

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
В. о. завідувача кафедри АКІТ,
кандидат технічних наук, доцент
_____ М. І. Сіделєв
« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА БЛОКУВАННЯ
ДИФЕРЕНЦІАЛІВ ВІТЧИЗНЯНИХ АВТОМОБІЛІВ**

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917102

Студент _____ Войтович С.І.
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник кандидат технічних наук, доцент _____ Прищепов О.Ф.
« ____ » _____ 2023 р.

Консультант кандидат технічних наук, доцент _____ Алексєєва А.О.
« ____ » _____ 2023 р.

Миколаїв – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук
Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ
Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри, голова циклової комісії

Сіделєв М. І.

“ _____ ” _____ 2022 р

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Войтович Сергій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Автоматизована система блокування диференціалів вітчизняних автомобілів
керівник проекту (роботи) канд.техн.наук, доцент Прищепов Олег Федорович,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “ _____ ” _____ 2022 р. № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

17.06. 2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

автоматизована система блокування диференціалів, яка складається з
комплексу програмно-апаратних засобів, що дозволяють забезпечити
автоматизацію процесів керування диференціалами та контролювати умови
руху автомобіля.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація; вступ; теоретичні відомості за темою роботи; розробка алгоритму роботи автоматизованої системи; розробка функціональної та електричної принципової схем; розробка прототипа автоматизованої системи; розгляд охорони праці при розробленні автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів; висновки; перелік джерел посилання; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) структурна, функціональна, електрична принципова схеми, плакат з алгоритмом роботи автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних втомобілів, прототип автоматизованої системи блокування

6. диференціалів створений у середовищі
TinkerCad

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Прищепов О.Ф., доцент кафедри АКІТ	17.10.2022	
2	Прищепов О.Ф., доцент кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Алексеева А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	13.10.2022	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	03.04. 2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.05. 2023	
11	Передзахисти	21.05. 2023	
12	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	16.06. 2023	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної роботи бакалавра
«Автоматизована система блокування диференціалів вітчизняних
автомобілів»

Студента 471 Войтовича Сергія Івановича

Керівник: канд. техн. наук, ст. викладач О.Ф. Прищепов

Бакалаврська робота присвячена розробці автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів. В ході роботи проведено детальне дослідження та розробку автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів. В розділі теоретичних відомостей розглянуто огляд диференціалів блокування, їх визначення, історію розвитку та основні компоненти. Також детально розглянуто принцип роботи та типи диференціалів блокування, зокрема механічні, електромагнітні, гідравлічні та електронні диференціали.

В розділі аналізу поточного стану систем автоматизованого блокування диференціалів вітчизняних та зарубіжних автомобілів проведено оцінку їхньої ефективності та переваг. Також визначено потреби та вимоги до системи блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032, зокрема в покращенні прохідності, тягових характеристик, забезпеченні безпеки, легкості у використанні, надійності та міцності.

Розроблена концепція системи автоматизованого блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032 включає вибір компонентів та розробку прототипа системи. Розроблені функціональна схема, блок-схема та електрично принципова схема системи. Також проведено моделювання прототипа системи у середовищі "Tinkercad".

В результаті роботи отримано автоматизовану систему блокування диференціалів, яка може значно покращити прохідність, тягові характеристики та безпеку автомобіля КрАЗ-65032. Розроблена система є ефективною та має потенціал для подальшого вдосконалення та впровадження у вітчизняні автомобілі.

Мета: Метою даної дипломної роботи є розробка автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів з метою покращення їх прохідності та безпеки на дорозі. Основною ідеєю є створення системи, яка забезпечує автоматичне включення та відключення блокування диференціалів в залежності від дорожніх умов і режиму руху автомобіля.

Об'єкт: Об'єктом дослідження є диференціали блокування вітчизняних автомобілів та можливість їх автоматизованого управління.

