

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ І БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “**Вдосконалення способу автоматичного регулювання
світла автомобільних фар**”

Виконав: студент IV курсу групи Ат-42сп
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Ігор БАГРІЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

Багрій Ігор Мирославович. Вдосконалення способу автоматичного регулювання світла автомобільних фар: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини і біотехнологій ім. С.З Гжицького, 2025. 56 с.

Табл. 8; рис. 42; бібліогр. джерел 20.

Визначено основні вимоги до ефективності роботи систем освітлення автомобіля, а також до точності та швидкодії регулювання кута нахилу фар залежно від зміни положення кузова. Обґрунтовано доцільність удосконалення існуючого способу автоматичного регулювання світла шляхом впровадження системи на основі інерційного датчика.

Проведено аналіз типових систем освітлення, що застосовуються в сучасних автомобілях, а також виявлено їх недоліки щодо адаптації до зміни положення автомобіля на дорозі. Розглянуто принцип роботи інерційного модуля MPU6050, який вимірює кут нахилу кузова, та розроблено спосіб його застосування для безперервного регулювання фар у режимі реального часу.

Здійснено вдосконалення технологічного процесу регулювання кута нахилу фар. Реалізовано програмний код, який забезпечує точне та плавне регулювання положення фар у відповідь на зміну кута нахилу кузова автомобіля під час розгону або завантаження.

Згідно з економічними обчисленнями, витрати на реалізацію вдосконаленої системи є незначними і повністю окупуваються протягом короткого періоду за рахунок підвищення привабливості послуги модернізації для автовласників, а також завдяки збільшенню безпеки дорожнього руху та зменшенню аварійності в темну пору доби.

Ключові слова: головні фари, вдосконалення, регулювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ФАР.....	7
1.1 Огляд системи освітлення і світлової сигналізації автомобіля.....	7
1.2 Закони та норми, що регулюють застосування освітлювальних приладів ...	12
1.3 Проблеми, пов'язані з ручним регулюванням фар.....	17
1.4 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи.....	20
2. ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ФАР	22
2.1 Опис технологічного процесу системи динамічного регулювання фар	22
2.2 Опис існуючої системи з ручним керуванням на базі Ford TRANSIT CONNECT	25
2.3 Розробка структурної схеми і алгоритму роботи вдосконаленої системи....	27
2.4 Аналіз і підбір компонентів вдосконаленої системи.....	29
2.5 Складання схем підключення для вдосконаленої системи.....	31
3. РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ.....	36
3.1 Підбір обладнання.....	36
3.2 Організація ділянки	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Визначення категорії приміщень.....	43
4.2 Вибір освітлювальних установок	44
4.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі	45
4.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання ..	46
4.5 Складання розрахунково-монтажної схеми освітлювальної мережі	48
5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	49
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

У сучасному автомобілебудуванні велика увага приділяється безпеці дорожнього руху, комфортності керування та автоматизації систем, що впливають на поведінку транспортного засобу. Однією з важливих складових безпеки є якісне освітлення дороги у темну пору доби. Неправильно налаштовані фари можуть не тільки знизити видимість для водія, але й засліплювати зустрічний транспорт, що призводить до аварійних ситуацій.

У зв'язку з цим набувають все більшого поширення системи автоматичного або динамічного регулювання фар, які здатні змінювати кут нахилу світлового пучка залежно від стану кузова під час руху. Такі системи, як правило, базуються на датчиках положення підвіски або кута нахилу, що передають сигнали на блок керування. Але традиційні рішення мають складну конструкцію, потребують точного механічного монтажу та важко адаптуються в любительських умовах.

У межах цієї роботи розглянуто альтернативний підхід до реалізації динамічного регулювання фар з використанням інерційного сенсора (гіроскопа та акселерометра), мікроконтролера Arduino та сервоприводу. Такий підхід дозволяє побудувати ефективну й адаптивну систему, яка реагує на зміну нахилу кузова, прискорення та гальмування автомобіля в реальному часі. Це рішення не потребує втручання в підвіску транспортного засобу, є бюджетним і придатним як для навчальних, так і для практичних застосувань.

Метою даної роботи є розробка, моделювання та програмування автоматизованої системи регулювання кута нахилу фар автомобіля на основі даних з інерційного модуля. Робота включає аналіз існуючих систем освітлення, постановку задачі, вибір апаратної бази, розробку алгоритму роботи та написання програмного коду для мікроконтролера.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ФАР

1.1 Огляд системи освітлення і світлової сигналізації автомобіля

Освітлення необхідно для того, щоб бачити зустрічний транспорт на дорозі і позначити себе для проїжджаючі автомобілів. Системи сигналів необхідні для оповіщення інших учасників руху про свої наміри, наприклад, при перестроюванні або для попередження небезпечної ситуації.

У кожної системи є своя функція(рис. 1.1):

- Передні фари покращують видимість дороги і роблять автомобіль більш помітним для зустрічного потоку.
- Задні ліхтарі забезпечують знаходження автомобіля позаду.
- Стоп-сигнали попереджають інших учасників дорожнього руху про гальмування автомобіля.
- Показчики попереджають інших учасників дорожнього руху про намір водія змінити напрямок руху.

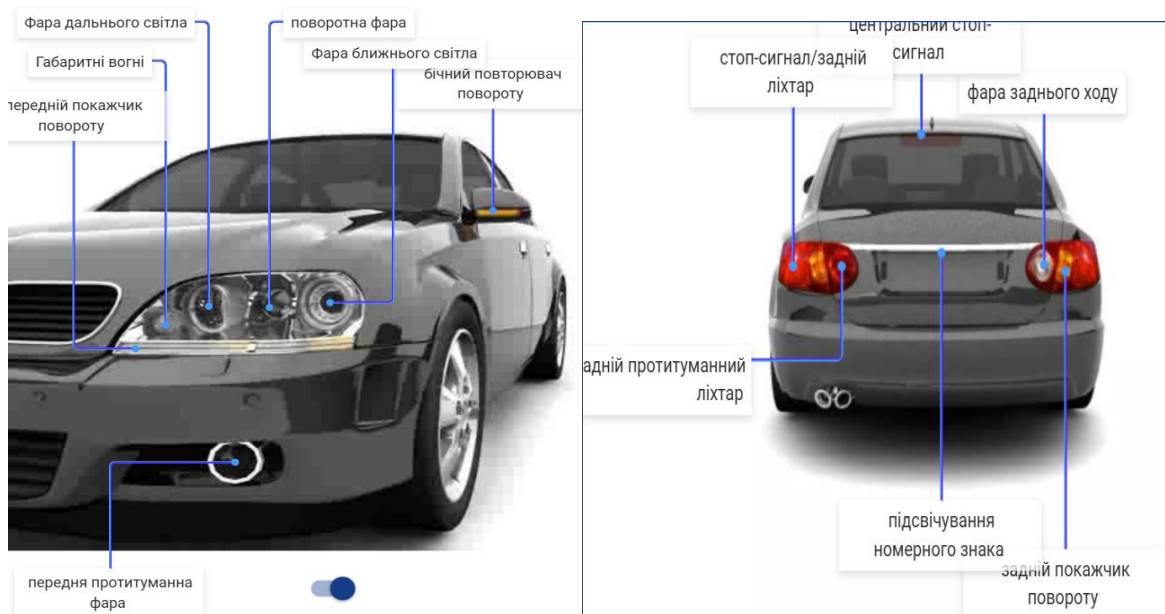


Рисунок 1.1 – Системи освітлення та сигналів [2]

В автомобілі встановлені різні типи ламп. Лампи розжарювання використовуються як джерело світла сигнальних вогнів, ліхтаря заднього ходу і приладів внутрішнього освітлення.

Галогенні лампи є джерелом ближнього і дальнього світла фар.

Світлодіодні лампи використовуються в основному для виконання сигнальних функцій, в задньому ліхтарі, для приладів внутрішнього освітлення, і також як джерело головного світла.(рис.1.2)



Рисунок 1.2 – Типи ламп

Лампа розжарювання(рис. 1.3) була першим джерелом електричного світла. Раніше її застосовували для всіх джерел світла, а зараз лише для задніх габаритних ліхтарів і світлових сигналів. Вольфрамова нитка нагрівається в міру протікання через неї електричного струму. При попаданні кисню всередину лампи розжарювання вона згорає за декілька секунд. Коли лампа світиться, вольфрам повільно випаровується з нитки і осідає на скляній колбі.

Головною перевагою лампи розжарювання є її низька вартість.

До недоліків відносяться короткий термін служби і низька продуктивність. Тільки 5% енергії, яка використовується для роботи лампи, перетворюється в видиме світло. Енергія, що залишилася перетворюється в тепло[2].

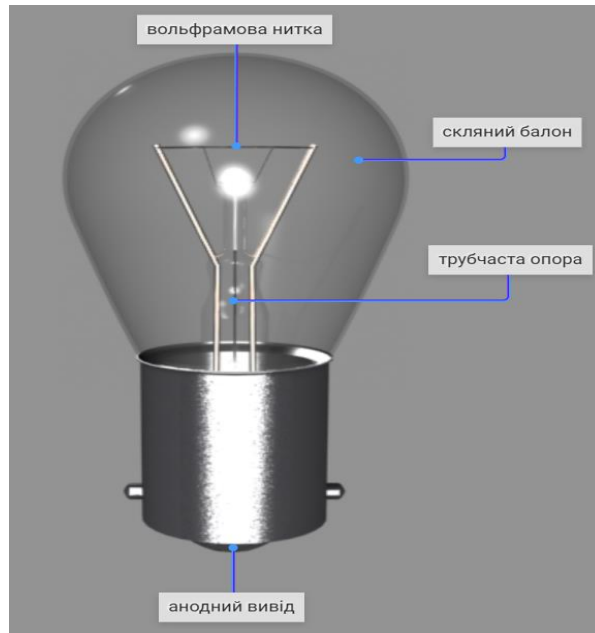


Рисунок 1.3 – Лампа розжарювання

Галогенова лампа(рис. 1.4). На відміну від лампи розжарювання галогенова лампа має іншу форму заповнена галогеном.

Під час нагрівання тіла розжарення атоми вольфраму починають випаровуватися. Галоген який знаходиться всередині лампи підвищує температуру розжарення вольфраму майже до точки його плавлення (3400°C).

Випарений вольфрам зв'язується з газом і пізніше знову осідає на гарячій нитці, цей процес повторюється постійно. Щоб цей процес відбувався, скло має забезпечувати повну герметичність середовища.

