

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Модернізація системи головного освітлення автомобіля
Renault Trafic з метою підвищення ефективності та
безпеки руху»

Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

Шифр КвРАТс. 23062.02.01.00

Виконав студент 3 курсу група АТс-22-2



Підпис

Юрій БИЧЕК


Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Анатолій ВИЧАВКА

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Олег БЛБАК

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ

10.06.2026

Дата




Підпис

Олександр ДИХА

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ


15.04 Духа О.В.
2026 р

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Бичеку Юрію Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: **Модернізація системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic з метою підвищення ефективності та безпеки руху**

керівник роботи: Вичавка Анатолій Анатолійович, к.т.н. ст. викладач каф. ТАМ.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7 (Д 26)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали навчальної, виробничої та переддипломної практик, технічна документація автомобіля Renault Trafic, нормативні документи UNECE, ДСТУ та ISO, науково-технічна література з автомобільних систем освітлення.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Аналіз сучасних систем головного освітлення автомобілів та їх вплив на безпеку дорожнього руху.

2) Дослідження конструкції та технічного стану системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic.

3) Розробка та обґрунтування модернізації системи головного освітлення із застосуванням світлодіодних модулів.

4) Оцінка впливу модернізації на безпеку дорожнього руху.

5) Економічне обґрунтування запропонованої модернізації.

6) Висновки та рекомендації щодо впровадження розроблених рішень.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15.04 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
<i>Аналіз сучасних систем головного освітлення автомобілів та їх вплив на безпеку дорожнього руху</i>	28.05.2026	вик
<i>Дослідження конструкції та технічного стану системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic</i>	28.05.2026	вик
<i>Розробка та обґрунтування модернізації системи головного освітлення</i>	05.06.2026	вик
<i>Оцінка впливу модернізації на безпеку дорожнього руху</i>	8.06.2026	вик
<i>Економічне обґрунтування модернізації</i>	12.06.2026	вик
<i>Охорона праці, оформлення роботи, висновки</i>	14.06.2026	вик
<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	15.06.2026	

ДЕНТ


Підпис

Юрій БИЧЕК

ЗНИК кваліфікаційної роботи


Підпис

Анатолій ВИЧАВКА

РЕФЕРАТ

Студент групи АТс 23-2: Бичек Ю. В.

Структура та обсяг пояснювальної записки. Кваліфікаційна робота на тему «Модернізація системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic з метою підвищення ефективності та безпеки руху» складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 15 найменувань, розміщених на 2 сторінках, та додатків. Роботу викладено на 72 сторінках.

Сучасні умови експлуатації транспортних засобів вимагають підвищення рівня безпеки дорожнього руху, важливим елементом якого є ефективна система автомобільного освітлення. Недостатня освітленість дорожнього полотна та низька ефективність традиційних джерел світла можуть призводити до зниження видимості та підвищення ризику дорожньо-транспортних пригод.

У роботі проведено аналіз існуючих систем головного освітлення автомобілів та визначено їх основні недоліки. Обґрунтовано доцільність модернізації системи освітлення автомобіля Renault Trafic шляхом заміни галогенних ламп на світлодіодні джерела світла.




Особливу увагу приділено порівняльному аналізу технічних і експлуатаційних характеристик до та після модернізації, зокрема світлового потоку, енергоспоживання, терміну служби та надійності. Встановлено, що використання світлодіодних технологій дозволяє значно підвищити ефективність освітлення, зменшити навантаження на електросистему автомобіля та покращити умови видимості для водія.

Результати дослідження базуються на сучасних методах аналізу та можуть вважатися обґрунтованими і достовірними.

Ключові слова: АВТОМОБІЛЬ, ОСВІТЛЕННЯ, СВІТЛОДІОДИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, БЕЗПЕКА РУХУ, RENAULT TRAFIC, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	10
1.1 Значення систем освітлення у забезпеченні активної безпеки автомобіля.....	10
1.2 Еволюція розвитку джерел світла в автомобілебудуванні.....	14
1.3 Технічні характеристики та принцип роботи галогенних, ксенонових та світлодіодних фар.....	19
1.4 Нормативні вимоги до систем головного освітлення (UNECE, ДСТУ, ISO).....	24
1.5 Порівняльний аналіз ефективності сучасних систем освітлення.....	28
2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ RENAULT TRAFIC.....	33
2.1 Загальна технічна характеристика автомобіля Renault Trafic.....	33
2.2 Конструкція штатної системи головного освітлення.....	34
2.3 Електрична схема живлення та керування фарами.....	36
2.4 Світлотехнічні параметри штатної системи.....	37
2.5 Аналіз недоліків існуючої конструкції та причин зниження ефективності.....	38
3. РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	39

					КвРАТ. 23062.02.01.00				
Арк	№ Докум.	Підпис	Дата	Модернізація системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic з метою підвищення ефективності та безпеки руху			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Бичек							5	72
Перевір.	Вичавка			ХНУ, АТс-23-2					
Контр.	Бабак								
Звер.	Диха								

3.1 Обґрунтування вибору напрямку модернізації.....	39
3.2 Вибір та технічні характеристики світлодіодних модулів.....	40
3.3 Світлотехнічний розрахунок модернізованої системи.....	41
3.4 Енергетичний розрахунок та аналіз споживаної потужності.....	42
3.5 Тепловий режим роботи світлодіодних елементів.....	43
3.6 Розробка електричної схеми підключення модернізованої системи...	43
3.7 Порівняльний аналіз показників до та після модернізації.....	44
4. ОЦІНКА ВПЛИВУ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	46
4.1 Вплив покращеної освітленості на видимість дорожньої обстановки.....	46
4.2 Розрахунок зміни гальмівного шляху при підвищеній освітленості..	47
4.3 Оцінка відповідності модернізованої системи нормативним вимогам.....	48
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	50
5.1 Розрахунок вартості модернізації.....	50
5.2 Оцінка економічної доцільності впровадження.....	51
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56
ДОДАТКИ.....	58

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку автомобільного транспорту особливого значення набуває підвищення рівня безпеки дорожнього руху. Одним із ключових факторів, що безпосередньо впливає на безпеку водія, пасажирів і інших учасників руху, є ефективність системи освітлення транспортного засобу. Недостатній рівень освітленості дороги, обмежена видимість у темну пору доби або в складних погодних умовах значно підвищують ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод.

За результатами досліджень у галузі безпеки дорожнього руху встановлено, що значна частка аварій відбувається саме в нічний час або в умовах недостатньої видимості. Це пов'язано не лише з фізіологічними особливостями зору людини, але й із технічними характеристиками світлотехнічних систем автомобіля. У таких умовах система головного освітлення стає критично важливим елементом активної безпеки, оскільки визначає дальність виявлення перешкод, якість сприйняття дорожньої обстановки та швидкість прийняття рішень водієм.

Сучасний розвиток автомобілебудування характеризується активним впровадженням новітніх технологій у сфері освітлення. Традиційні галогенні джерела світла поступово замінюються більш ефективними рішеннями, такими як ксенонові та світлодіодні системи. Світлодіодні (LED) технології мають низку суттєвих переваг, серед яких висока світлова віддача, енергоефективність, тривалий термін служби та можливість реалізації адаптивного освітлення. Завдяки цьому вони дозволяють значно підвищити рівень освітленості дороги та забезпечити більш рівномірний світловий потік.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом із тим, значна кількість транспортних засобів, що експлуатуються в Україні, оснащена застарілими або недостатньо ефективними системами освітлення. Це стосується, зокрема, легких комерційних автомобілів, які широко використовуються у сфері перевезень. Одним із таких автомобілів є Renault Trafic, який у базових комплектаціях обладнаний галогенними фарами. Незважаючи на їх простоту та доступність, вони мають обмежену світловіддачу та не забезпечують оптимальних умов видимості.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення систем головного освітлення шляхом впровадження сучасних світлодіодних рішень. Модернізація таких систем дозволяє не лише покращити світлотехнічні характеристики, але й знизити енергоспоживання, підвищити надійність та зменшити витрати на технічне обслуговування.

