlinger. - 1993. - P. 1-18.
2. Акатов Е. И., Белов П. М., Дьяченко Н. Х. Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме. - К. : Машинобудування, 1998. - 216 с.]
3. Бібліотека Криворізького національного університету (м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37). – Режим доступу: <http://lib.knu.edu.ua/>,
4. Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г. Моторные топлива и масла для современной техники. /Монография/. – К.; НАУ, 2005. – 216 с.
5. Грамолін А.В., Кузнецов А.С. Пальне, масла, змазки, рідини, матеріали для експлуатації та ремонту автомобілів. - К.: Машинобудування, 1995. - 63 с.
6. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория, [учеб. для вузов] / А.И. Гришкевич. - Мінськ. : Наука., 1986.-208 с.
7. Гурвич И.Б. Долговечность автомобильных двигателей. К., «Машинобудування». 1987. 112 с.
8. Гутаревич Ю. Ф. Екологія автомобільного транспорту: навч.посібник / Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г- К.: Основа, 2002. -312 с.
9. Державна науково-технічна бібліотека України - <https://dntb.gov.ua>
- 10.ДСТУ 12.1.003-03\*. ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2008.
- 11.ДСТУ 12.1.004-01. ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
- 12.ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.

12. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
13. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1999.
14. ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
15. Електронна бібліотека ELIBUKR - <http://www.elibukr.org>
16. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю : ДСТУ 3649-97 / К.: Держстандарт України, - 1998.- 20 с.- (Національні стандарти України).
17. Канарчук В. Е., Арсенюк Ю. В. Визначення технічного стану двигуна без розбирання.— Механізація мл. госп-ва, 1998, № 11, с. 18—19.
18. Канарчук Е. А., Канарчук В. Е. Влияние режимов работы на износ автомобильного двигателя. К-, Киев. торг.-экон. ин-т, 1990. 228 с.
19. Кисликов В. Лищик В. Будова й експлуатація автомобілів. «Либідь», 2000 -150 с.
20. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник – К.: Либідь, 2000. – 400 с.
21. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління». Київ,-Знання-Прес, 2004. - 508 с.
22. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
23. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.
24. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління. – К.: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
25. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. - К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.