Перевагами галогенної лампи в порівнянні зі звичайною лампою розжарювання є:

- Підвищена продуктивність;
- Менший монтажний простір;
- Довший термін експлуатації;
- Підвищена світловіддача;

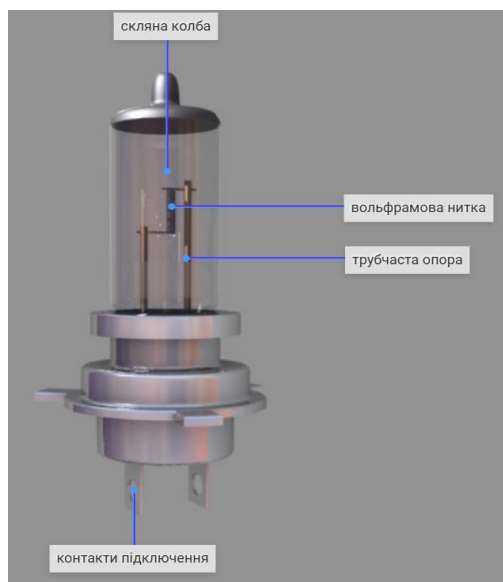


Рисунок 1.4 – Галогенова лампа

Газорозрядна лампа(рис. 1.5) її система складається з трьох компонентів:

- Запалюючий пристрій.
- Баластний опір.
- Газорозрядна трубка.

Замість нитки накаливання в газорозрядній лампі встановлені два електроди на невеликій відстані один від одного. Напруга пробиває простір між електродами і утворює дугу, подібну зі зварювальної дугою. В процесі випаровування даною дугою солей металу і ксенону, яким заповнена колба з електричною дугою, лампа починає випромінювати біле світло. Для того, щоб дуга загорілася, необхідна висока напруга, яка забезпечується запалюючим пристроєм.

Якщо дуга загоряється при напрузі 30 кВ, горіння можна підтримувати при меншій напрузі і потужності (85 вольт і 35 ват відповідно). Ця напруга забезпечується змінним струмом, який перетворюється за допомогою баластного опору.

Перевагою в порівнянні з галогенною лампою є підвищена продуктивність і світловіддача.



Рисунок 1.5 - Газорозрядна лампа

Світлодіодна лампа(рис. 1.6), LED (Light Emitting Diode) - це скорочене позначення світлодіода, тобто світловипромінюючого діода.

Основною частиною будь-якого напівпровідникового приладу (діода, світлодіода, транзистора і т.д.) є так званий р-n-перехід. Він створюється, якщо частина кристала має провідність п-типу, а інша частина - р-типу.

Світло випромінюється при протіканні струму через світлодіод від "плюса" (анод) до "мінуса" (катод).

У знятому світлодіоді "плюс" і "мінус" легко розрізнити по більш довгому кінцю. Якщо під'єднати "плюс" і "мінус" в зворотному порядку, світлодіод не буде світитися. На світлодіоді завжди має бути встановлений резистор для обмеження протікання через діод струму.

Переваги світлодіода в порівнянні з лампою розжарювання:

- Підвищена продуктивність.
- Менший простір для встановлення.
- Довгий термін експлуатації.
- Стійкість до вібрацій.

Недоліки:

- Для однакової світловіддачі необхідні кілька світлодіодів
- Вища вартість світлодіодів

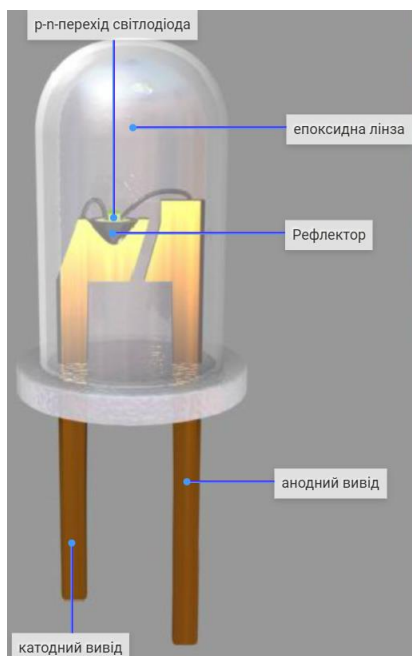


Рисунок 1.6 – Світлодіод

1.2 Закони та норми, що регулюють застосування освітлювальних приладів

Фари головного світла. Наявність передніх фар (рис. 1.7) обов'язкова згідно законодавства. Існують фари ближнього і дальнього світла. Світло повинно бути прозоро білим. Крім того, освітлення обох фар повинно бути однаковим, а світлоповертачі повинні бути відповідного стану.



Рисунок 1.7 – Передня фара

Транспортні засоби, у яких більше 2 коліс, повинні бути оснащені двома фарами. Світловий пучок ближнього світла повинен опускатися щонайменше на

5 см і до 40 см на 10 метрів. На автомобілях відповідне регулювання часто вказується на корпусі фари, а значення виражається у відсотках. Стандартне значення становить 1%, при цьому світловий пучок зменшується на 10 см кожні 10 метрів(рис. 1.8).

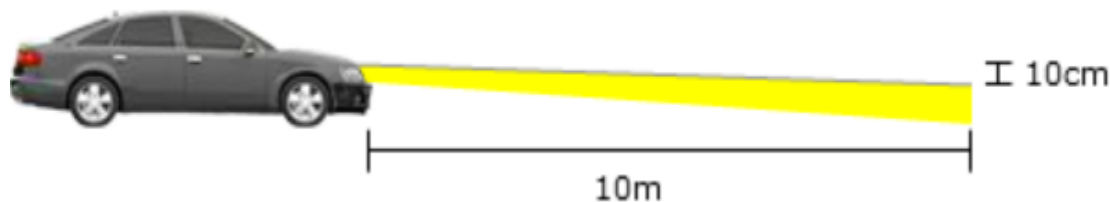


Рисунок 1.8 – Дальність світлового пучка

У автомобіля повинно бути два білих габаритні ліхтарі. Габаритні ліхтарі і ближнє світло фар можна використовувати в будь-який час. Там, де необхідно освітлення, необхідно включити ближнє світло фар.

Габаритні ліхтарі повинно бути добре видно на відстані до 200 м.

Передні стоянкові ліхтарі повинні бути білого кольору, задні червоного. Якщо стоянкові вогні включені в покажчик повороту, колір може бути помаранчевим. Як правило, стоянкові вогні можуть працювати окремо зліва і окремо справа.

Блок задніх ліхтарів. Автомобіль повинен бути обладнаний двома задніми ліхтарями(рис. 1.9) яскраво-червоного кольору. Світло від задніх ліхтарів повинно бути помітне на відстані 300 м.



Рисунок 1.9 – Задні ліхтарі

В автомобілях, які введені в експлуатацію після 30 вересня 2001 року, слід встановлювати 3 стоп-сигнали. Колір стоп-сигналів червоний. Світло стоп-

сигналів повинно бути досить яскравим, щоб його можна було розрізнити при включенні поруч із задніми ліхтарями.

В автомобілях, які введені в експлуатацію після 31 грудня 1997, повинен бути встановлений щонайменше один ліхтар заднього ходу. Комерційні автомобілі довжиною понад 6 м, які введені в експлуатацію після 31 грудня 2012 року, повинні мати два ліхтаря заднього ходу білого кольору. Ці ліхтарі загоряються тільки при увімкненні передачі заднього ходу.

Ліхтар освітлення номерного знака(рис 1.10) має бути досить яскравим, щоб можна було чітко прочитати знак на відстані 20 м від задньої частини автомобіля.



Рисунок 1.10 - Ліхтар освітлення номерного знака

Ліхтарі освітлення номерного знака можуть не світити безпосередньо назад або убік. Передній номерний знак не підсвічується.

Показчики повороту(рис. 1.11) повинні випромінювати добре видиме помаранчеве світло.

Світло повинно бути досить яскравим, щоб індикатори виділялися днем і при включеному освітленні. Кількість спалахів має бути в діапазоні 60-120 разів на хвилину.



Рисунок 1.11 - Показчик повороту

На задній частині автомобіля повинні бути встановлені як мінімум два червоних світлоповертача. Часто світлоповертачі інтегруються в задній ліхтар.

На задній частині причепів і напівпричепів (безбортові платформи) повинні знаходитися два червоних трикутних світлоповертача.

На передній частині автомобіля можна розмістити два білих світлоповертача не трикутної форми, але їх наявність не обов'язкова.

Передні протитуманні фари(рис.1.12) повинні бути встановлені як можна нижче. Світло повинно бути білим або жовтим. Згідно із законодавством наявність протитуманних фар не обов'язкова. Протитуманні фари дозволяється використовувати тільки в умовах сильного туману, снігу або сильного дощу: в умовах обмеженої видимості.



Рисунок 1.12 - Передня протитуманна фара

Для автомобілів, які вироблені після 31 грудня 1995 року, згідно із законодавством необхідна наявність 1 або 2 задніх протитуманних ліхтарів. Задні протитуманні ліхтарі дозволяється використовувати тільки в умовах густого туману чи снігопаду, коли видимість знижена до 50 метрів. На панелі приладів повинна горіти лампа, що показує водієві, що включені протитуманні фари.

Якщо використовується 1 (задній) протитуманний ліхтар, то він повинен бути встановлений з лівого боку автомобіля на відстані не менше 10 см від стоп-сигналу.

Рухомі (адаптивні) фари є доповненням до фар дальнього світла. Вони можуть використовуватися тільки разом зі штатними фарами дальнього світла (встановленими заводом виробником) і не є обов'язковими за законодавством.

Рухомі фари повинні випромінювати біле світло. Поворотна фара (праворуч спереду) використовується для додаткового освітлення лівої сторони. Поворотну фару можна використовувати тільки разом з ближнім світлом фар.

Коли Ви їдете близько до автомобіля, що рухається попереду, передні поворотні фари можуть не використовуватися. Промінь світла повинен бути чітко спрямований вниз і вліво.

Наявність поворотних фар згідно із законодавством не обов'язкова.

Даний регламент складений відповідно до Комітету експертів ООН і може бути змінений, а також деякі його пункти можуть відрізнятися в різних країнах ЄС.

Законодавчі документи:

1. ПДР України – Розділи 19 і 31:
 - Вимоги до ввімкнення світла за умов недостатньої видимості, в тунелях, уночі та за межами населених пунктів удень (з 1 жовтня по 1 травня – ближнє світло обов'язкове).
2. Технічний регламент щодо затвердження типу колісних транспортних засобів – гармонізований з нормами ЄС.
3. ДСТУ UN/ECE R48 – правила монтажу світлових приладів на транспортних засобах.

Заборонено:

1. Використання синіх, червоних або миготливих фар без спеціального дозволу (такі кольори дозволені тільки спецтранспорту).
2. Встановлення ксенонових або LED-ламп у фари, які не призначені для цього (якщо не сертифіковані).
3. Використання лазерного або надмірно яскравого освітлення, що сліпить інших учасників руху.

1.3 Проблеми, пов'язані з ручним регулюванням фар

Одним з найважливіших елементів системи освітлення є передні фари, які повинні забезпечувати якісне освітлення дорожнього полотна без засліплення водіїв зустрічного транспорту.

Традиційна система регулювання світлового пучка фар здійснюється вручну, за допомогою механічного або електричного коректора, розташованого на панелі приладів. Однак такий підхід має низку суттєвих недоліків, які зумовлюють необхідність впровадження автоматизованих рішень.