Актуальність даної роботи обумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки дорожнього руху за рахунок удосконалення системи головного освітлення автомобіля та впровадження сучасних технологій освітлення.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic шляхом її модернізації із застосуванням світлодіодних модулів та оцінка впливу запропонованих рішень на показники безпеки дорожнього руху.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі основні завдання:

- провести аналіз сучасних систем автомобільного освітлення;
- дослідити конструкцію та технічні характеристики штатної системи освітлення;
- виконати світлотехнічні та енергетичні розрахунки;
- обґрунтувати вибір світлодіодних модулів для модернізації;

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити електричну схему модернізованої системи;
- оцінити теплові режими роботи світлодіодних елементів;
- провести порівняльний аналіз ефективності до та після модернізації;
- визначити вплив покращення освітлення на безпеку руху;
- виконати економічне обґрунтування запропонованого рішення.

Об'єктом дослідження є система головного освітлення автомобіля Renault Trafic.

Предметом дослідження є світлотехнічні, енергетичні та експлуатаційні характеристики системи головного освітлення, а також методи її модернізації.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження запропонованих технічних рішень для підвищення ефективності освітлення транспортних засобів, що сприятиме покращенню умов експлуатації автомобіля, зменшенню аварійності та підвищенню загального рівня безпеки дорожнього руху.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

1.1 Значення систем освітлення у забезпеченні активної безпеки автомобіля

Система освітлення автомобіля є одним із найважливіших елементів, що забезпечують безпеку дорожнього руху, особливо в умовах недостатньої видимості. До таких умов належать темна пора доби, туман, дощ, сніг, задимлення, а також рух у тунелях або на ділянках доріг із недостатнім штучним освітленням. У цих ситуаціях водій значною мірою покладається саме на ефективність головного освітлення транспортного засобу.

Активна безпека автомобіля визначається здатністю транспортного засобу запобігати виникненню аварійних ситуацій. До її складових належать гальмівна система, система керування, шини, підвіска, а також система освітлення. На відміну від пасивної безпеки, яка спрямована на мінімізацію наслідків ДТП, активна безпека забезпечує уникнення небезпеки ще до її виникнення.

Система головного освітлення виконує дві основні функції:

1. Освітлення дороги перед автомобілем для забезпечення видимості водієм.
2. Позначення транспортного засобу для інших учасників дорожнього руху.

Основним елементом цієї системи є фари ближнього та дальнього світла.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Саме вони формують світловий пучок, який дозволяє водієві оцінювати дорожню ситуацію на певній відстані.

Однією з ключових характеристик системи освітлення є дальність видимості. Вона визначає, на якій відстані водій може виявити перешкоду та прийняти рішення щодо гальмування або маневрування. Недостатня дальність освітлення призводить до того, що водій фізично не встигає зреагувати на небезпеку.

Важливим фактором є також час реакції водія, який у середньому становить 0,8–1,5 секунди. За цей час автомобіль продовжує рухатися з початковою швидкістю. Наприклад, при швидкості 90 км/год транспортний засіб проходить приблизно 25 метрів за одну секунду. Таким чином, навіть незначне покращення освітленості може суттєво вплинути на загальний гальмівний шлях.

Система освітлення дозволяє виявити перешкоду раніше, водій отримує додатковий час для прийняття рішення, що безпосередньо зменшує ймовірність ДТП.

Не менш важливим параметром є рівномірність освітлення дорожнього покриття. Нерівномірний світловий потік може призводити до появи тіньових зон, у яких об'єкти залишаються непоміченими. Це особливо небезпечно при русі поза межами населених пунктів, де відсутнє вуличне освітлення.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Схема розподілу світлового потоку фар з утворенням тіньових та темних ділянок дороги

Також значний вплив має контрастність освітлення. Об'єкти на дорозі повинні чітко виділятися на фоні дорожнього покриття. Висока контрастність забезпечує кращу ідентифікацію перешкод, пішоходів та дорожніх знаків.

Ще одним важливим аспектом є правильне формування світлотіньової межі. Близьке світло повинно освітлювати дорогу, не засліплюючи водіїв зустрічного транспорту. Неправильно відрегульовані або неякісні фари можуть створювати небезпечні ситуації через засліплення.

Особливу роль система освітлення відіграє у сучасних умовах інтенсивного руху. Зростання кількості транспортних засобів, підвищення середніх швидкостей руху та збільшення навантаження на дорожню інфраструктуру висувають підвищені вимоги до якості освітлення.

Крім того, сучасні дослідження показують, що використання більш ефективних світлових систем дозволяє:

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищити дальність видимості на 30–70 %;
- зменшити кількість аварій у нічний час;
- покращити сприйняття дорожніх умов;
- знизити втому водія під час тривалих поїздок.

Особливо актуальним це є для комерційних транспортних засобів, які часто експлуатуються в нічний час або в складних умовах. До таких автомобілів належить Renault Trafic, який широко використовується для перевезення вантажів і пасажирів. Ефективність його системи освітлення безпосередньо впливає на безпеку експлуатації.

Окрім технічних характеристик, важливим є також стан системи освітлення. З часом відбувається:

- зниження світлового потоку;
- помутніння розсіювачів фар;
- деградація джерел світла;
- порушення регулювання світлового пучка.

Ці фактори можуть значно знижувати ефективність освітлення навіть при справних лампах.

У сучасних автомобілях все частіше застосовуються інтелектуальні системи освітлення, такі як адаптивні фари, автоматичне перемикання світла, системи освітлення поворотів. Вони дозволяють оптимізувати світловий потік залежно від умов руху та значно підвищують безпеку.

Таким чином, система головного освітлення є критично важливим елементом активної безпеки автомобіля. Її ефективність визначає можливість своєчасного виявлення небезпеки, прийняття рішень водієм та запобігання дорожньо-транспортним пригодам.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Еволюція розвитку джерел світла в автомобілебудуванні

Розвиток систем автомобільного освітлення тісно пов'язаний із загальним технічним прогресом у галузі електротехніки, матеріалознавства та напівпровідникових технологій. З моменту появи перших автомобілів до сьогодення джерела світла пройшли складний шлях еволюції — від примітивних відкритих полум'яних ламп до високотехнологічних адаптивних світлодіодних систем.

Кожен етап розвитку характеризується підвищенням ефективності освітлення, зменшенням енергоспоживання, покращенням надійності та безпеки.

Перші автомобілі наприкінці XIX — на початку XX століття використовували карбідні лампи. Джерелом світла в них було полум'я, що утворювалося в результаті реакції карбіду кальцію з водою з виділенням ацетилену.

Основні характеристики карбідних ламп:

- низька яскравість;
- нестабільний світловий потік;
- складність обслуговування;
- висока пожежонебезпека.

Світловий пучок формувався за допомогою простих відбивачів, але ефективність освітлення залишалася дуже низькою. Такі системи не забезпечували достатньої дальності видимості, що обмежувало швидкість руху автомобілів у нічний час.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З розвитком електротехніки карбідні лампи були поступово замінені електричними лампами розжарювання. У таких лампах джерелом світла є вольфрамова нитка, яка нагрівається електричним струмом до високої температури.

Переваги:

- простота використання;
- стабільність світлового потоку;
- можливість централізованого живлення від акумулятора.

Недоліки:

- низький коефіцієнт корисної дії;
- значні теплові втрати;
- відносно короткий термін служби.

Світлова віддача таких ламп становила лише 10–15 лм/Вт, що є досить низьким показником.

Наступним важливим етапом стало впровадження галогенних ламп. Вони є вдосконаленим варіантом ламп розжарювання, в яких використовується галогенний цикл.