Предмет: Предметом дослідження є автоматизована система блокування диференціалів, яка складається з комплексу програмно-апаратних засобів, що дозволяють забезпечити автоматизацію процесів керування диференціалами та контролювати умови руху автомобіля.

Задачі:

1. Аналіз існуючих диференціалів блокування на ринку та їх функціональних характеристик.
2. Розробка алгоритму, який визначатиме умови активації та деактивації блокування диференціалів залежно від дорожніх умов та режиму руху автомобіля.
3. Розробка функціональної схеми системи, що передбачатиме керування блокуванням диференціалів та забезпечуватиме безперебійну роботу автомобіля.
4. Розробка електрично принципової схеми системи, яка включатиме необхідні компоненти та засоби керування.
5. Розробка концепції автоматизованої системи блокування диференціалів, враховуючи вимоги до прохідності та безпеки на дорозі.

Сторінок – 96. Рисуноків – 29. Таблиць – 1. Посилань – 26. Додатків – 2.

ABSTRACT

of the Bachelor's Thesis

“Automated differential locking system of domestic cars”

Student of group 471: Voitovych Serhii Ivanovych

Supervisor: O.F. Pryshepov

Bachelor's thesis is dedicated to the development of an automated differential locking system for domestic vehicles. The work involved a detailed study and development of an automated differential locking system for domestic vehicles. The theoretical background section provides an overview of locking differentials, their definition, history, and main components. The working principle and types of locking differentials, including mechanical, electromagnetic, hydraulic, and electronic differentials, are also examined in detail.

The analysis of the current state of automated differential locking systems in domestic and foreign vehicles evaluates their effectiveness and advantages. The needs and requirements for a differential locking system for the KrAZ-65032 vehicle are identified, specifically in improving off-road capabilities, traction characteristics, safety, ease of use, reliability, and durability.

The developed concept of an automated differential locking system for the KrAZ-65032 vehicle includes component selection and system prototype development. Functional diagrams, block diagrams, and electrical schematic diagrams of the system are created. Additionally, a prototype of the system is simulated using the "Tinkercad" environment.

As a result of the work, an automated differential locking system has been obtained, which can significantly improve the off-road capabilities, traction characteristics, and safety of the KrAZ-65032 vehicle. The developed system is efficient and has the potential for further improvement and implementation in domestic vehicles.

Goal: The goal of this diploma project is to develop an automated differential locking system for domestic vehicles to improve their off-road capabilities and road safety. The main idea is to create a system that automatically engages and disengages the differential locks based on road conditions and the vehicle's driving mode.

Object: The object of this research is the differential locking systems of domestic vehicles and the possibility of their automated control.

Subject: The subject of this research is the automated differential locking system, which consists of a complex of hardware and software tools that enable the automation of differential control processes and monitoring of the vehicle's movement conditions.

Tasks:

1. Analysis of existing differential locking systems available on the market and their functional characteristics.

2. Development of an algorithm that determines the conditions for activating and deactivating the differential locks based on road conditions and the vehicle's driving mode.

3. Development of a functional diagram of the system that will control the differential locks and ensure uninterrupted vehicle operation.

4. Development of an electrical schematic diagram of the system, including necessary components and control means.

5. Development of the concept of an automated differential locking system, considering the requirements for off-road capabilities and road safety.

Pages: 96. Figures: 29. Tables: 1. References: 26. Appendices: 2.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДИФЕРЕНЦІАЛИ БЛОКУВАННЯ	7
1.1 Огляд диференціалів блокування	7
Визначення диференціалу блокування	7
Історія розвитку диференціалів блокування	7
Основні компоненти та конструкційні особливості	10
1.2 Принцип роботи диференціалів блокування	12
1.3 Типи диференціалів блокування	14
Механічні диференціали блокування	14
Електромагнітні диференціали блокування	15
Гідравлічні диференціали блокування	17
Електронні диференціали блокування	18
1.4 Переваги та недоліки диференціалів блокування	19
Переваги диференціалів блокування	19
Недоліки диференціалів блокування	20
1.5 Використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях ...	21
Висновки до першого розділу	26
2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БЛОКУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛІВ ВІТЧИЗНЯНИХ АВТОМОБІЛІВ	28
2.1 Аналіз поточного стану систем автоматизованого блокування диференціалів вітчизняних автомобілів	28
2.2 Аналіз поточного стану систем автоматизованого блокування диференціалів зарубіжних автомобілів	30
2.3 Аналіз потреб і вимог до системи блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032	36
Покращення прохідності	37