Квазістатичне регулювання висоти напрямку світла фар(рис.1.13). Залежить від навантаження на автомобіль. Датчик положення задньої осі визначає висоту розташування кузова над задньою віссю. Датчик швидкості визначає швидкість автомобіля.

Якщо положення кузова відносно задньої осі змінюється, залишається незмінним протягом заданого проміжку часу та транспортний засіб нерухомий, блок керування активує сервопривід коригування положення оптичних елементів фар.

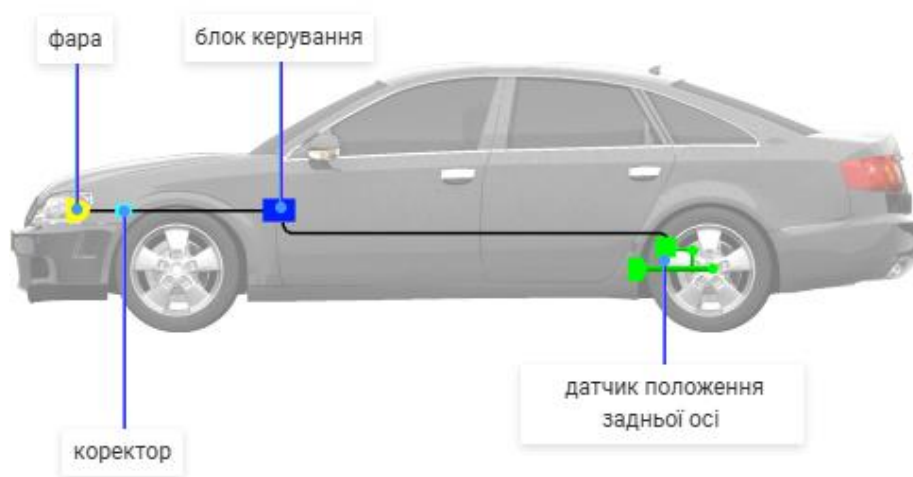


Рисунок 1.13 – Схема квазістатичного регулювання висоти напрямку світла фар

- Динамічне регулювання висоти напрямку світла фар(рис.1.14). Автоматично реагує на вертикальне переміщення кузова автомобіля відносно дорожньої поверхні.

При використанні системи динамічного коригування, висота напрямку світла фар налаштовується в залежності від зменшення або збільшення відстані між кузовом та передньою і задньою віссю.

Блок керування сприймає сигнали датчиків і приводить у дію сервопривід фар. Сервоприводи реагують на переміщення кузова щодо передньої та задньої осі за долі секунди.

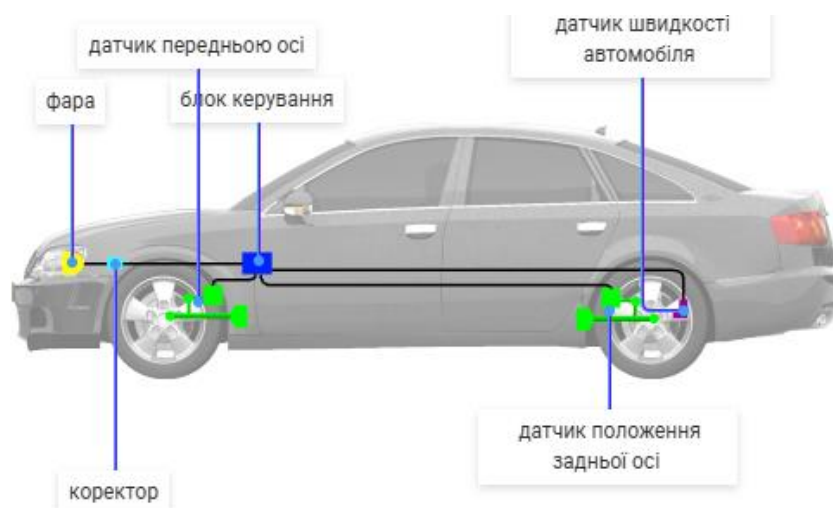


Рисунок 1.14 – Схема динамічного регулювання висоти напрямку світла фар

Ручне(Статичне) регулювання вимагає уваги та участі водія, який повинен самостійно відстежувати зміну положення кузова відносно дорожнього покриття.

Ручна система регулювання включає в себе перемикач на панелі приладів, блок керування і сервопривід (рис. 1.15).

У разі завантаження багажника або наявності пасажирів на задніх сидіннях, задня частина автомобіля опускається, а передня — піднімається. У результаті фари починають "світити вгору", засліплюючи водіїв зустрічного транспорту. Якщо водій не відрегулює нахил фар вручну, це створює небезпеку аварійної ситуації.

Регулювання положення фар залежить від досвіду водія. Водії-початківці або ті, хто не знайомий з функціоналом регулятора, можуть не знати про необхідність налаштування фар, або не надати цьому належної уваги. Через це

система освітлення працює неефективно, що негативно позначається на видимості дороги.

Ручні системи не враховують зміну рельєфу дороги в реальному часі. Наприклад, під час руху по хвилястій місцевості, фари можуть постійно змінювати кут освітлення, що потребує оперативної адаптації. У традиційних системах це неможливо — водій не встигає або не має змоги постійно змінювати положення фар у процесі руху.



Рисунок 1.15 – Схема ручного(статичного) регулювання фар

Ще одна проблема полягає в відсутності інтеграції з іншими системами автомобіля. Сучасні автомобілі оснащуються великою кількістю сенсорів і електронних систем, однак у більшості недорогих моделей корекція фар досі виконується вручну, що суперечить загальному напрямку автоматизації.

Окрім цього, погодні умови (туман, дощ, сніг) вимагають зміни режиму освітлення (наприклад, вмикання протитуманних фар або зменшення яскравості ближнього світла), однак ручні системи не мають змоги самостійно визначати такі умови.

Таким чином, ручні системи регулювання фар:

- створюють небезпеку засліплення інших учасників дорожнього руху;
- погіршують огляд дороги для самого водія;
- потребують постійної уваги та дій зі сторони користувача;
- не враховують реальні умови руху.

Ці недоліки доводять доцільність впровадження автоматичних систем регулювання, які можуть динамічно змінювати положення фар залежно від

навантаження, швидкості, кута нахилу кузова та інших параметрів у режимі реального часу.

1.4 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

У підрозділі 1.1 було розглянуто основні компоненти освітлення та світлової сигналізації автомобіля. Зокрема, було встановлено, що сучасні транспортні засоби оснащуються цілою низкою світлових приладів, кожен з яких виконує свою функцію — від забезпечення видимості водієві до подачі сигналів іншим учасникам дорожнього руху. Головне місце в цій системі займають передні фари, які забезпечують огляд дорожнього полотна в темну пору доби, а також за складних погодних умов.

У підрозділі 1.2 були детально проаналізовані проблеми, пов'язані з ручним регулюванням фар. Було з'ясовано, що більшість існуючих систем потребують безпосередньої участі водія для корекції напрямку освітлення. У практичних умовах це часто призводить до помилок у налаштуванні, особливо при зміні завантаження автомобіля або при русі по нерівній місцевості. Наслідками таких помилок можуть бути не лише обмежена видимість дороги для самого водія, але й ризик засліплення водіїв зустрічного транспорту, що створює передумови до аварійних ситуацій.

Таким чином, можна зробити висновок, що існуючі ручні системи освітлення не відповідають вимогам сучасного рівня безпеки та автоматизації. має низку об'єктивних недоліків, зокрема:

- залежність ефективності регулювання від досвіду та уважності водія;
- неможливість швидкої адаптації під зміни дорожніх умов або навантаження на кузов;
- ризик перевищення допустимого кута нахилу світлового пучка, що може призвести до засліплення зустрічного транспорту;
- відсутність інтеграції з іншими системами автомобіля.

В умовах зростання щільності руху, особливо в міських агломераціях, помилки у налаштуванні фар стають причиною численних аварійних ситуацій.

Статистика дорожньо-транспортних пригод свідчить, що значна частина інцидентів у нічний час або в умовах недостатньої видимості спричинена або обмеженим оглядом, або засліпленням зустрічних водіїв.

З огляду на це, тема розробки та дослідження автоматизованої системи регулювання автомобільних фар є вкрай актуальною. Це обумовлено такими факторами:

- Зростаюча потреба у безпеці дорожнього руху, особливо в умовах інтенсивного трафіку та складних погодних умов;

- Широке впровадження електронних систем у сучасні автомобілі, що створює сприятливі умови для інтеграції інтелектуальних модулів керування освітленням;

- Поширення адаптивних технологій (наприклад, AFS — Adaptive Front-lighting System, ALH — Adaptive LED Headlights), які стають новим стандартом в автомобілебудуванні;

- Можливість підвищення комфорту для водія, завдяки усуненню необхідності постійного ручного регулювання;

- Екологічні та енергетичні чинники, адже оптимізація режимів роботи фар сприяє ефективнішому використанню електроенергії, особливо при використанні світлодіодних джерел.

Розробка автоматичної системи регулювання фар є перспективним інженерним завданням, яке охоплює аспекти електроніки, сенсорики, програмування та машинного моделювання. Такий проект дозволяє поєднати теоретичні знання з практичними навичками створення функціональних пристроїв, які можуть знайти реальне застосування в галузі автомобільного транспорту.

2. ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ФАР

2.1 Опис технологічного процесу системи динамічного регулювання фар

У сучасних автомобілях дедалі частіше впроваджуються системи динамічного (автоматичного) регулювання фар, які дозволяють адаптувати світловий пучок залежно від поточних умов руху. На відміну від статичних або ручних систем, динамічне регулювання забезпечує автоматичну зміну положення передніх фар у вертикальній та/або горизонтальній площині без участі водія. Це значно підвищує безпеку дорожнього руху та комфорт керування.

Принцип роботи динамічної системи регулювання фар. Основна функція такої системи — автоматичне налаштування кута нахилу фар у режимі реального часу. Для цього використовується низка сенсорів, електронний блок керування та виконавчі механізми. У типовій конфігурації система складається з таких елементів:

Датчики положення кузова(рис. 2.1) розташовуються на передній та задній підвісці, які визначають зміну кута нахилу автомобіля залежно від навантаження або рельєфу дороги.



Рисунок 2.1 – Датчик положення кузова

- Датчики швидкості та прискорення(рис. 2.2), що дозволяють враховувати динамічні характеристики руху.



Рисунок 2.2 – датчики швидкості та прискорення

- Блок електронного управління (ECU)(рис. 2.3), який обробляє дані від сенсорів і формує команди для виконавчих пристроїв.

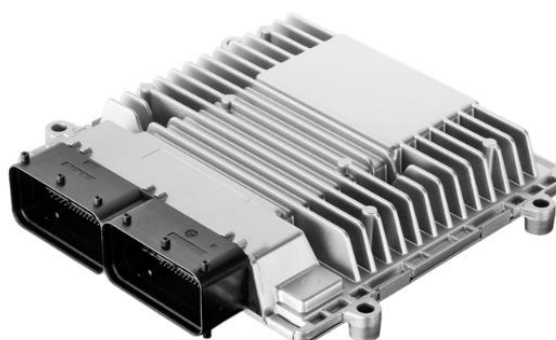


Рисунок 2.3 – Блок електронного управління(ECU)

- Електроприводи або сервоприводи в корпусі фар, які змінюють кут нахилу відбивача або самого джерела світла.