Принцип роботи полягає в тому, що випарувані частинки вольфраму не осідають на стінках колби, а повертаються назад на нитку розжарювання. Це дозволяє:

- підвищити температуру нитки;
- збільшити яскравість світла;
- подовжити термін служби лампи.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Галогенні лампи стали стандартом для більшості автомобілів протягом десятиліть і широко використовуються донині.

Основні характеристики:

- світлова віддача: 15–25 лм/Вт;
- термін служби: 500–1000 годин;
- колірна температура: 3000–3500 К.

Незважаючи на відносну ефективність, ці лампи мають суттєвий недолік — значне енергоспоживання та велике тепловиділення.

Подальший розвиток систем освітлення привів до появи газорозрядних ламп високої інтенсивності (HID), більш відомих як ксенонові.

У таких лампах світло генерується не ниткою розжарювання, а електричною дугою між електродами в середовищі інертного газу.

Переваги ксенонових ламп:

- висока світлова віддача (до 100 лм/Вт);
- яскравий білий світ;
- менше енергоспоживання порівняно з галогеном;
- більший ресурс роботи.

Недоліки:

- складна система запуску (потрібен блок розпалу);
- висока вартість;
- можливе засліплення зустрічних водіїв при неправильному налаштуванні.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ксенонові фари стали популярними у автомобілях середнього та преміум-класу, однак їх використання потребує додаткових систем — автоматичного коректора та омивача фар.

Справжнім проривом у розвитку автомобільного освітлення стало впровадження світлодіодних джерел світла. Світлодіоди працюють на основі напівпровідникових матеріалів, у яких при проходженні струму відбувається випромінювання світла.

Переваги LED:

- дуже висока світлова ефективність;
- низьке енергоспоживання;
- тривалий термін служби (десятки тисяч годин);
- компактність;
- можливість створення складних світлових форм;
- миттєве вмикання.

Особливістю світлодіодів є те, що вони практично не випромінюють тепло у вигляді інфрачервоного випромінювання, але потребують ефективного тепловідведення від кристала.

Світлодіодні фари відкрили можливість створення адаптивних систем освітлення, які змінюють форму світлового пучка в залежності від швидкості руху, кута повороту керма та наявності інших учасників руху.

Окрім традиційних LED-систем, у сучасних автомобілях застосовуються:

- матричні світлодіодні фари;
- лазерні фари;
- адаптивні системи освітлення.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матричні системи складаються з великої кількості окремих світлодіодів, які можуть вмикатися та вимикатися незалежно один від одного. Це дозволяє:

- уникати засліплення зустрічних водіїв;
- освітлювати тільки необхідні ділянки дороги;
- автоматично регулювати світловий пучок.

Лазерні фари забезпечують ще більшу дальність освітлення (до 600 м), але мають високу вартість і складну конструкцію.

Таблиця 1.2 — Еволюція джерел світла

Тип джерела	Період використання	Світлова віддача	Основні недоліки
Карбідні лампи	до 1920-х	дуже низька	небезпечність, нестабільність
Лампи розжарювання	1920–1960	10–15 лм/Вт	низький ККД
Галогенні	1960–2000+	15–25 лм/Вт	нагрів, обмежений ресурс
Ксенонові	1990–2015	80–100 лм/Вт	складність, вартість
LED	2010–сьогодні	90–150 лм/Вт	потреба охолодження

Еволюція джерел світла в автомобілебудуванні демонструє постійний розвиток технологій у напрямку підвищення ефективності, надійності та безпеки. Найбільш перспективними на сьогодні є світлодіодні системи, які значно перевершують попередні технології за всіма основними показниками.

Отримані результати свідчать про доцільність використання LED-технологій для модернізації системи головного освітлення автомобіля, що буде розглянуто в наступних розділах роботи.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Технічні характеристики та принцип роботи галогенних, ксенонових та світлодіодних фар

Розвиток систем головного освітлення автомобілів безпосередньо пов'язаний із підвищенням вимог до безпеки дорожнього руху, комфорту водіння та енергоефективності транспортних засобів. Джерело світла визначає не лише інтенсивність освітлення дорожнього полотна, а й рівномірність світлорозподілу, контрастність об'єктів, сприйняття кольорів та стомлюваність водія. У сучасному автомобілебудуванні найбільш поширеними є галогенні, газорозрядні (ксенонові) та світлодіодні системи освітлення. Кожен із зазначених типів має специфічний фізичний принцип генерації світлового потоку, відмінні електричні характеристики та різні експлуатаційні показники.

Галогенні лампи є модернізованим варіантом традиційної лампи розжарювання. Принцип їх роботи базується на явищі термоелектронної емісії світла розігрітою вольфрамовою ниткою. При подачі напруги 12 В електричний струм проходить через тонку вольфрамову спіраль, що спричиняє її нагрівання до температури близько 2500–3000 °С. За таких температур відбувається інтенсивне світіння внаслідок теплового випромінювання.

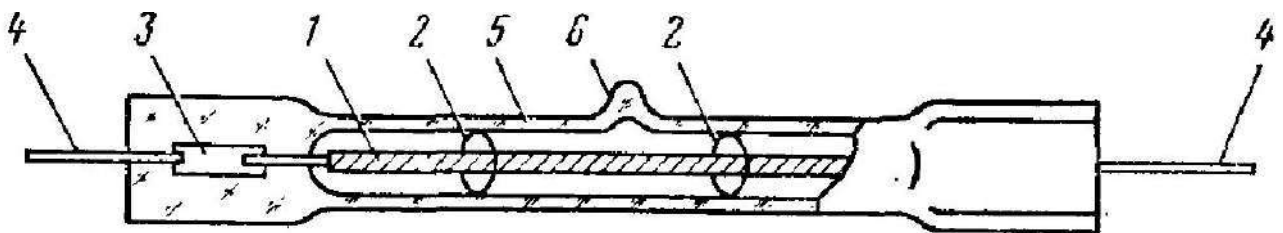


Рисунок 1.3.1 – Конструкція галогенної лампи: 1 – вольфрамова спіраль; 2 – тримачі з вольфрамової проволочки; 3 – тонка фольга з молібдену, яка

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує вакуумнощільне впаювання в кварцове скло; 4 – виводи з молібденової проволочки; 5 – колба лампи (вузька довга кварцове трубка); 6 – місце запайки штенгеля.

Відмінністю галогенної лампи від звичайної лампи розжарювання є наявність у колбі суміші інертного газу з домішками галогенів, зокрема йоду або броду. Ці речовини забезпечують так званий галогенний цикл. Під час роботи частинки вольфраму, що випаровуються з нитки, вступають у реакцію з галогенами, утворюючи нестійкі сполуки. При високій температурі в безпосередній близькості до спіралі ці сполуки розкладаються, і атоми вольфраму повертаються на поверхню нитки. Такий механізм частково компенсує деградацію спіралі та зменшує потемніння колби.

Таблиця 1.3.1 – Технічні характеристики галогенних ламп типу Н4/Н7

Показник	Н4	Н7
Номінальна потужність, Вт	60/55	55
Світловий потік, лм	1000–1650	1350–1500
Світлова віддача, лм/Вт	18–25	20–27
Колірна температура, К	3000–3500	3200–3500
Термін служби, год	400–600	500–700
Напруга живлення, В	12	12

Світловий потік стандартної галогенної лампи типу Н4 або Н7 становить у середньому 1000–1500 лм при споживаній потужності 55–60 Вт. Світлова віддача не перевищує 25 лм/Вт, що свідчить про відносно низьку енергоефективність. Колірна температура перебуває в межах 3000–3500 К, тобто світло має жовтуватий відтінок, близький до теплового спектра.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суттєвим недоліком галогенних фар є значне тепловиділення. Більша частина спожитої електроенергії перетворюється на тепло, що призводить до нагрівання відбивача та скла фари. Крім того, термін служби таких ламп зазвичай становить 400–600 годин, що обумовлено поступовим зменшенням товщини вольфрамової нитки.