Покращення тягових характеристик	38
Забезпечення безпеки	39
Легкість у використанні	40
Надійність і міцність	41
2.4 Розробка концепції системи автоматизованного блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ–65032	43
Зарубіжні аналоги	43
Вибір компонентів системи	44
2.5 Розробка прототипа системи автоматизованного блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032	51
2.5.1 Розробка функціональної схеми для системи автоматизованного блокування диференціалів	51
2.5.2 Розробка блок-схеми для системи автоматизованного блокування диференціалів	53
2.5.3 Моделювання прототипа системи автоматизованного блокування диференціалів у середовищі “Tinkercad”	55
2.5.4 Розробка електрично принципової схеми для системи автоматизованного блокування диференціалів	62
Висновки до другого розділу	64
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	67
ДОДАТОК А	70
ДОДАТОК Б	71

ВСТУП

Актуальність теми: Автомобільна промисловість є однією з ключових галузей вітчизняної економіки, вплив якої на соціальний та економічний розвиток країни є надзвичайно важливим. У сучасних умовах зростає попит на автомобілі з підвищеною прохідністю та здатністю подолати складні дорожні умови. Одним із ключових елементів, що впливають на такі характеристики автомобілів, є диференціали блокування.

Диференціали блокування є пристроями, що забезпечують передачу крутного моменту від двигуна до коліс з різним крутним моментом, що дозволяє автомобілю подолати перешкоди на дорозі. Однак, на сьогоднішній день вітчизняні автомобілі недостатньо оснащені ефективними системами автоматизованого блокування диференціалів, що обмежує їх потенціал у покращенні прохідності та безпеки на дорозі.

Мета: Метою даної дипломної роботи є розробка автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів з метою покращення їх прохідності та безпеки на дорозі. Основною ідеєю є створення системи, яка забезпечує автоматичне включення та відключення блокування диференціалів в залежності від дорожних умов і режиму руху автомобіля.

Об'єкт: Об'єктом дослідження є диференціали блокування вітчизняних автомобілів та можливість їх автоматизованого управління.

Предмет: Предметом дослідження є автоматизована система блокування диференціалів, яка складається з комплексу програмно-апаратних засобів, що дозволяють забезпечити автоматизацію процесів керування диференціалами та контролювати умови руху автомобіля.

Задачі:

1. Аналіз існуючих диференціалів блокування на ринку та їх функціональних характеристик.
2. Розробка алгоритму, який визначатиме умови активації та деактивації блокування диференціалів залежно від дорожніх умов та режиму руху автомобіля.
3. Розробка функціональної схеми системи, що передбачатиме керування блокуванням диференціалів та забезпечуватиме безперебійну роботу автомобіля.
4. Розробка електрично принципової схеми системи, яка включатиме необхідні компоненти та засоби керування.
5. Розробка концепції автоматизованої системи блокування диференціалів, враховуючи вимоги до прохідності та безпеки на дорозі.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AWD – (від англ. All-wheel drive) – повний привід

eLSD – (від англ. Electronic Limited Slip Differential) – електронний диференціал підвищеного тертя

СБД – Система блокування диференціала

САБД – Система автоматизованого блокування диференціала

КрАЗ – Кременчуцький автомобільний завод

ECU (від англ. Electronic Control Unit) – електронний блок керування в автомобільній електроніці

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДИФЕРЕНЦІАЛИ БЛОКУВАННЯ

1.1 Огляд диференціалів блокування

Визначення диференціалу блокування

Блокування диференціала (англ. locking differential) — це обмеження можливостей роботи диференціала у трансмісії автомобіля з метою гарантованого передачі крутного моменту з двигуна на вихідні вали в заданому співвідношенні[1].