Рисунок 2.4 – Електропривід коректора фари

Під час руху автомобіля система в реальному часі аналізує положення кузова: наприклад, при завантаженні багажника задня частина машини опускається, а фари піднімаються — у такому випадку система автоматично нахиляє їх вниз, запобігаючи засліпленню інших учасників руху. При гальмуванні, розгоні або їзді по ухилах регулювання відбувається аналогічно.

У більш складних реалізаціях, таких як адаптивні системи освітлення AFS (Adaptive Front-lighting System)(рис. 2.5), додатково реалізується поворот фар у горизонтальній площині — залежно від кута повороту керма або швидкості руху, що дозволяє "заздалегідь" освітити поворот і покращити видимість у нічних умовах.



Рисунок 2.5 – Конструкція системи ASF



Рисунок 2.6 – Блок-схема роботи динамічного регулювання

Основні переваги динамічного регулювання фар

Підвищення безпеки руху: правильне налаштування кута світлового пучка дозволяє забезпечити якісну видимість дорожнього полотна без засліплення зустрічних водіїв.

Автоматизація процесу: водій не відволікається на ручне налаштування фар, що дозволяє зосередитися на керуванні.

Адаптивність до змін навантаження та рельєфу: система враховує зміну положення кузова, що особливо важливо при перевезенні пасажирів або багажу, а також при їзді в горах чи на нерівній місцевості.

Інтеграція з іншими системами: сучасні системи можуть працювати у зв'язці з ABS, ESP, камерами, GPS-навігацією, що дозволяє прогнозувати освітлення поворотів або небезпечних ділянок.

Покращення комфорту: правильне та своєчасне регулювання освітлення зменшує навантаження на очі водія, особливо при тривалих поїздках у темну пору доби.

Відповідність стандартам та нормам безпеки: у деяких країнах, зокрема в ЄС, динамічне регулювання фар є обов'язковим для автомобілів, обладнаних ксеноновими або світлодіодними джерелами світла.

2.2 Опис існуючої системи з ручним керуванням на базі Ford TRANSIT CONNECT

Автомобіль Ford Transit Connect (рис. 2.7) оснащений класичною системою ручного коректора фар, що дозволяє водієві самостійно змінювати кут нахилу передніх фар залежно від ступеня завантаженості транспортного засобу.



Рисунок 2.7 - Ford Transit Connect

Конструкція системи. Система складається з таких основних елементів: Блок керування з регулятором нахилу — розташований на панелі приладів у вигляді обертового коліщатка з числовими позначками 0–3.



Рисунок 2.8 - Блок керування з регулятором нахилу

Електромеханічні коректори у фарах — невеликі електроприводи, вмонтовані в корпус кожної фари, які змінюють положення відбивача (рефлектора) фари вгору або вниз.



Рисунок 2.9 - Електромеханічні коректори

Електропроводка — забезпечує живлення та передачу сигналів між регулятором і актуаторами в фарах.

Принцип роботи. Коли водій змінює положення коліщатка-регулятора (наприклад, встановлює значення «2»), на електроприводи фар подається відповідна напруга. Це викликає обертання механізму всередині фари, що змінює кут нахилу світлового пучка.

Чим більше значення обрано, тим нижче опускається світловий промінь. Таким чином, при повному завантаженні задньої частини автомобіля (коли кузов

нахиляється назад), водій може вручну опустити фари, щоб не засліплювати зустрічний транспорт.

Переваги:

- Проста та надійна конструкція.
- Низька вартість обслуговування.
- Незалежність від електроніки або датчиків.

Недоліки:

- Не автоматизована — вимагає ручного втручання.
- Водій часто забуває або ігнорує необхідність корекції, особливо при зміні навантаження.
- Немає адаптації до динамічних змін під час руху (прискорення, гальмування, рух на ухилах).

Таким чином, хоч система ручного регулювання фар у Ford Transit Connect є базовим рішенням, вона має значні обмеження у зручності та безпеці, що й обґрунтовує актуальність розробки автоматизованої системи керування фар на основі сенсорів та мікроконтролера.

2.3 Розробка структурної схеми і алгоритму роботи вдосконаленої системи

Розглянемо алгоритм роботи системи з використанням гіроскопа та акселерометра (рис. 2.10). У даній реалізації система динамічного регулювання фар базується на мікроконтролері, що отримує дані від інерційного сенсора (гіроскоп + акселерометр) для аналізу положення автомобіля у просторі. Такий підхід спрощує конструкцію, виключає потребу у встановленні датчиків на підвісці та дозволяє більш точно реагувати на динамічні зміни руху.

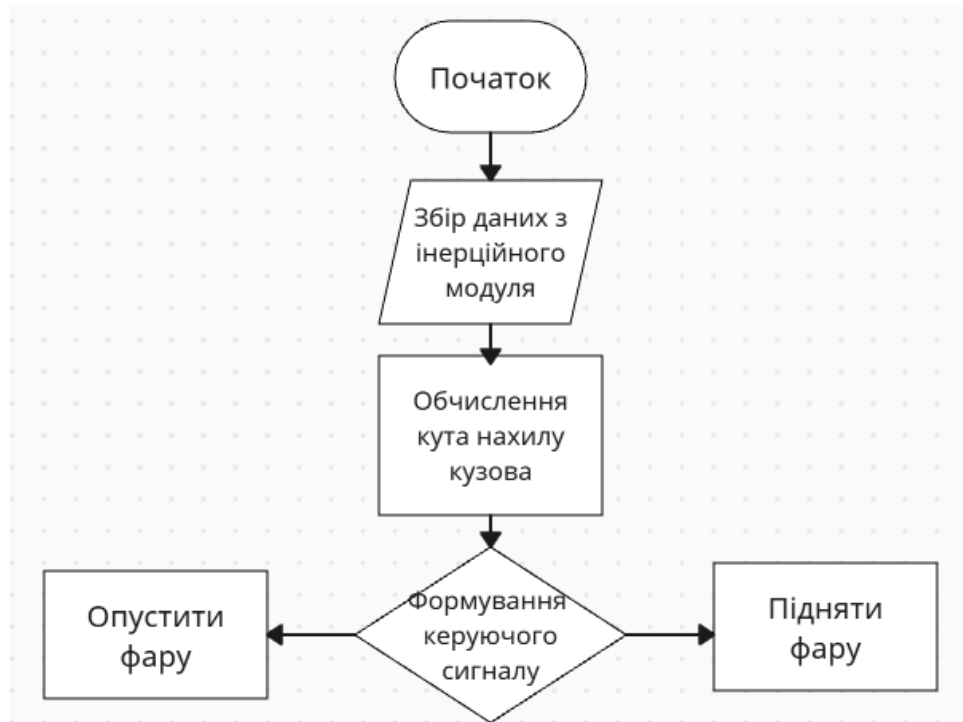


Рисунок 2.10 – Алгоритм роботи системи

Алгоритм роботи системи: Ініціалізація системи - Після вмикання живлення інерційний модуль встановлює "нульове" положення кузова.

Безперервний збір даних - мікроконтролер в циклі читає значення кута нахилу по осі Y (тангаж) з гіроскопа та Прискорення по осі X (розгін/гальмування)

Обчислення кута нахилу кузова - відповідно до зміни кута/прискорення обчислюється, чи фари потрібно опустити чи підняти. До прикладу, при різкому прискоренні: фари "задираються" — потрібно опустити або при гальмуванні: ніс машини занурюється — потрібно підняти фари.

Формування керуючого сигналу. Залежно від результату розрахунку, мікроконтролер генерує PWM-сигнал для сервоприводу, величина сигналу відповідає новому куту нахилу фари.

Керування положенням фар;

Сервомеханізм змінює положення фари, при досягненні нового положення — система чекає наступного циклу вимірювання.

Переваги даної системи:

- Простота побудови на основі Arduino
- Менше механічних компонентів (не потрібні датчики на підвісці).

- Гіроскопічне регулювання дозволяє враховувати не лише статичне, а й динамічне положення авто
- Можливість розширення функціоналу, до прикладу, керування фарею по горизонталі або автоматичне перемикання ближнє/дальнє.

2.4 Аналіз і підбір компонентів вдосконаленої системи

Складові необхідні для даної системи:

Інерційний модуль (до прикладу MPU-6050(рис.2.11)) який поєднує у собі гіроскоп та акселерометр в одному модулі;

Гіроскоп: фіксує кутове прискорення, тобто нахил автомобіля у вертикальній площині(тангаж) під час прискорення, гальмування, руху по ухилах

Акселерометр: визначає зміну швидкості (лінійне прискорення), а також додатково може розрахувати нахил за гравітаційним вектором



Рисунок 2.11 – Інерційний модуль MPU-6050

Мікроконтроллер Arduino Nano(рис.2.12)[3];

- Отримує дані з сенсора по інтерфейсу I2C.
- Аналізує вектор прискорення та нахил кузова у реальному часі.
- Обробляє коливання, відфільтровує шум.



Рисунок 2.12 – Мікроконтроллер Arduino Nano

Блок керування фарию до прикладу, драйвер сервоприводами PCA9685(рис. 2.13);

- Отримує сигнал від Arduino (PWM або аналоговий) з командою змінити кут нахилу фари.

- Подає сигнал на сервоприводи

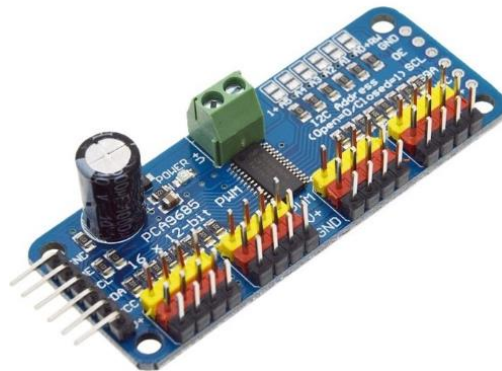


Рисунок 2.13 - Драйвер керування сервоприводу PCA9685

Коректор фар(рис. 2.14);

- Отримує сигнал від драйвера PCA9685

- Механічно змінює положення світлового модуля (вгору або вниз).



Рисунок 2.14 – Кроковий двигун;

2.5 Складання схем підключення для вдосконаленої системи

У підрозділі 2.3 було визначено елементи необхідні для системи динамічного регулювання фар на основі інерційного модуля. Також при проектуванні даної системи необхідно включити понижувальний перетворювач LM2596(рис. 2.15) який буде споживати напругу 12 Вольт з автомобіля та перетворювати її у 5 Вольт для живлення даної системи.