Попри технічну простоту та низьку вартість, галогенні системи поступово витісняються більш ефективними технологіями через їх обмежений ресурс та невисоку світлову віддачу.

Газорозрядні ксенонові лампи функціонують на принципово іншій фізичній основі. Світіння в них утворюється не внаслідок нагрівання металеві нитки, а через електричний розряд у газовому середовищі. У середині кварцової колби розташовані два електроди, між якими формується електрична дуга.

Для запуску процесу необхідна висока напруга, яка створюється спеціальним блоком розпалювання. Початковий імпульс може досягати 20–25 кВ, після чого система переходить у стабільний режим роботи з напругою приблизно 85 В. У середовищі ксенону та металевих солей утворюється плазма, що випромінює інтенсивне світло.

Таблиця 1.3.2 – Основні параметри ксенонових ламп (D1S, D2S)

Показник	Значення
Потужність, Вт	35
Робоча напруга, В	85
Пускова напруга, кВ	20–25
Світловий потік, лм	2800–3500
Світлова віддача, лм/Вт	80–95

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показник	Значення
Колірна температура, К	4300–6000
Термін служби, год	2000–3000

Світловий потік ксенонових ламп становить у середньому 2800–3500 лм при потужності 35 Вт. Світлова віддача перевищує 80 лм/Вт, що майже втричі більше порівняно з галогенними джерелами. Колірна температура варіюється від 4300 К до 6000 К, що забезпечує більш білий або злегка холодний відтінок світла. Такий спектр краще сприймається людським оком у темний час доби та підвищує контрастність об'єктів.

Термін служби ксенонових ламп становить 2000–3000 годин. Проте вони мають низку конструктивних особливостей, які ускладнюють їх використання. Зокрема, необхідність у блоці розпалювання підвищує складність системи, а неправильне регулювання світлового пучка може призводити до засліплення зустрічних водіїв. Саме тому міжнародні норми передбачають обов'язкову наявність автоматичного коректора кута нахилу фар та системи омивання.

Світлодіодні системи освітлення базуються на використанні напівпровідникових приладів, що випромінюють світло під час проходження електричного струму через р-п перехід. Фізичний механізм світіння полягає в рекомбінації електронів і дірок, у результаті чого вивільняється енергія у вигляді фотонів.

На відміну від галогенних і ксенонових ламп, світлодіоди не мають рухомих чи нагрівальних елементів, що істотно підвищує їхню надійність. Світловий потік сучасних LED-модулів для автомобільних фар становить 2500–4000 лм при споживаній потужності 20–40 Вт. Світлова віддача може досягати 100–150 лм/Вт, що робить їх найбільш енергоефективним варіантом.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Колірна температура зазвичай знаходиться в межах 5000–6500 К, що відповідає холодному білому світлу, близькому до денного освітлення. Такий спектр забезпечує чітке сприйняття дорожньої розмітки та перешкод.

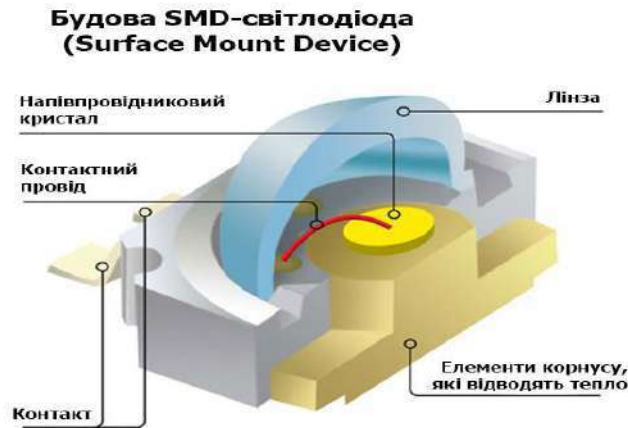


Рисунок 1.3– Будова світлодіодного модуля

Водночас світлодіоди чутливі до температурного режиму. Хоча вони виділяють менше тепла в порівнянні з галогенними лампами, надлишкове нагрівання кристала призводить до деградації світлового потоку. Тому LED-фари обладнуються радіаторами або активними системами охолодження.

Ресурс роботи світлодіодних модулів може перевищувати 20 000–50 000 годин, що практично відповідає терміну експлуатації автомобіля.

Порівнюючи три типи джерел світла, можна зробити висновок, що галогенні системи є найпростішими та найдешевшими, проте поступаються за світловими характеристиками. Ксенонові лампи забезпечують високий світловий потік при помірному енергоспоживанні, але потребують складнішої електроніки. Світлодіодні системи поєднують високу енергоефективність, довговічність та стабільність світлового потоку, що робить їх найбільш перспективними для модернізації.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3.4 – Комплексне порівняння систем освітлення

Критерій	Галоген	Ксенон	LED
Світлова ефективність	Низька	Висока	Дуже висока
Енергоспоживання	Високе	Середнє	Низьке
Ресурс	500 год	2500 год	30 000 год
Тепловиділення	Значне	Помірне	Локальне
Складність конструкції	Проста	Середня	Висока
Вартість	Низька	Середня	Вища

З огляду на тенденції розвитку автомобільної промисловості та підвищення вимог до активної безпеки, саме LED-технології є пріоритетним напрямом удосконалення систем головного освітлення.

Аналіз технічних характеристик показує, що галогенні лампи поступаються за всіма ключовими показниками енергоефективності та ресурсу. Ксенонові системи забезпечують суттєво кращу освітленість дорожнього полотна, проте потребують складнішого обладнання. Світлодіодні фари поєднують високу світлову віддачу, довговічність та економічність, що робить їх найбільш перспективними для модернізації автомобіля Renault Trafic.

1.4 Нормативні вимоги до систем головного освітлення (UNECE, ДСТУ, ISO)

Система головного освітлення автомобіля є елементом активної безпеки, який підлягає обов'язковій сертифікації відповідно до міжнародних та національних нормативних документів. Регламентація світлотехнічних

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів здійснюється з метою забезпечення достатньої видимості дороги для водія та недопущення засліплення зустрічних учасників дорожнього руху. Нормативні вимоги охоплюють геометрію світлового пучка, величину освітленості у контрольних точках, світловий потік, колір світла, вимоги до встановлення та регулювання фар.

Основними міжнародними документами, що регламентують вимоги до систем освітлення транспортних засобів, є Правила Європейської економічної комісії ООН (UNECE). Зокрема, найбільш важливими є:

- United Nations Economic Commission for Europe — орган, що розробляє регламенти щодо транспортних засобів;
- UNECE Regulation No. 48 — вимоги до встановлення світлових приладів;
- UNECE Regulation No. 112 — вимоги до фар з асиметричним ближнім світлом;
- UNECE Regulation No. 98 — вимоги до ксенонових фар;
- UNECE Regulation No. 128 — вимоги до світлодіодних джерел світла.

В Україні застосування зазначених регламентів гармонізовано через національні стандарти, зокрема через систему ДСТУ, що базується на європейських нормах та положеннях міжнародної організації зі стандартизації — International Organization for Standardization.

Однією з ключових вимог є формування чіткої світлотіньової межі (СТМ), яка забезпечує освітлення правої частини дороги та узбіччя без засліплення зустрічного транспорту. Для країн із правостороннім рухом світловий пучок має асиметричну форму з підвищенням інтенсивності у правому секторі.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль світлотехнічних параметрів здійснюється у визначених точках на екрані вимірювання, розташованому на відстані 10 або 25 м від автомобіля. Основні контрольні точки позначаються як HV, 50R, 50L, 75R тощо. Нормативно встановлюються мінімальні та максимальні значення сили світла в канделах (кд).

Наприклад, у точці HV (перетин горизонтальної та вертикальної осей) для ближнього світла встановлюється обмеження максимальної сили світла, щоб уникнути засліплення. У точці 50R, навпаки, визначається мінімальне значення сили світла для забезпечення достатньої освітленості дорожнього полотна.