Диференціали блокування є важливою складовою системи передачі крутного моменту в автомобілях. Вони забезпечують ефективну передачу крутного моменту на колеса та дозволяють автомобілю краще справлятися з умовами бездоріжжя, крутих підйомів та інших складних дорожніх умов.

Диференціал блокування - це механізм, який здатний заблокувати роботу диференціального механізму автомобіля та розділити крутний момент між колесами однієї вісі в певних ситуаціях. Це дозволяє покращити тягу, стабільність та керованість автомобіля.

Історія розвитку диференціалів блокування

Історія виникнення диференціалів для автомобілів тісно пов'язана з розвитком автомобільної промисловості і появою потреби у кращому керованості і розв'язанні проблем, пов'язаних з рухом автомобілів по нерівним дорогах.

У самому початку автомобільної епохи, коли автомобілі були ще досить простими конструкціями, необхідність у диференціалі не була настільки актуальною. Простий прямий механізм зв'язку між двома задніми колесами був достатнім для передачі сили з двигуна і забезпечення руху. Однак, коли почали розвиватися швидкості та потужності автомобілів, стало очевидним, що така система має свої обмеження.

Проблема полягала у тому, що колеса автомобілів повинні прокочуватися по різних швидкостях, особливо при руху по поворотах. Звичайний механізм зв'язку не здатний до цього, оскільки обертання вісей коліс відбувається з різною швидкістю. Це призводило до великого зносу шин, нестабільності керування та інших проблем.

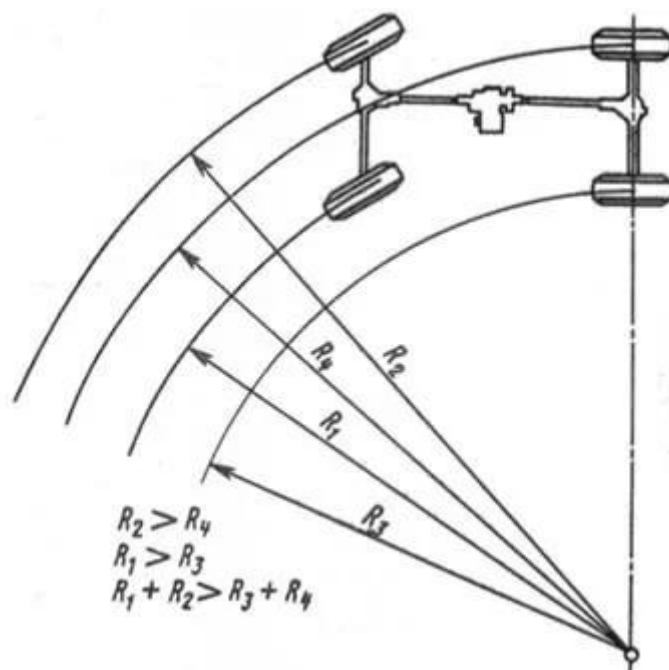


Рисунок 1.1 – Траєкторія руху коліс під час повороту автомобіля з колісною формулою 4x4

Таким чином, для вирішення цих проблем було розроблено і впроваджено диференціал. Перші диференціали мали просту конструкцію з двома зубчастими колесами, які могли обертатися з різною швидкістю[2]. Вони встановлювались на ведучих валах задньої вісі автомобілів і забезпечували рівномірне розподілення крутного моменту між задніми колесами, дозволяючи кращу керуваність та зносостійкість шин.

Технологічний прогрес і зростання вимог споживачів призвели до розвитку більш складних і ефективних диференціалів. Одним з найважливіших досягнень було винайдення обмеженого диференціалу.

Обмежений диференціал, також відомий як блокування диференціалу, був розроблений для покращення тяги і керованості автомобілів в умовах непрохідної дороги, таких як бездоріжжя, сніг, грязь і інші складні умови.