Рисунок 2.15 – Понижувальний перетворювач LM2596

Таблиця 2.1 – З'єднання інерційного модуля та мікроконтролера

Інерційний модуль MPU6050	Мікроконтролер Arduino Nano
VCC	5V
GND	GND
SDA	A4
SCL	A5

Таблиця 2.2 – З'єднання крокового двигуна та драйвера керування

Кроковий двигун	Драйвер керування PCA9685
PWM	PWM 0/PWM 1
VCC	V+(PWM)
GND	GND

Таблиця 2.3 - З'єднання драйвера керування та мікроконтролера

Драйвер керування PCA9685	Мікроконтролер Arduino Nano
VCC	5V
GND	GND
SDA	A4
SCL	A5

Схеми підключення компонентів між собою зображено на рисунку 2.17, також у таблицях 2.1, 2.2, 2.3 відображено підключення компонентів між собою по пінах.

Даний програмний код, що зображено на рисунку 2.16, написаний для мікроконтролера Arduino Nano та реалізує функцію автоматичного регулювання кута нахилу фар залежно від положення кузова автомобіля. Принцип дії системи базується на використанні інерційного модуля MPU6050, який зчитує параметри положення у просторі відносно трьох осей, і на модулі керування сервоприводами PCA9685, який безпосередньо управляє положенням двох сервомоторів — кожного для окремої фари.

У блоці підключень на початку коду ініціалізуються необхідні бібліотеки: `Wire.h` для I2C-зв'язку, `Adafruit_PWMServoDriver.h` для роботи з модулем PCA9685 та `MPU6050.h` для роботи з гіроскопом та акселерометром інерційного модуля MPU6050. Оголошуються об'єкти `mpu` та `pwm` — відповідно для інерційного модуля MPU6050 та драйвера керування сервоприводами.

Далі задаються основні параметри для управління серводвигунами: `SERVO_MIN`, `SERVO_MAX`, та `SERVO_MID`, які визначають граничні та нейтральні значення ширини імпульсів PWM. Також оголошуються канали PCA9685 для лівої (`SERVO_LEFT`) та правої (`SERVO_RIGHT`) фари.

У функції `setup()` виконується ініціалізація послідовного порту для налагодження, запуск I2C-зв'язку, перевірка з'єднання з MPU6050, та запуск PWM-драйвера PCA9685 з частотою 50 Гц, що є стандартною для сервомоторів.

Основна логіка програми розміщена у функції `loop()`, яка виконується циклічно. У ній з MPU6050 зчитуються значення прискорення та кутових швидкостей по трьох осях (a_x , a_y , a_z , g_x , g_y , g_z). На основі акселерометричних даних обчислюється кут нахилу автомобіля у площині тангажу (pitch) за допомогою функції `atan2`. Результат переводиться у градуси.

Далі значення кута обмежується в межах від -10° до $+10^\circ$, щоб уникнути надмірних коливань. Цей кут переводиться у відповідне значення ширини PWM-сигналу за допомогою функції `map()`, і передається на обидва серво-приводи, тим самим змінюючи кут нахилу фар. В результаті при зміні положення кузова автомобіля (наприклад, при підйомах, спусках, навантаженому багажнику), система автоматично підлаштовує напрямок світла фар, покращуючи видимість і безпеку водіння.

Також реалізовано вивід інформації у серійний порт для діагностики: відображаються обчислений кут нахилу та відповідне значення PWM-сигналу. Це дозволяє легко перевірити правильність роботи системи в процесі тестування або налагодження.

```

#include <Wire.h> Untitled-1 ●
1  #include <Wire.h>
2  #include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
3  #include <MPU6050.h>
4
5  MPU6050 mpu;
6  Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver(); // PCA9685
7
8  // Серво-налаштування
9  #define SERVO_MIN 100 // Мінімальне значення (≈ 0°)
10 #define SERVO_MAX 500 // Максимальне значення (≈ 180°)
11 #define SERVO_MID 300 // Нейтральне положення (≈ 90°)
12
13 #define SERVO_LEFT 0 // Канал PCA9685 для лівої фари
14 #define SERVO_RIGHT 1 // Канал PCA9685 для правої фари
15
16 void setup() {
17     Serial.begin(9600);
18     Wire.begin();
19
20     // Ініціалізація MPU6050
21     mpu.initialize();
22     if (!mpu.testConnection()) {
23         Serial.println("Помилка з'єднання з MPU6050");
24         while (1);
25     }
26
27     // Ініціалізація PCA9685
28     pwm.begin();
29     pwm.setPWMFreq(50); // 50 Гц для сервоприводів
30     delay(10);
31 }
32
33 void loop() {
34     int16_t ax, ay, az, gx, gy, gz;
35     mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
36
37     // Обчислення кута нахилу (pitch) у градусах
38     float pitch = atan2(ax, sqrt(ay * ay + az * az)) * 180.0 / PI;
39
40     // Обмеження кута від -10° до +10°
41     pitch = constrain(pitch, -10, 10);
42
43     // Перетворення кута в сигнал PWM
44     int pulse = map(pitch, -10, 10, SERVO_MIN, SERVO_MAX);
45     pulse = constrain(pulse, SERVO_MIN, SERVO_MAX);
46
47     // Виведення керування на обидва серво
48     pwm.setPWM(SERVO_LEFT, 0, pulse);
49     pwm.setPWM(SERVO_RIGHT, 0, pulse);
50
51     // Діагностика
52     Serial.print("Pitch: "); Serial.print(pitch);
53     Serial.print(" | PWM: "); Serial.println(pulse);
54
55     delay(100);
56 }
57

```

Рисунок 2.16 – Код програми

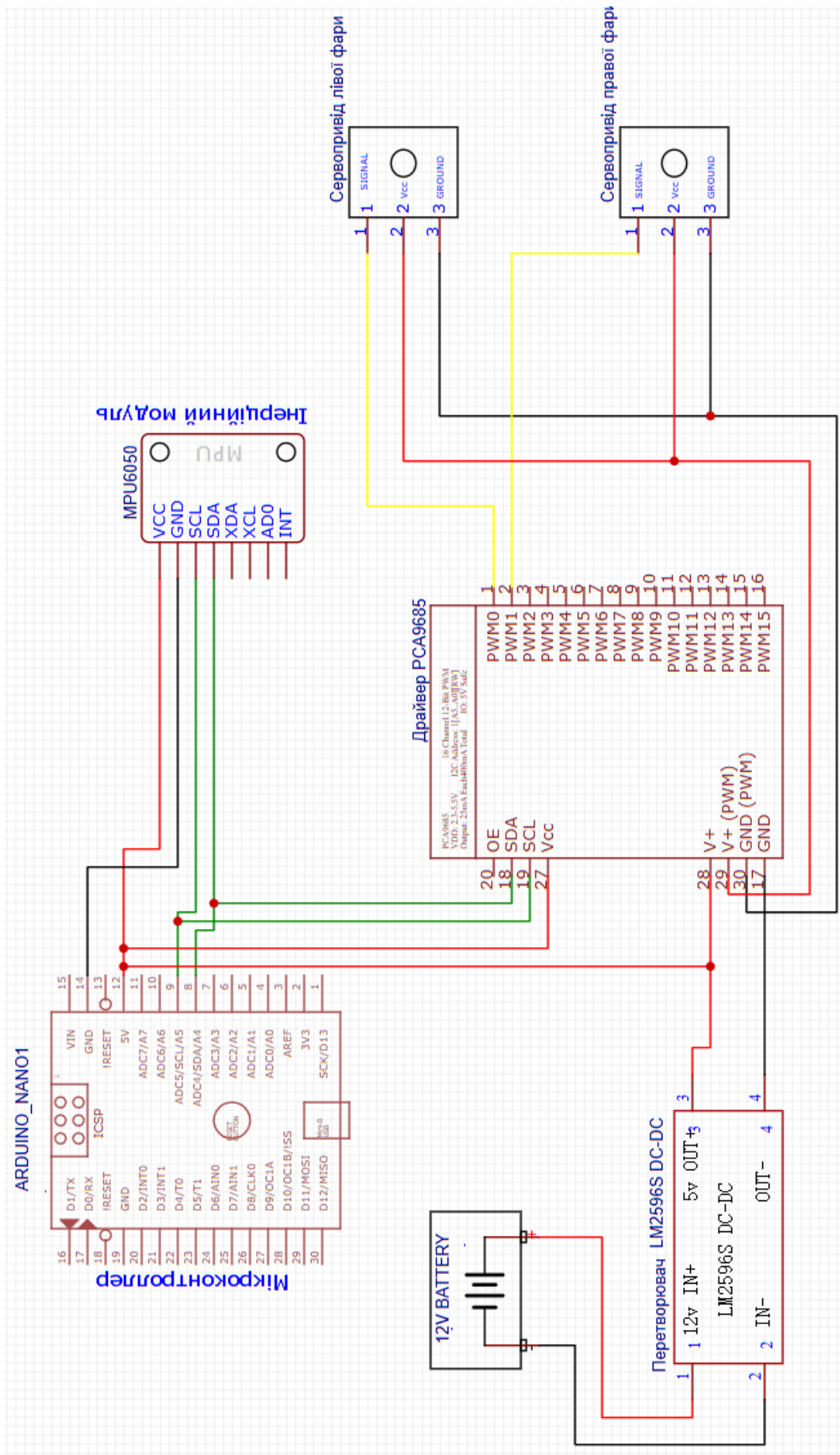


Рисунок 2.17 – Схема підключення

3. РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

3.1 Підбір обладнання

Для забезпечення повного циклу робіт з модернізації системи регулювання фар автомобіля, дільниця оснащується необхідним обладнанням, яке забезпечує діагностику, монтаж, паяння, тестування та випробування системи. Нижче подано характеристику основних засобів технічного оснащення дільниці.

Компресор GTM КСН2090(рис. 3.1) - використовується для живлення пневматичного інструменту, продувки елементів системи, очищення компонентів та робочого місця. Компресор має об'єм ресивера 200 літрів і споживає потужність 4 кВт, що дозволяє ефективно забезпечувати повітрям кілька споживачів одночасно. Його габаритні розміри становлять 1250×460×920 мм.



Рисунок 3.1 - Компресор

Пускозарядний пристрій G.I.KRAFT GI35112(рис. 3.2) застосовується для заряджання акумуляторних батарей та запуску автомобілів із розрядженим акумулятором. Це особливо актуально під час тестування нової системи при вимкненому двигуні. Пристрій підтримує напругу 12/24 В, струм 1000 А, має потужність 11 кВт і масу 36 кг. Габарити — 410×350×795 мм.



Рисунок 3.2 – Пускозарядний пристрій

Інструментальна шафа TOPTUL GV-13306(рис 3.3) - У шафі розміщено 133 одиниці інструменту загальною масою 85 кг. Габаритні розміри шафи — 687×459×857 мм. Забезпечує порядок і швидкий доступ до інструментів під час виконання робіт.



Рисунок 3.3 – Інструментальна шафа

Реглоскоп Weissbarth MLD1 - пристрій для регулювання кута нахилу світлового пучка фар. Застосовується після встановлення та калібрування модернізованої системи для перевірки правильності напрямку світла. Маса — 30 кг, габарити — 1520×530×650 мм.