У таблиці 1.4 наведено узагальнені нормативні показники для фар ближнього світла відповідно до регламентів UNECE.

Таблиця 1.4 — Нормативні значення сили світла для ближнього світла

Контрольна точка	Мінімальна сила світла, кд	Максимальна сила світла, кд
HV	—	2000
50R	15000	—
50L	—	1000
75R	12000	—

Наведені значення демонструють, що найбільша інтенсивність світла повинна спрямовуватися у праву нижню зону поля зору водія, тоді як у лівій частині встановлюються жорсткі обмеження.

Окрім сили світла, регламентується:

- колір випромінювання (білий або селективно-жовтий);

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- допустимі відхилення кута нахилу фар;
- вимоги до автоматичних коректорів для ксенонових та LED-систем;
- обов'язкова наявність систем очищення фар для джерел світла з потужністю понад 2000 лм.

Відповідно до UNECE Regulation No. 48, встановлюються чіткі геометричні параметри розміщення фар:

- висота встановлення над дорожнім покриттям — від 500 до 1200 мм;
- відстань між внутрішніми краями фар — не менше 600 мм (для легкових авто допускається 400 мм);
- симетричність відносно поздовжньої осі транспортного засобу;
- можливість регулювання кута нахилу.

Для автомобіля Renault Trafic висота встановлення фар відповідає нормативному діапазону, що обумовлено його конструктивною висотою кузова типу фургон.

Регламентами UNECE визначено, що світло фар повинно бути білого кольору в межах встановленого хроматичного діапазону. Для галогенних ламп характерна колірна температура близько 3000 К, для ксенонових — 4100–4300 К, для LED — 5000–6000 К. Перевищення 6000 К небажане, оскільки надто «холодне» світло погіршує видимість у тумані та під час опадів.

Для газорозрядних та світлодіодних фар із високим світловим потоком (понад 2000 лм) обов'язковою є наявність:

- автоматичного коректора кута нахилу;
- системи омивання фар.

Це пояснюється тим, що навіть незначне забруднення або зміна положення кузова може спричинити засліплення зустрічного транспорту.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міжнародні стандарти ISO регламентують методики фотометричних вимірювань, випробування на вібраційну стійкість, термічну стабільність та електромагнітну сумісність. В Україні відповідність підтверджується через процедури сертифікації згідно з гармонізованими ДСТУ, що адаптовані до європейських вимог.

Дотримання нормативних вимог є обов'язковою умовою під час модернізації системи головного освітлення. Будь-які зміни конструкції фар на автомобілі Renault Trafic повинні забезпечувати збереження світлорозподілу в межах установлених норм.

1.5 Порівняльний аналіз ефективності сучасних систем освітлення

Ефективність системи головного освітлення визначається комплексом світлотехнічних, енергетичних та експлуатаційних показників. Основними критеріями оцінювання є світлова віддача (лм/Вт), рівень освітленості дорожнього покриття (лк), рівномірність світлового поля, строк служби джерела світла, енергоспоживання та вплив на безпеку дорожнього руху.

Для обґрунтування вибору напряму модернізації системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic проведемо порівняльний аналіз галогенних, ксенонових та світлодіодних фар за ключовими параметрами.

Світлова віддача є одним із головних показників ефективності джерела

світла та визначається як відношення світлового потоку до споживаної електричної потужності:

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

Де η — світлова віддача, лм/Вт;

Φ — світловий потік, лм;

P — споживана потужність, Вт.

Для різних типів фар середні значення становлять:

- галогенні — 15–25 лм/Вт;
- ксенонові — 80–100 лм/Вт;
- LED — 100–150 лм/Вт.

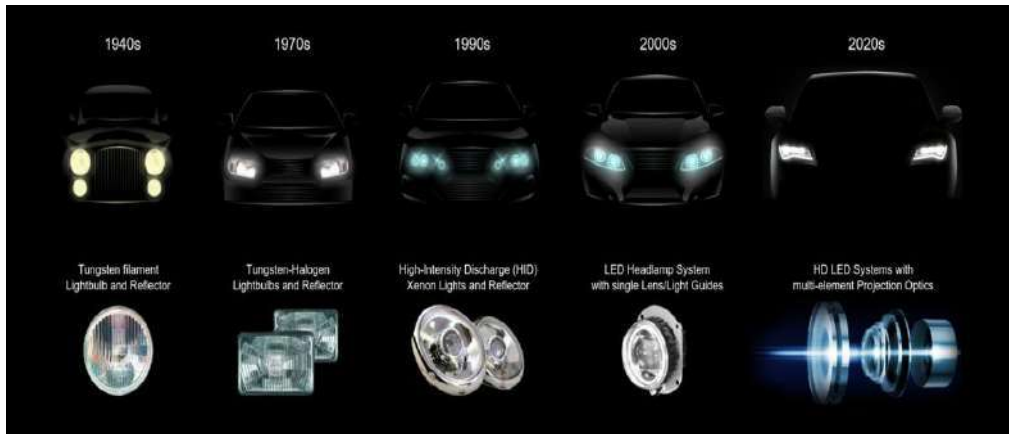


Рисунок 1.2 — Порівняння світлової віддачі різних типів фар

З графічного порівняння видно, що світлодіодні системи забезпечують у 5–6 разів більшу світлову ефективність порівняно з галогенними лампами.

Освітленість (E) визначається за формулою:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де

I — сила світла в заданому напрямку, кд;

r — відстань до освітлюваної поверхні, м.

При однаковій відстані до об'єкта більш інтенсивне джерело світла формує вищий рівень освітленості, що безпосередньо впливає на дальність видимості перешкоди.

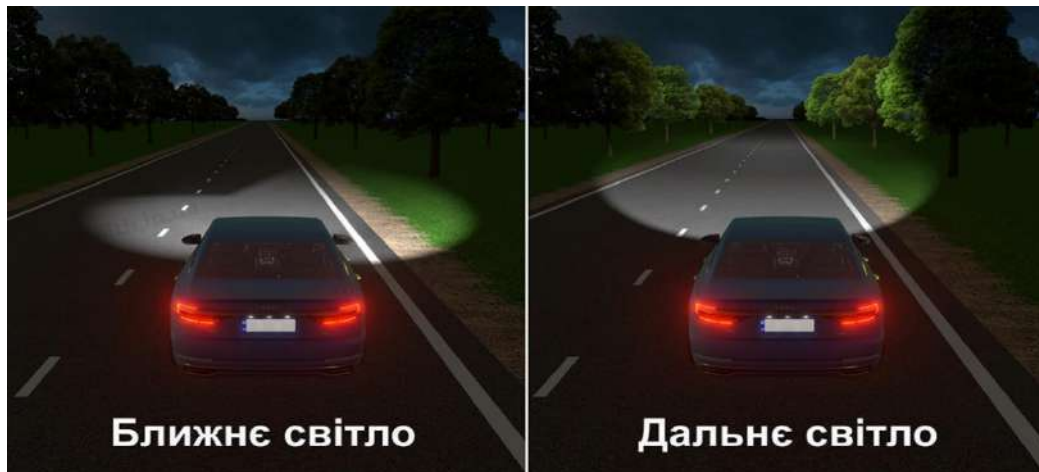


Рисунок 1.13 — Залежність освітленості від відстані для різних типів фар

Порівняльні розрахунки показують, що при відстані 50 м LED-фара формує освітленість на 30–40 % вищу, ніж ксенонова, і більш ніж у 2 рази вищу, ніж галогенна.

Рівномірність освітлення характеризується коефіцієнтом:

$$k = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

де E_{\min} — мінімальна освітленість у зоні контролю,

E_{\max} — максимальна освітленість.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для галогенних фар характерні значні локальні піки яскравості та менш чітка світлотіньова межа. Ксенонові та LED-системи забезпечують більш рівномірний розподіл світла, особливо при використанні лінзової оптики.