Традиційний диференціал дозволяє колесам на одній осі обертатися з різною швидкістю, що корисно при русі по поворотах. Однак, в умовах обмеженої тяги, коли одне з коліс втрачає контакт з дорогою або знаходиться на поверхні зі складною адгезією, традиційний диференціал надає більшу кількість потужності колесу з меншою тягою, тоді як колесо з більшою тягою отримує менше потужності. Це призводить до проблем з проскокуванням коліс і погіршенням керованості автомобіля.

Обмежений диференціал дозволяє вимушено обмежити різницю в обертанні між колесами на одній осі, перерозподіляючи потужність між ними. Це досягається за допомогою механізму блокування, який може фіксувати два колеса разом, забороняючи різницю в швидкості обертання між ними[3]. Це дозволяє обидвом колесам отримувати максимальну кількість потужності і покращує тягу та керованість автомобіля в умовах обмеженої адгезії.

Сучасні автомобілі часто оснащені системами електронного керування блокуванням диференціалів. Ці системи використовують різні сенсори, які моніторять швидкість обертання коліс і рівень тяги на кожній осі автомобіля. За допомогою комп'ютерного алгоритму система визначає, коли потрібно ввімкнути блокування диференціалу, і автоматично активує його.

Це особливо корисно для автомобілів з повнопривідною системою, де кожна вісь має свій диференціал. Завдяки системі керування блокуванням диференціалів, водій може отримати максимальну тягу на всіх колесах, що дозволяє подолати складні дорожні умови, такі як бездоріжжя, глибокий сніг, пісок чи грязь. Колеса з кращою адгезією отримують більше потужності, тим самим забезпечуючи кращу тягу та контроль над автомобілем.

Новітні розробки також включають активне блокування диференціалів, де система може автоматично регулювати рівень блокування в залежності від

умов руху і ступеня проскальзування коліс. Це дозволяє автомобілю миттєво адаптуватися до змінних умов дороги і забезпечувати максимальну тягу та стабільність.

Основні компоненти та конструкційні особливості

Основні компоненти системи блокування диференціалів в автомобілях включають[2,4]:

1. Диференціал: Центральний елемент системи блокування диференціалів, який розташований на задній або передній осі автомобіля. Він відповідає за розподіл обертального моменту між лівим і правим колесами. Типичний диференціал дозволяє колесам обертатися з різною швидкістю під час поворотів, але в умовах обмеженої тяги це може призвести до пробуксовування колес з меншою тягою.

2. Блокувальний механізм: Цей механізм забезпечує можливість блокування диференціалу, що дозволяє передати обертальний момент на обидва колеса одночасно. В залежності від конструкції автомобіля і типу системи блокування, цей механізм може бути реалізований за допомогою механічних, електронних або гідравлічних пристроїв.

3. Керуючий пристрій: Це елемент системи, який відповідає за активацію або деактивацію блокувального механізму. Зазвичай, цей пристрій контролюється водієм автомобіля і може бути реалізований у вигляді кнопки або перемикача, розташованого в салоні.

Конструкційні особливості систем блокування диференціалів можуть варіюватися залежно від типу автомобіля і його призначення. Ось декілька загальних конструкційних особливостей[5,6]:

1. Механічний блокувальний механізм: У деяких автомобілях система блокування диференціалів може бути механічною, де блокування відбувається за допомогою механізму з фіксованими зубчастими колесами. При активації

блокування, ці зубці з'єднуються, що забезпечує одночасну передачу обертового моменту на обидва колеса.

2. Електронно-керовані системи: Деякі сучасні автомобілі оснащені електронно-керованими системами блокування диференціалів. Ці системи використовують датчики швидкості коліс, кута повороту і інші параметри для визначення необхідності блокування диференціалу. За допомогою комп'ютера керування, система може автоматично блокувати диференціал при виявленні пробуксовування коліс або при певних умовах руху.