Рисунок 3.4 – Пристрій регулювання фар

Осцилограф SIGLENT SDS1202X-E(рис 3.5) - призначений для діагностики електричних сигналів у системі керування, зокрема імпульсів ШІМ, які надходять до сервоприводів. Підтримує частоту до 200 МГц, швидкість захоплення — 1 Гвиб/с, маса — 3,8 кг. Розміри — 313×160×122 мм.



Рисунок 3.5 - Осцилограф

Паяльна станція Lukey 868(рис. 3.6) - використовується для монтажу та демонтажу радіоелементів системи, що модернізується. Станція працює в діапазоні температур 100–480 °С, має потужність 750 Вт та вагу 1,9 кг. Габарити — 160×190×116 мм.



Рисунок 3.6 – Паяльна станція

Витяжка JET DC-850(рис. 3.7) - Забезпечує видалення шкідливих парів під час паяння та обробки компонентів. Продуктивність — 850 м³/год, потужність — 750 Вт. Габарити — 1100×450×510 мм.



Рисунок 3.7 - Витяжка

Верстак ЗМСБ 1800R(рис 3.8) - Служить основним робочим місцем для зборки та налагодження елементів системи. Має зручну площину для розміщення обладнання та інструментів. Розміри — 1800×620×850 мм.



Рисунок 3.8 - Верстак

Оглядова яма призначена для доступу до нижньої частини автомобіля під час монтажу або перевірки підкапотного простору. Розміри ями — 3500×800×190 мм. Дозволяє здійснювати огляд та монтаж компонентів системи, зокрема прокладку кабелів та встановлення датчиків. Список необхідного обладнання зображено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Обладнання та його характеристики

Обладнання	Марка та модель	Технічні характеристики	Габаритні розміри
Компресор	GTM KCH2090	200л, 4кВт, 190кг	1.25×0.46×0.92м
Пускозарядний пристрій	G.I.KRAFT GI35112	12/24V, 1000A, 11кВт, 36кг	0.41×0.35×0.795м
Шафа інструментальна	TOPTUL GV- 13306	Інструм.-133шт, 85кг	0.687×0.459×0.857м
Реглоскоп	Beissbarth MLD1	30кг,	1.52×0.53×0.65м
Осцилограф	SIGLENT SDS1202X-E	200МГц, 1Гвиб/с, 50Вт, 3,8кг	0.313×0.16×0.122м
Паяльна станція	Lukey 868	750Вт, 100°С- 480°С, 1,9кг	0.16×0.19×0.116м
Витяжка	JET DC-850	750Вт, 850м³/год	1.1×0.45×0.51м
Верстак	ЗМСБ 1800R		1.8×0.62×0.85м
Мультиметр	FNIRSI DMT-99	Звукове продзвонювання Напруга Опір	
Оглядова яма			3.5×0.8×0.19м
Склад			1.4×1.4×3м

3.2 Організація дільниці

Технологічна дільниця, призначена для проведення робіт із вдосконалення систем регулювання автомобільного освітлення, розташована у приміщенні розмірами 6×8 метрів. Вона повністю обладнана необхідними технічними засобами та меблями для виконання всіх етапів модернізації — від демонтажу елементів освітлення до налаштування та калібрування оновленої системи.

Центральним елементом робочої зони є оглядова яма, яка дозволяє фахівцям виконувати монтажні та діагностичні роботи з нижньої частини автомобіля. Завдяки правильному розташуванню, транспортний засіб зручно позиціонується для доступу до передньої частини — місця встановлення фар, а також для роботи з електропроводкою та кріпленнями системи.

Уздовж однієї зі стін встановлений просторий верстак, який є основним робочим місцем для електронних монтажних робіт. На ньому розміщені осцилограф та паяльна станція, що дозволяє проводити точну діагностику сигналів мікроконтролера та пайку елементів. Поряд з верстаком розташована інструментальна шафа, в якій зберігається набір необхідних ручних інструментів і вимірювальних приладів. Таке розміщення дозволяє швидко та зручно користуватися інструментами під час роботи.

Реглоскоп розміщено навпроти оглядової ями — у зоні, де після встановлення модернізованих фар буде проводитися точне налаштування кута нахилу світлового потоку. Його положення забезпечує правильну геометрію та відстань для тестування.

У правій частині дільниці встановлено компресор та пускозарядний пристрій. Компресор використовується для очищення деталей від пилу, обдуву, а також для роботи з пневмоінструментами. Пускозарядний пристрій дозволяє забезпечити автомобіль живленням під час проведення електромонтажних робіт, особливо у випадках, коли акумулятор розряджений.

Окремо передбачене невелике складське приміщення розмірами 1.4×1.4 метра, у якому зберігаються запасні частини, електронні модулі, сервоприводи, кабелі, роз'єми та інші комплектуючі, необхідні для процесу модернізації.

Таке зонування та розміщення обладнання забезпечує ефективну організацію праці, зменшує втрати часу на пошук інструментів чи переміщення в межах ділянки, та створює безпечне і зручне середовище для проведення робіт.

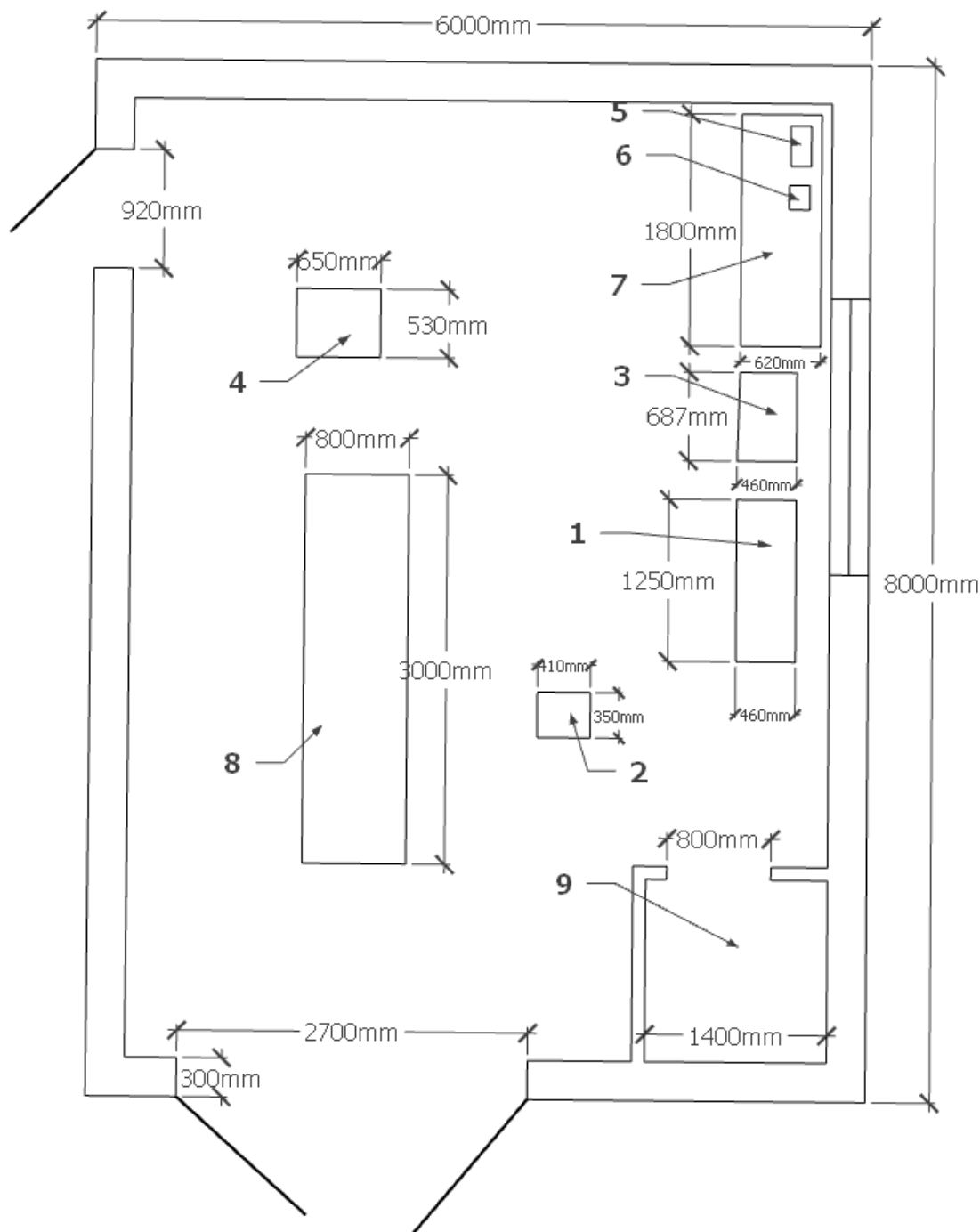


Рисунок 3.9 – План ділянки[6]: 1 – Компресор, 2 – Пускозарядний пристрій, 3 – Шафа інструментальна, 4 – Пристрій регулювання фар, 5 – Осцилограф, 6 – Паяльна станція, 7 – Верстак, 8 – Оглядова яма, 9 – Складське приміщення

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Визначення категорії приміщень

Основні вимоги до схеми електричної мережі

Вибір схеми електричної мережі робиться на перспективу 5-10 років, при цьому слід виходити з основних вимог під час її побудови. Схема повинна:

- забезпечити необхідну надійність;
- забезпечувати нормовану якість електроенергії біля споживача (ГОСТ 13109-97);
- бути гнучкою, пристосованою до різних режимів розподілу потужності;
- забезпечувати можливість її наступного розвитку без докорінних змін з урахуванням раціонального сполучення з майбутніми мережами більш високого ступіню напруги;
- передбачати раціональне сполучення з існуючими мережами, максимальне використання діючих мереж з урахуванням їх можливої реконструкції;
- будуватись з максимальним охоптом території для комплексного електропостачання усіх розташованих на ній споживачів;
- забезпечувати оптимальний рівень струмів к.з.;
- урахувувати можливості виконання релейного захисту, протиаварійної і режимної автоматики;
- відповідати умовам оточуючого середовища (зменшення площі, відчужованої для будівництва землі);
- забезпечувати можливість побудови схеми з уніфікованих елементів ліній і підстанцій.

Дільниця для модернізації систем регулювання автомобільних фар належить до виробничих приміщень малої механізації[16], які класифікуються як об'єкти другої категорії електропостачання. Така категорія передбачає, що у разі переривання електроживлення виникає масовий простій технічного персоналу, порушення послідовності технологічних процесів, що в свою чергу

може призвести до затримки в обслуговуванні транспортних засобів. Згідно з нормами, тривалість допустимого відключення електроенергії для таких дільниць не повинна перевищувати 3,5 годин на добу, при цьому між плановими відключеннями має бути не менше 2 годин.