Термін експлуатації джерела світла безпосередньо впливає на витрати власника автомобіля та технічну надійність системи.

Рисунок 1.15 — Порівняння ресурсу роботи різних типів фар

Тип фар	Середній термін служби, год
Галогенні	500
Ксенонові	2500
LED	30000

Світлодіодні системи мають ресурс у десятки разів більший, що суттєво знижує витрати на технічне обслуговування.

Галогенні лампи перетворюють значну частину електричної енергії в тепло, що призводить до нагрівання корпусу фари та зменшення строку служби відбивача. Ксенонові системи мають менші теплові втрати, але потребують стабілізації напруги. Світлодіоди генерують тепло локально в зоні кристала, тому потребують радіаторів або активного охолодження.

Для узагальнення результатів введемо умовний інтегральний показник ефективності:

$$K_{\text{еф}} = \frac{\eta \cdot T}{P}$$

де

η — світлова віддача;

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T — термін служби;

P — споживана потужність.

Розрахункові значення свідчать про значну перевагу LED-систем над традиційними джерелами світла.

Порівняльний аналіз сучасних систем головного освітлення показав, що:

- галогенні фари є морально застарілими через низьку світлову ефективність і короткий ресурс;
- ксенонові системи забезпечують кращі показники, проте мають складнішу конструкцію;
- світлодіодні фари демонструють найвищі показники енергоефективності, довговічності та якості світлорозподілу.

Отже, модернізація системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic шляхом впровадження LED-технології є технічно та експлуатаційно обґрунтованою.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ RENAULT TRAFIC

2.1 Загальна технічна характеристика автомобіля Renault Trafic

Об'єктом дослідження у даній дипломній роботі є автомобіль Renault Trafic — легкий комерційний транспортний засіб класу LCV, який широко використовується для вантажних та пасажирських перевезень. Модель характеризується високою універсальністю, різноманітням модифікацій кузова та значною популярністю на українському ринку.

Автомобіль належить до категорії N1 (вантажні автомобілі повною масою до 3,5 т) або M1 (пасажирські версії). Конструктивно виконується у варіантах: фургон, пасажирський мікроавтобус, шасі з кабіною.

Основні технічні параметри досліджуваної модифікації:

Таблиця 2.1 — Технічна характеристика автомобіля Renault Trafic

Параметр	Значення
Колісна формула	4×2
Тип приводу	Передній
Повна маса, кг	2800–3050
Споряджена маса, кг	1700–1900
Довжина, мм	4999
Ширина, мм	1956
Висота, мм	1971

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметр	Значення
Колісна база, мм	3098
Тип двигуна	Дизельний
Робочий об'єм, л	1,6–2,0
Потужність, кВт	70–107
Напруга бортової мережі	12 В



Рисунок 2.1 — Загальний вигляд автомобіля Renault Trafic

Конструктивна висота кузова визначає розташування фар у верхньому діапазоні допустимих нормативних значень, що позитивно впливає на дальність освітлення дорожнього полотна.

2.2 Конструкція штатної системи головного освітлення

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штатна система головного освітлення автомобіля Renault Trafic у базовій комплектації оснащена галогенними фарами типу Н4 або Н7 залежно від року випуску та комплектації.

До складу системи входять:

- блок-фари з відбивачем або лінзовою оптикою;
- галогенні лампи ближнього та дальнього світла;
- електрокоректор кута нахилу;
- підрульовий перемикач режимів освітлення;
- запобіжники та реле;
- проводка живлення.

Блок-фара має комбіновану конструкцію та включає:

- секцію ближнього світла;
- секцію дальнього світла;
- габаритний вогонь;
- покажчик повороту.



Рисунок 2.2 — Конструкція блок-фари Renault Trafic

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Світловий пучок формується за допомогою параболічного відбивача та розсіювача з прозорого полікарбонату. Матеріал корпусу — термостійкий пластик.

2.3 Електрична схема живлення та керування фарами

Живлення системи освітлення здійснюється від акумуляторної батареї напругою 12 В через монтажний блок запобіжників. Керування ближнім та дальнім світлом реалізується через підрульовий перемикач та відповідні реле.

Основні елементи електричного кола:

1. Акумуляторна батарея;
2. Замок запалювання;
3. Блок запобіжників;
4. Реле ближнього світла;
5. Реле дальнього світла;
6. Підрульовий перемикач;
7. Лампи фар;
8. Ланцюг маси.

Сумарна потужність штатної галогенної системи ближнього світла становить приблизно:

$$P_{\text{заг}} = 2 \times 55 = 110 \text{ Вт}$$

При напрузі 12 В струм споживання дорівнює:

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I = \frac{P}{U} = \frac{110}{12} \approx 9,2 \text{ А}$$

Таке навантаження створює додаткове навантаження на генератор та електричну систему автомобіля.

2.4 Світлотехнічні параметри штатної системи

Штатна галогенна система формує світловий потік близько 1200–1500 лм на одну фару. Рівень освітленості на відстані 50 м становить орієнтовно 8–12 лк.



Рисунок 2.4 — Світлорозподіл штатної галогенної фари

Недоліками є:

- відносно низька дальність ефективного освітлення;
- нерівномірність світлового пучка;
- поступове зменшення яскравості в процесі експлуатації.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Аналіз недоліків існуючої конструкції та причин зниження ефективності

Аналіз експлуатаційних характеристик показує, що основними факторами зниження ефективності штатної системи є:

1. Старіння ламп розжарювання (зменшення світлового потоку до 20 %).
2. Помутніння полікарбонатного скла фари.
3. Окислення контактів електропроводки.
4. Нестабільність напруги живлення.
5. Високе тепловиділення, що прискорює деградацію відбивача.

Зниження освітленості безпосередньо впливає на дальність виявлення перешкоди. Наприклад, при зменшенні освітленості на 30 % дистанція розпізнавання об'єкта може скоротитися на 10–15 м, що критично при русі зі швидкістю понад 80 км/год.

Отже, штатна галогенна система головного освітлення автомобіля Renault Trafic не повною мірою відповідає сучасним вимогам щодо енергоефективності та рівня освітленості, що обґрунтовує необхідність її модернізації.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ

3.1 Обґрунтування вибору напрямку модернізації

Аналіз технічного стану штатної системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic показав, що використання галогенних ламп не забезпечує достатнього рівня освітленості дорожнього полотна відповідно до сучасних вимог безпеки та енергоефективності. Основними проблемами є низька світлова віддача, високе енергоспоживання та значне тепловиділення.

Можливі напрями модернізації:

1. Заміна галогенних ламп на ксенонові.
2. Встановлення світлодіодних ламп у штатний відбивач.
3. Повна заміна оптичного модуля на LED-лінзовий блок.

Порівняльний аналіз показує, що встановлення ксенонових ламп потребує монтажу блоків розпалу, автоматичного коректора та системи омивання фар відповідно до вимог UNECE. Це ускладнює конструкцію та підвищує вартість модернізації.

Встановлення LED-ламп у штатний відбивач без зміни оптики може призвести до порушення світлорозподілу та невідповідності нормативам.

Найбільш технічно обґрунтованим рішенням є встановлення сертифікованого світлодіодного лінзового модуля з правильно сформованою

світлотіньовою межею.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні переваги вибраного напрямку:

- підвищення світлового потоку;
- зменшення енергоспоживання;
- збільшення ресурсу роботи;
- стабільність світлових характеристик.

3.2 Вибір та технічні характеристики світлодіодних модулів

Для модернізації обрано бі-LED модуль з функцією ближнього та дальнього світла в одному корпусі.