3. Лімітовано-силові диференціали: Деякі автомобілі використовують лімітовано-силові диференціали, які мають властивості блокування. Ці диференціали мають спеціальні муфти або пластини, які автоматично змінюють свою жорсткість, коли одне колесо пробуксовується. Це дозволяє передати більше обертового моменту на колесо з кращою тягою.

4. Гідравлічні системи блокування диференціалів: Деякі важкі автомобілі, такі як позашляховики, можуть мати гідравлічні системи блокування диференціалів. У цих системах, блокування диференціалу відбувається за допомогою гідравлічного актуатора, який застосовує великий тиск до блокувальних механізмів, забезпечуючи передачу обертового моменту на обидва колеса одночасно.

5. Електромеханічні системи блокування диференціалів: Деякі сучасні автомобілі використовують електромеханічні системи блокування диференціалів, які поєднують в собі переваги електронного управління і механічного блокувального механізму. Ці системи можуть мати електричний мотор, який активує механізм блокування, а вся система керується електронними сигналами від датчиків і комп'ютера керування.

Важливо зазначити, що різні виробники автомобілів можуть використовувати різні системи блокування диференціалів залежно від їхньої стратегії та технологічних можливостей. Деякі автомобілі можуть мати блокування диференціалів лише на одній осі (передній або задній), тоді як інші

можуть мати блокування на обох осях. Крім того, деякі автомобілі можуть мати системи блокування, які можуть активуватися вручну, тоді як інші можуть мати автоматичну систему, яка реагує на умови руху.

1.2 Принцип роботи диференціалів блокування

Розглянемо принцип роботи диференціалів блокування. Основною функцією диференціала блокування є забезпечення рівномірного розподілу крутного моменту між колесами однієї вісі[7]. У звичайних умовах руху, колеса однієї вісі можуть обертатися з різною швидкістю, оскільки при русі автомобіля по повороту зовнішнє колесо проходить більший шлях, ніж внутрішнє колесо. Диференціал вирівнює цю різницю шляхів, дозволяючи колесам обертатися з різною швидкістю, але з однаковим крутним моментом.

Однак, в деяких умовах, наприклад, при русі на скользкій дорозі, на крутому підйомі або при проходженні бездоріжжя, колеса однієї вісі можуть втратити сцеплення з дорогою. У таких випадках диференціал блокування може бути активований для блокування роботи диференціального механізму та забезпечення розподілу крутного моменту на обидва колеса однієї вісі.

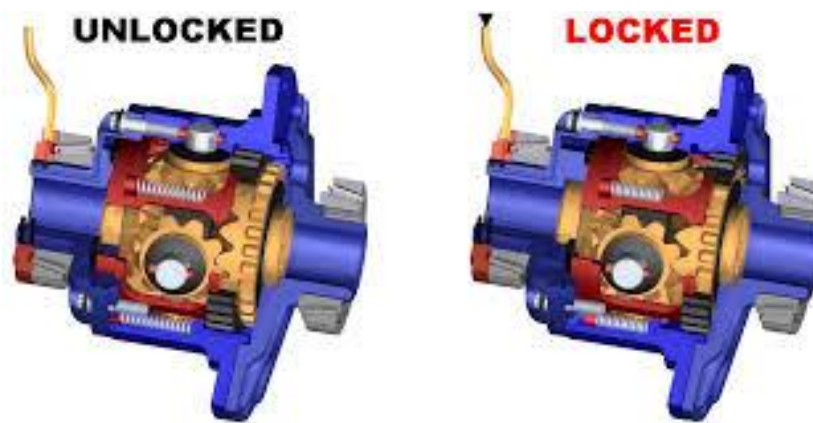


Рисунок 1.2 – Схема розблокованого і заблокованого диференціалів

Механізми блокування диференціалів можуть варіюватися залежно від типу диференціала блокування. Наприклад, механічні диференціали блокування використовують механічні засувки або зчеплення для фіксації двох половинок диференціала, що дозволяє передати крутний момент на обидва

колеса однієї вісі. Електромагнітні диференціали блокування використовують електромагнітні сполуки для активації блокування диференціала. Гідравлічні диференціали блокування використовують гідравлічний тиск для заблокування роботи диференціалу, а електронні диференціали блокування керуються електронними сигналами та мають можливість програмної настройки.