Для забезпечення надійної, безпечної та безперебійної роботи електрообладнання на дільниці особливу увагу приділяють його правильному вибору відповідно до електричних характеристик, конструктивного виконання, умов довкілля та режиму експлуатації. Приміщення характеризується як сухе, з нормальним температурним режимом, без наявності агресивних парів, пилу чи вибухонебезпечних сумішей. Це дозволяє використовувати стандартне електрообладнання без потреби у спеціальних захисних оболонках або ізоляції.

Дана виробнича дільниця призначена для виконання робіт, пов'язаних з удосконаленням систем освітлення автомобілів, зокрема фар. Вона обладнана відповідно до технологічних потреб — тут проводиться демонтаж передньої частини автомобіля (включаючи бампер і оптику), встановлення нових регуляторів, підключення електронних компонентів, програмування мікроконтролера та калібрування за допомогою реглоскопа. Усе обладнання розміщено відповідно до вимог безпеки та ергономіки, що мінімізує ризики травматизму та забезпечує комфортну роботу.

Додатково на дільниці передбачено окреме приміщення для зберігання комплектуючих — склад розмірами 1,4×1,4 м. Це дозволяє уникати захащення основної робочої зони та забезпечує оперативний доступ до потрібних деталей. Приміщення відповідає нормативним вимогам щодо освітлення, вентиляції та пожежної безпеки, що створює належні умови для проведення ремонтно-монтажних робіт.

4.2 Вибір освітлювальних установок

Приміщення дільниці з модернізації систем регулювання автомобільних фар класифікується як сухе, без підвищеної вологості, тому використання стандартних освітлювальних приладів є допустимим. Враховуючи специфіку

виконуваних робіт, що потребують точної візуальної діагностики та налаштувань (наприклад, регулювання кута нахилу фар, пайка електронних елементів), освітлення має бути рівномірним, достатньо яскравим та не створювати тіней у робочій зоні.

Основне освітлення приміщення реалізується з використанням енергоощадних LED-світильників із кольоровою температурою в межах 4000–5000 К, які забезпечують природне біле світло. Чергове (аварійне) освітлення також передбачено і виконується LED-лампами малої потужності, що живляться через резервну систему. Кількість світильників обрано відповідно до норм освітлення виробничих приміщень — з урахуванням розмірів дільниці 6×8 м, висоти стель, наявності обладнання та робочих зон, де потрібна підвищена освітленість. Потужності освітлювального обладнання розподіленого по групах приведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Освітлювальне обладнання дільниці

Назва	Позначення	Номінальна потужність,кВт	Номінальний струм, А
Робоче група 1	HL1	1,5	2,3
Робоче група 2	HL2	1,5	2,3
Чергове	HL3	0,2	0,31

4.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Живильні і групові щитки потрібно розміщувати в місцях з'єднання живильних і групових мереж, по можливості в центрі навантаження і в місцях допустимих для обслуговування.

При розподілі освітлювальної електропроводки на групи необхідно врахувати наступне:

- навантаження на кожен фазу повинно бути приблизно однаковим;
- номінальний струм розчіплювача групового автоматичного вимикача не повинен перевищувати 25 А;

- на чергове освітлення виділяється приблизно 10% від загальної кількості світильників. [4]

Розподіл на групи проводимо за табличною формою.

Розрахункові струми груп визнаємо для однофазних груп з лампами розжарювання за формулою:

$$I_{gp} = \frac{P_{gp} \cdot 10^3}{U_{\phi}}, \quad (2.1)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга групи, В;

P_{gp} - розрахункова потужність групи, кВт;

Визначаємо струм групи освітлювального щитка №1:

$$I_{gp1} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{220} = 3,8 \text{ А};$$

$$I_{gp2} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{220} = 3,8 \text{ А};$$

$$I_{gp3} = \frac{0,2 \cdot 10^3}{220} = 1,45 \text{ А}.$$

Типи освітлювальних щитків вибираємо в залежності від кількості груп: ЯРН8501-3813 – на 4 групи. Номінальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів вибираємо, виходячи з таких умов:

$$I_{ном.р} \geq I_{розр};$$

$$I_{у.е} \geq 1,4 \cdot I_{розр}.$$

Вибираємо автоматичні вимикачі для групи 1,2 освітлювального щитка серії ВА51-25-34.

Вибираємо автоматичні вимикачі для групи 1,2 освітлювального щитка серії ВА2001.

4.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

У приміщенні дільниці, освітлювальні та силові електропроводки прокладаються відповідно до вимог ПУЕ (Правил улаштування

електроустановок). Зважаючи на відсутність підвищеної вологості, хімічно активного або вибухонебезпечного середовища, допускається прокладання проводів відкритим способом у пластикових кабель-каналах або металорукавах.

Для забезпечення надійної та безпечної роботи електрообладнання використовуються дроти марок типу ВВГнг-LS або ПВС з мідними жилами, які забезпечують належний рівень захисту від короткого замикання та відповідають пожежним нормам. Електропроводка до розеткових груп виконується окремими лініями з захистом автоматичними вимикачами. Вся електромережа має заземлення, а щиток оснащено пристроєм захисного вимкнення (УЗО).

Площу поперечного перерізу проводу з якого буде виконуватись електропроводка вибираємо за формулою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (2.2)$$

де $I_{p.\text{max}}$ - робочий максимальний струм групи, А.

Для груп освітлювального щитка вибираємо провід типу АВТЗ×1,5+1×1 у якого $I_{\text{доп}} = 19$ А.

$$19 > 3,8 \text{ А.}$$

Умова виконується. Аналогічно вибираємо даний провід для інших груп.

Розрахунок втрати напруги проводимо за формулою:

$$\Delta U = \frac{Pl}{CF}, \quad (2.3)$$

де C – постійна для даного проводу, $C = 12,8$;

F – поперечний переріз проводу, мм²;

l – довжина групи, м.

Визначаємо втрату напруги для груп освітлювального щитка ЯРН8501-3812:

$$\Delta U_1 = \frac{3,8 \cdot 12}{12,8 \cdot 4} = 2,45 \text{ \%};$$

$$\Delta U_2 = \frac{3,8 \cdot 12}{12,8 \cdot 4} = 2,45 \text{ \%};$$

$$\Delta U_3 = \frac{0,32 \cdot 6}{12,8 \cdot 4} = 0,11 \text{ \%};$$

Так, як втрати напруги не перевищують допустимих 2,5% то провід залишаємо незмінним.

4.5 Складання розрахунково-монтажної схеми освітлювальної мережі

Розрахунково-монтажна схема освітлювальних проводок складається на основі вибраної пуско-захисної апаратури та марок і перерізів проводів та розбиття усього освітлення на групи.

У розрахунково-монтажній схемі вказані типи освітлювальних щитків, розставлена нумерація груп та система груп, зазначені типи автоматичних вимикачів та їх номінальні струми розчіплювачів, вказана довжина груп проводів та їх марка, зазначена встановлена потужність груп та втрати напруги, а також найменування навантаження.

Схему освітлювальної мережі зображено на рисунку 4.1

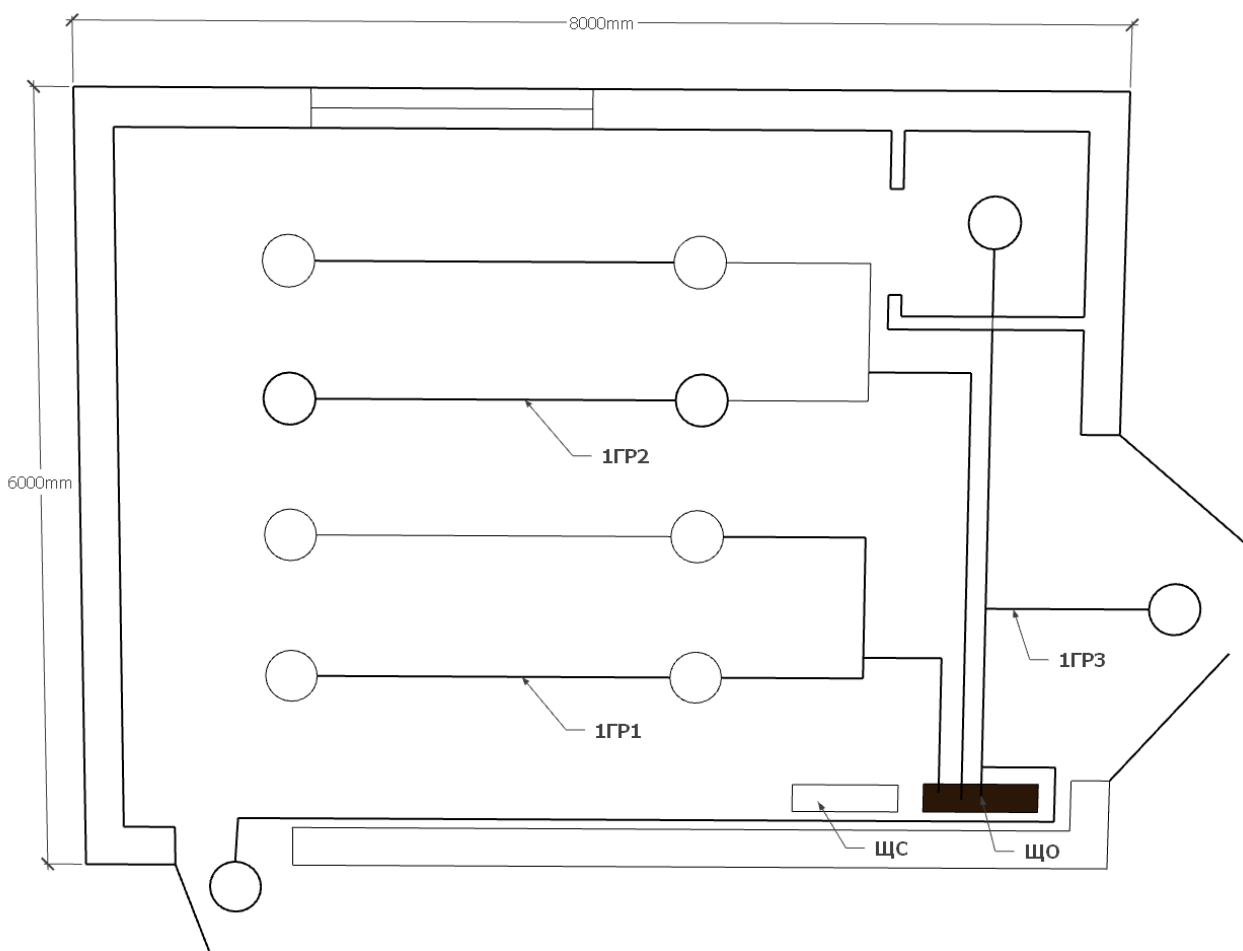


Рис.4.1. Схема освітлювальної мережі

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Сучасні умови експлуатації автомобільного транспорту висувають нові вимоги до систем безпеки, серед яких важливу роль відіграє ефективне функціонування освітлювальних приладів, зокрема передніх фар. У зв'язку з цим модернізація систем регулювання фар з використанням електронних засобів керування є не лише актуальною, але й технічно й економічно доцільною. Для реалізації такого виду робіт запропоновано створення спеціалізованої дільниці, на якій будуть виконуватись роботи з удосконалення освітлювальних систем автомобілів.