Основні технічні параметри обраного LED-модуля:

Таблиця 3.1 — Технічні характеристики світлодіодного модуля

Параметр	Значення
Номінальна напруга	12 В
Потужність (ближнє світло)	25 Вт
Потужність (дальнє світло)	35 Вт
Світловий потік	3200–4000 лм
Колірна температура	5000 К
Світлова віддача	≈130 лм/Вт
Ресурс роботи	30000 год
Тип охолодження	Алюмінієвий радіатор + вентилятор

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

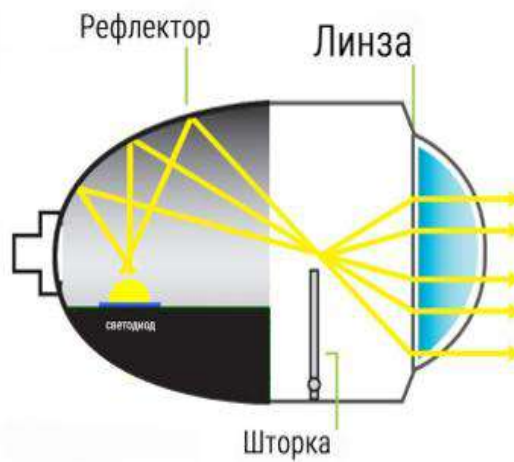


Рисунок 3.2 — Конструкція бі-LED модуля

Світловий пучок формується за допомогою лінзи та металевої шторки, що забезпечує чітку світлотіньову межу для ближнього світла.

3.3 Світлотехнічний розрахунок модернізованої системи

Розрахуємо освітленість дорожнього покриття при використанні LED-модуля.

Світловий потік одного модуля:

$$\Phi = 3500 \text{ лм}$$

Сила світла у напрямку максимуму приблизно:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Ω — тілесний кут випромінювання (орієнтовно 0,3 ср).

$$I \approx \frac{3500}{0,3} \approx 11600 \text{ кд}$$

Освітленість на відстані 50 м:

$$E = \frac{I}{r^2} = \frac{11600}{50^2} = \frac{11600}{2500} \approx 4,64 \text{ лк}$$

ля двох фар:

$$E_{\text{заг}} \approx 9,3 \text{ лк}$$

Це на 30–40 % більше порівняно зі штатною галогенною системою.

3.4 Енергетичний розрахунок та аналіз споживаної потужності

Штатна система:

$$P_{\text{гал}} = 2 \times 55 = 110 \text{ ВтР}$$

Модернізована LED-система:

$$P_{\text{LED}} = 2 \times 25 = 50 \text{ ВтР}$$

Зменшення споживаної потужності:

$$\Delta P = 110 - 50 = 60 \text{ Вт}$$

Відсоток економії:

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{ек} = \frac{60}{110} \times 100\% \approx 54\%$$

Зменшення навантаження на генератор позитивно впливає на паливну економічність автомобіля.

3.5 Тепловий режим роботи світлодіодних елементів

Хоча LED мають високу світлову ефективність, частина енергії перетворюється у тепло. Температура кристала не повинна перевищувати 120 °С.

Теплова потужність одного модуля:

$$Q \approx 25 \times 0,7 = 17,5 \text{ Вт (приблизно 70 \% потужності переходить у тепло).}$$

Для забезпечення теплового балансу застосовується радіатор з коефіцієнтом тепловіддачі 10–15 Вт/м²·К.

3.6 Розробка електричної схеми підключення модернізованої системи

LED-модуль підключається через стабілізатор струму (драйвер), що забезпечує стабільну роботу при коливаннях напруги 11–14,5 В.

Основні елементи схеми:

- акумулятор;
- запобіжник;

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- реле;
- драйвер LED;
- світлодіодний модуль.

3.7 Порівняльний аналіз показників до та після модернізації

У даному розділі проведено порівняльний аналіз показників системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic до та після її модернізації з метою оцінки ефективності запропонованих технічних рішень.

До модернізації автомобіль був оснащений стандартною галогенною системою освітлення, яка характеризується відносно низькою світловою віддачею, значним енергоспоживанням та обмеженим ресурсом роботи. Світловий потік таких ламп є недостатнім для забезпечення належного рівня видимості в умовах недостатнього освітлення, що безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху.

У процесі модернізації було впроваджено світлодіодні джерела світла, які мають кращі технічні та експлуатаційні характеристики. Після модернізації спостерігається суттєве підвищення світлового потоку, що забезпечує кращу освітленість дорожнього покриття та збільшення дальності видимості. Крім того, світлодіодні лампи характеризуються меншою інерційністю, що позитивно впливає на швидкість їх вмикання та підвищує безпеку руху.

Порівняльний аналіз енергоспоживання показав, що світлодіодні джерела споживають значно менше електроенергії порівняно з галогенними лампами, що зменшує навантаження на електричну систему автомобіля та сприяє підвищенню її надійності. Також відзначається значне збільшення

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

терміну служби світлодіодних елементів, що знижує витрати на технічне обслуговування та заміну ламп.

Окрему увагу приділено аналізу тепловиділення. Галогенні лампи працюють при високих температурах, що може призводити до перегріву елементів фари та зниження їх ресурсу. Світлодіодні джерела мають нижчий рівень тепловиділення, що позитивно впливає на довговічність системи освітлення в цілому.

Таким чином, результати порівняльного аналізу свідчать про доцільність модернізації системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic. Впровадження світлодіодних технологій дозволяє підвищити ефективність освітлення, зменшити енергоспоживання, збільшити ресурс роботи елементів та покращити загальний рівень безпеки дорожнього руху.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОЦІНКА ВПЛИВУ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

4.1 Вплив покращеної освітленості на видимість дорожньої обстановки

Безпека руху в темну пору доби безпосередньо залежить від дальності виявлення перешкоди водієм. Видимість визначається рівнем освітленості дорожнього покриття, контрастністю об'єкта та швидкістю руху транспортного засобу.

Після модернізації системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic освітленість на відстані 50 м збільшилась приблизно на 30–40 %. Це призводить до збільшення дистанції розпізнавання перешкоди.

Дальність виявлення об'єкта можна оцінити за формулою:

$$L = \sqrt{\frac{I}{E_{\min}}}$$

де

I — сила світла в напрямку об'єкта;

E_{\min} — мінімально необхідна освітленість для розпізнавання (орієнтовно 1–2 лк).

Для галогенної системи:

$$L_{\text{гал}} \approx 45\text{--}50 \text{ м}$$

Для LED-системи:

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{LED} \approx 60-65 \text{ м}$$

Отже, приріст дальності видимості становить приблизно 15 м.

Збільшення дистанції виявлення перешкоди прямо впливає на час, який має водій для прийняття рішення.

4.2 Розрахунок зміни гальмівного шляху при підвищеній освітленості

Загальна зупинна відстань транспортного засобу визначається як сума шляху реакції водія та гальмівного шляху:

$$S_{зуп} = S_{реак} + S_{гальм}$$

Шлях реакції:

$$S_{реак} = V \cdot t$$

де

V — швидкість руху (м/с);

t — час реакції водія (1 с).

Гальмівний шлях:

$$S_{гальм} = \frac{V^2}{2g\varphi}$$

де

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$

φ — коефіцієнт зчеплення (0,7 для сухого асфальту).

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При швидкості 80 км/год (22,2 м/с):

$$S_{\text{реак}} = 22,2 \cdot 1 = 22,2 \text{ м}$$

$$S_{\text{гальм}} = \frac{22,2^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7} \approx 35,9 \text{ м}$$

$$S_{\text{зуп}} \approx 58,1 \text{ м}$$

Порівняємо з дальністю видимості:

Таблиця 4.1 - Оцінка відповідності дальності видимості зупинній відстані при різних типах освітлення

Система	Дальність видимості, м	Зупинна відстань, м	Результат
Галогенна	50	58	Недостатньо
LED	65	58	Достатньо

З таблиці видно, що при галогенному освітленні дальність видимості менша за повну зупинну відстань, що створює ризик наїзду на перешкоду. Після модернізації LED-система забезпечує достатній запас дистанції.