Кваліфікаційною роботою передбачено облаштування стаціонарної дільниці загальною площею 6×8 метрів, призначеної для обслуговування легкових і малотоннажних автомобілів. Розміщення обладнання забезпечує зручний доступ до всіх зон обслуговування, безпечні умови праці та ергономічну організацію процесів.

На дільниці будуть виконуватись такі основні види робіт як:

- діагностика системи освітлення;
- демонтаж переднього бампера та фар;
- встановлення нового електронного обладнання (датчики, серводвигуни, контролери);
- прошивка та налаштування мікропроцесорної системи;
- перевірка та калібрування системи за допомогою реглоскопа.

Оцінка витрат на організацію, для створення дільниці необхідно врахувати витрати на:

- Обладнання: компресор, реглоскоп, паяльна станція, сервоприводи, контролери Arduino, датчики та інше оснащення.
- Облаштування приміщення: ремонт, освітлення, вентиляція, електропроводка, оглядова яма, меблі, шафи.

Ціни на обладнання зображено у таблицях 5.1 та 5.2.

- Заробітна плата персоналу: при середньому навантаженні один кваліфікований майстер обслуговуватиме 2–4 автомобілі на день. Середньомісячна зарплата — 25 тис. грн.

- Комунальні витрати та обслуговування: близько 10–15 тис. грн на місяць.

Таблиця 5.1

Вартість обладнання

Тип	Назва	Ціна грн
Реглоскоп	Beissbarth MLD1	51700
Компресор	GTM KCH2090	40000
Паяльна станція	Lukey 868	4905
Пускозарядний пристрій	G.I.KRAFT GI35112	12474
Осцилограф	SIGLENT SDS1202X-E	18900
Мультиметр	FNIRSI DMT-99	1830
Загальна сума		129809

Таблиця 5.2

Вартість облаштування приміщення

Тип	Назва	Ціна
Верстак	ЗМСБ 1800R	13700
Шафа інструментальна	TOPTUL GV-13306	57613
Оглядова яма		20000
Стелажі		7000
Електропроводка		9000
Освітлення головне 8шт	VS-LHB-P-300W	84480
Додаткове освітлення	LMP103-300	3000
Загальна сума		194793

Разом витрати на обладнання та облаштування приміщення становитимуть 324 602 грн.

Розвиток технологій дозволив створювати недорогі та ефективні системи модернізації фар, які підвищують комфорт і безпеку[18]. У зв'язку з цим на

ринку автосервісних послуг з'явився попит на встановлення подібних систем — як серед власників індивідуального транспорту, так і серед автопарків компаній (таксі, кур'єрські служби, логістика).

Враховуючи цю тенденцію, організація невеликої дільниці з модернізації фар є перспективною. Для її реалізації не потрібне складне обладнання або значні капітальні інвестиції. Достатньо мати обладнане виробниче приміщення гаражного типу, базовий комплект діагностичного та слюсарного інструменту, паяльне обладнання, релгоскоп і набір комплектуючих для монтажу.

Собівартість одного комплекту для модернізації фар (таб 5.3) становить близько 800 грн (датчики, контролер, сервоприводи). Разом із витратами на оплату праці, амортизацію та супутні витрати повна собівартість робіт становить 1500–1800 грн.

У той же час ринкова вартість послуги складає від 3500 до 5000 грн залежно від автомобіля та складності встановлення [17]. Таким чином, прибуток із кожної модернізації може сягати 2000 грн. За умов виконання хоча б 2–3 операцій щоденно, щомісячний прибуток підприємства може становити приблизно 144 тис. грн.

Таблиця 5.3

Вартість комплектуючих для модернізації

Тип	Назва	Ціна грн
Мікроконтролер	Arduino Nano	180
Інерційний модуль	MPU6050	230
Драйвер керування	PCA9685	203
Понижуючий модуль	LM2596	130
Загальна сума		743

Крім того, на базі дільниці можливе розширення спектру послуг: діагностика фар, полірування оптики, встановлення додаткового освітлення, адаптація систем освітлення під європейські стандарти тощо. Це дає можливість підвищити середній чек клієнта і забезпечити багатофункціональність підприємства.

Також слід враховувати:

- Високий попит — наявність значного парку авто з морально застарілими системами регулювання фар;
- Низький рівень конкуренції за межами великих міст;
- Можливість автоматизації процесів обслуговування та обліку.

Враховуючи усі ці фактори, створення ділянки з модернізації систем освітлення є не лише доцільним, а й вкрай перспективним проектом з точки зору економіки малого підприємства. Це оптимальне поєднання низьких інвестиційних бар'єрів, високого попиту та рентабельності, що дозволяє швидко запускати бізнес і масштабувати його за потреби.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досліджено, обґрунтовано, спроектовано та реалізовано вдосконалену систему автоматичного регулювання світла автомобільних фар. Актуальність даної теми обумовлена потребою в підвищенні безпеки дорожнього руху, особливо в умовах недостатньої видимості та складного рельєфу, коли традиційні системи освітлення не здатні адаптивно реагувати на зміну положення кузова автомобіля. Система, запропонована у даній роботі, базується на використанні інерційного модуля MPU6050, мікроконтролера Arduino та драйвера PCA9685 для керування сервоприводами, які змінюють кут нахилу фар у режимі реального часу.

У першому розділі було проведено аналіз сучасних систем освітлення автомобілів. Розглянуто переваги та недоліки галогенних, ксенонових, світлодіодних та лазерних фар. Було з'ясовано, що навіть сучасні системи автоматичного регулювання, що базуються на даних від підвіски або завантаження автомобіля, мають обмеження по точності та швидкості реакції. Це і стало підставою для розробки альтернативного способу, що враховує фактичний нахил кузова за допомогою гіроскопа та акселерометра.

У другому розділі було проведено обґрунтування вибору технічних засобів для реалізації системи. Було визначено, що оптимальним з точки зору вартості, доступності та простоти інтеграції є зв'язка Arduino Uno + MPU6050 + PCA9685. Обрано стандартні сервоприводи для фізичного регулювання кута нахилу фар, а також створено алгоритм, який дозволяє в реальному часі коригувати положення фар залежно від кута нахилу кузова автомобіля.

У третьому розділі розроблено функціональну ділянку, призначену для проведення робіт з демонтажу, модернізації та монтажу систем регулювання фар. В межах ділянки передбачено всі необхідні робочі місця, обладнання та склад для зберігання запасних частин. Було описано технологічний процес модернізації автомобіля: зняття бампера, демонтаж штатних кріплень фар, встановлення регульовального блоку та виконання електромонтажних робіт.

Описано схему розміщення обладнання та принципи організації безпечного робочого простору.

У розділі з охорони праці визначено категорії приміщень, вимоги до електробезпеки, освітлення та вентиляції. Було враховано пожежну безпеку та специфіку умов експлуатації електрообладнання в умовах ремонтної майстерні. Приділено увагу вибору кабелів, типу прокладання проводів, вибору освітлювальних приладів та захисту працівників від можливих небезпек, пов'язаних із використанням електроінструментів та паянням.

П'ятий розділ містить економічну оцінку доцільності впровадження проєкту. Було проведено розрахунок витрат на організацію дільниці, включно з капітальними та поточними витратами. За умови обслуговування щонайменше 25 автомобілів на місяць, дільниця демонструє чистий прибуток близько 76 тис. грн на рік із терміном окупності близько 2,4 року. Це свідчить про ефективність впровадження подібних рішень на СТО малого та середнього формату.

У завершення варто зазначити, що розроблена система є простим, надійним та недорогим рішенням, яке може бути інтегроване в широкий спектр легкових автомобілів без суттєвого втручання в штатну електричну систему. Програма для мікроконтролера має зрозумілу структуру, гнучко адаптується під потреби, а використання популярних модулів забезпечує ремонтпридатність і масштабованість. Запропонована технологія дозволяє автоматично компенсувати нахил автомобіля при розгоні, гальмуванні або зміні навантаження, що забезпечує правильний напрямок світлового потоку фар, зменшує ризик засліплення інших учасників руху та покращує загальну безпеку.

Таким чином, мета роботи — розробка та реалізація автоматизованої системи регулювання нахилу автомобільних фар — досягнута в повному обсязі. Отримані результати можуть бути використані як основа для подальшої розробки та комерційного впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для виконання кваліфікаційних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», Дубляни, 2023
2. Electude LMS – Львівський національний аграрний університет. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://lnau.electude.eu/>
3. Arduino Documentation. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://docs.arduino.cc>
4. Кабінет Міністрів України. Про Правила дорожнього руху : Постанова від 10 жовт. 2001 р. № 1306 // Законодавство України. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-п#Text>
5. Середовище для розробки та проектування електричних схем та печатних плат
<https://easyeda.com/>
6. Середовище для проектування будівель, SketchUp,
<https://www.sketchup.com/>
7. Литовченко, О. В. Системи електроосвітлення автомобілів: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 124 с.
8. Коршак, О. І., Петренко, С. В. Електронні системи автомобілів: основи побудови та діагностика. – Київ: Ліра-К, 2020. – 240 с.
9. Бондар, П. В. Мікропроцесорні системи в автомобілях. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 198 с.
10. Бачинський, В. Д., Рудь, В. Г. Системи керування електрообладнанням автомобілів: лабораторний практикум. – Кременчук: КрНУ, 2021. – 96 с.
11. ДСТУ 3649:2010. Автомобілі. Вимоги до систем зовнішнього освітлення та світлової сигналізації. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2010,
<https://patrul.in.ua/pdf/dstu-3649.pdf>

12. Литвиненко, В. В. “Застосування інерційних сенсорів в автомобільних системах автоматичного керування,” Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 2, с. 51–56, 2022.
13. Прохоренко, І. Ю. “Інтелектуальні системи керування освітленням транспортних засобів,” Науковий вісник ХНАДУ, вип. 91, с. 115–119, 2020.
14. Козачок, А. І. Автоматизація електротехнічних систем. – Дніпро: НГУ, 2020. – 172 с.
15. Плахтій Т. М. Автомобільна електроніка : підручник. — Харків : ФОП Панов А. М., 2020. — 416 с.
16. Кривошей О. М. Системи керування автомобілями : навч. посібник. — Львів : Львівська політехніка, 2018. — 320 с.
17. Бойко А. М. Організація і планування автотранспортних підприємств : підручник. — К. : Знання, 2019. — 384 с.
18. Савінов О. В. Світлотехнічне обладнання автомобілів : навч. посібник. — Харків : ХНАДУ, 2021. — 238 с.
19. Васильєв І. М. Оптичні системи автомобільного освітлення // Автомобільний транспорт. — 2019. — № 45. — С. 55–61.
20. Грабар І. І., Бондаренко С. В. Світлотехніка і оптика транспортних засобів : навч. посібник. — Львів : Львівська політехніка, 2020. — 210 с.