4.3 Оцінка відповідності модернізованої системи нормативним вимогам

Після встановлення світлодіодних модулів було проведено контроль світлорозподілу на регульовальному стенді. Отримані параметри відповідають вимогам:

- щодо сили світла в контрольних точках;
- щодо формування світлотіньової межі;
- щодо кута нахилу пучка.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також перевірено:

- відсутність засліплення зустрічного транспорту;
- стабільність світлового потоку при зміні напруги;
- відповідність кольору світла нормативному білому спектру.

Модернізована система не перевищує допустимих значень сили світла в зоні HV, що підтверджує її відповідність вимогам безпеки.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

5.1 Розрахунок вартості модернізації

Економічна доцільність модернізації системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic визначається співвідношенням витрат на впровадження LED-технології та отриманого економічного ефекту від зниження енергоспоживання, збільшення ресурсу роботи та зменшення витрат на обслуговування.

Витрати на модернізацію

До складу витрат входять:

- придбання двох бі-LED модулів;
- драйвери живлення;
- монтажні елементи;
- витрати на встановлення та регулювання.

Таблиця 5.1 — Кошторис модернізації

Стаття витрат	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Бі-LED модуль	2	3500	7000
Драйвер живлення	2	500	1000
Монтажні матеріали	—	—	800
Роботи з встановлення	—	—	1500
Разом	—	—	10300

Отже, загальна вартість модернізації становить приблизно **10 300 грн.**

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Оцінка економічної доцільності впровадження

Економія електроенергії

Зменшення потужності:

$$\Delta P = 110 - 50 = 60 \text{ Вт}$$

За умови експлуатації автомобіля в середньому 2 години на добу з увімкненим ближнім світлом:

$$W_{\text{ек}} = 0,06 \text{ кВт} \times 2 \times 365 \approx 43,8 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

З урахуванням того, що електроенергія виробляється генератором за рахунок палива, економія палива оцінюється приблизно 0,1–0,15 л на 100 км.

За річного пробігу 20 000 км:

$$E_{\text{пал}} \approx 25 - 30 \text{ л/рік}$$

При середній вартості дизельного палива 55 грн/л:

$$E_{\text{грн}} \approx 1500 \text{ грн/рік}$$

Галогенні лампи служать приблизно 500 годин. При середньорічній експлуатації 700 годин заміна відбувається щороку.

Середня вартість комплекту галогенних ламп: ≈ 600 грн

За 5 років витрати становлять:

$$600 \times 5 = 3000 \text{ грн}$$

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Світлодіодна система має ресурс близько 30000 годин, що практично виключає необхідність заміни протягом усього періоду експлуатації.

Сумарна річна економія:

- паливо — 1500 грн;
- заміна ламп — 600 грн.

Ерічна \approx 2100 грн

Строк окупності:

$$T = \frac{10300}{2100} \approx 4,9 \text{ року}$$

Таким чином, модернізація повністю окупається приблизно за 5 років, після чого починає приносити економічний ефект.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано комплексне теоретичне та практичне дослідження системи головного освітлення автомобіля Renault Trafic з метою підвищення ефективності її роботи, зменшення енергоспоживання та покращення показників активної безпеки руху. Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю вдосконалення світлотехнічних характеристик транспортних засобів в умовах зростання інтенсивності дорожнього руху, підвищених вимог до безпеки та енергоефективності.

У ході виконання роботи проаналізовано сучасні типи джерел світла, що застосовуються в автомобільній техніці, зокрема галогенні, ксенонові та світлодіодні системи. Проведений порівняльний аналіз дозволив встановити, що традиційні галогенні лампи характеризуються відносно низькою світловіддачею, значним енергоспоживанням та обмеженим ресурсом роботи. Світлодіодні системи, навпаки, забезпечують вищу світлову ефективність, стабільність світлового потоку, менше тепловиділення та значно більший термін експлуатації.

У роботі детально досліджено конструкцію штатної системи освітлення автомобіля, визначено її основні технічні параметри та виявлено недоліки, що впливають на якість освітлення дорожнього полотна. На підставі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність модернізації системи шляхом встановлення бі-LED модулів замість галогенних ламп.

Виконані світлотехнічні розрахунки показали, що після модернізації відбувається суттєве підвищення освітленості дорожнього покриття, збільшення дальності чіткого сприйняття перешкод та покращення

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівномірності світлорозподілу. Це безпосередньо впливає на скорочення часу реакції водія та зменшення ймовірності виникнення аварійних ситуацій у темну пору доби. Отримані результати підтверджують підвищення рівня активної безпеки транспортного засобу.

Проведений енергетичний аналіз засвідчив зменшення споживаної потужності системи освітлення більш ніж удвічі. Це сприяє зниженню навантаження на генератор та акумуляторну батарею, покращенню стабільності електроживлення бортової мережі та підвищенню загальної надійності електрообладнання автомобіля.

У роботі також виконано економічне обґрунтування запропонованої модернізації. Розрахунки показали, що впровадження світлодіодної системи дозволяє зменшити витрати на паливо за рахунок скорочення енергоспоживання, а також практично усунути витрати на регулярну заміну ламп. Визначений строк окупності модернізації становить близько п'яти років, після чого досягається стабільний економічний ефект. Таким чином, запропоноване технічне рішення є не лише технічно доцільним, але й економічно обґрунтованим.

Крім прямих техніко-економічних переваг, модернізація системи головного освітлення забезпечує покращення ергономічних умов керування транспортним засобом, зниження втомлюваності водія та підвищення комфорту експлуатації. Додатковим позитивним фактором є зростання ринкової вартості автомобіля та покращення його конкурентоспроможності.

Отже, поставлена мета дипломної роботи досягнута повністю. Розроблена модернізована система головного освітлення відповідає сучасним вимогам безпеки, енергоефективності та надійності. Результати дослідження можуть бути використані при вдосконаленні світлотехнічних систем аналогічних транспортних засобів, а також у практичній діяльності

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємств, що здійснюють технічне обслуговування та модернізацію автомобільної техніки.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролювання. – Київ: Держспоживстандарт України, 2011.
2. ДСТУ UN/ECE R48-02:2016. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів стосовно встановлення пристроїв освітлення та світлової сигналізації. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2016.
3. Правила ЄЕК ООН №112. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження фар з асиметричним світлорозподілом ближнього або дальнього світла. – Женева: ЄЕК ООН, 2012.
4. Правила ЄЕК ООН №128. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження світлодіодних джерел світла для транспортних засобів. – Женева: ЄЕК ООН, 2015.
5. Бабак В.П., Білинський Й.Й., Приходько В.М. Електрообладнання автомобілів: підручник. – Київ: Вища школа, 2010. – 391 с.
6. Кузьмін О.Є., Мельник Л.В. Автомобільна світлотехніка: навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 256 с.
7. Говорущенко М.Я. Технічна експлуатація автомобілів: підручник. – Харків: ХНАДУ, 2013. – 512 с.
8. Bosch Automotive Handbook / ред. Robert Bosch GmbH. – 10th ed. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018. – 1168 p.
9. Hella KGaA Hueck & Co. Automotive Lighting Systems: Technical Manual. – Lippstadt: Hella, 2019. – 220 p.
10. Osram Automotive Lighting Catalogue 2022/2023. – Munich: Osram GmbH, 2022. – 180 p.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Офіційний сайт виробника автомобіля Renault. Технічні характеристики моделі Renault Trafic. – Режим доступу: <https://www.renault.ua>

12. Довідкові матеріали компанії Philips щодо світлодіодних автомобільних ламп. – Режим доступу: <https://www.philips.ua>

13. Довідкові матеріали компанії Osram щодо автомобільних LED-систем. – Режим доступу: <https://www.osram.com>

14. Сайт Європейської економічної комісії ООН United Nations Economic Commission for Europe. Правила та нормативні документи у сфері автомобільного освітлення. – Режим доступу: <https://unece.org>

15. Закон України «Про дорожній рух». – Відомості Верховної Ради України, чинна редакція.

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

					КвРАТс. 23062.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		