Основна функція диференціалу полягає у розподілі обертового моменту між двома приводними колесами автомобіля, що знаходяться на одній осі. У звичайних умовах, коли обидва колеса мають рівну тягу, диференціал дозволяє колесам обертатися з різною швидкістю під час руху по повороту. Це необхідно, оскільки зовнішнє колесо має більшу відстань для проходження і повинно обертатися швидше, ніж внутрішнє колесо.

Однак, коли одне колесо втрачає тягу, наприклад, на ковзкій поверхні або у ситуації заїзду в глибокий сніг, диференціал дозволяє всій потужності передатися на це колесо, яке майже не здатне забезпечити рух автомобіля. Це може призвести до втрати контролю над автомобілем та ускладнити подолання перешкод.

У таких ситуаціях застосовується принцип диференціалу блокування. Диференціал блокування (або замок диференціала) дозволяє заблокувати обидва колеса на одній осі, змусивши їх обертатися з однаковою швидкістю. Це досягається шляхом механічного замикання диференціалу, що не дозволяє розподілу обертового моменту між колесами.

За допомогою диференціала блокування автомобіль отримує додаткову тягу і забезпечує більшу стабільність та контроль на ковзкій або нерівній поверхні. Колеса на одній осі обертаються з однаковою швидкістю, що дозволяє автомобілю рухатися без втрати тяги на одне з коліс.

Диференціал блокування активується водієм автомобіля у ситуаціях, коли виникає потреба у заблокуванні диференціала для кращої прохідності. Це може бути зроблено за допомогою спеціального перемикача або електронною системою управління автомобілем. Коли диференціал блокується, обидва

колеса на одній осі отримують однакову кількість тяги, незалежно від умов на дорозі.

Проте варто зазначити, що в повсякденному використанні диференціал блокування необхідно включати тільки в ситуаціях, коли це дійсно потрібно. Під час поворотів на твердому асфальті або на дорозі з гарною тягою, розблокований диференціал забезпечує оптимальну швидкість і стійкість руху автомобіля.

Узагалі, принцип роботи диференціала блокування у автомобілях полягає у забезпеченні гнучкості і адаптабельності автомобільної системи приводу в залежності від умов дороги і потреб водія. Диференціал блокування може бути механічним, електромагнітним або електронним, залежно від конструкції автомобіля та його системи приводу.

Наприклад, у деяких автомобілях з повним приводом (4WD або AWD), існує можливість блокування центрального диференціалу. Це дозволяє розділити потужність між передньою та задньою осію автомобіля в рівних пропорціях, забезпечуючи кращу тягу та стабільність на дорозі. Коли диференціал блокований, обидві осі працюють разом, що забезпечує кращу прохідність у важких умовах.

Крім того, в деяких сучасних автомобілях використовується електронна система керування тягою на кожному колесі (Electronic Limited Slip Differential - eLSD). Ця система здатна автоматично контролювати потужність, розподіляючи її між колесами на одній осі залежно від умов дороги та стану тяги. Вона дозволяє активувати блокування диференціала на потрібному колесі або навіть управляти обертовим моментом на кожному колесі окремо.

1.3 Типи диференціалів блокування

Розглянемо різні типи диференціалів блокування, які використовуються в автомобілях [8,9].

Механічні диференціали блокування

Механічні диференціали блокування використовують механічні засувки або зчеплення для блокування роботи диференціального механізму. Це можуть бути засувки з шарнірами або конічними засувками, які фіксують дві половинки диференціала, дозволяючи передати крутний момент на обидва колеса однієї вісі. Один з варіантів механічного диференціалу блокування – диференціал з конусними засувками, відомий також як "диференціал з третім конусом".



Рисунок 1.3 – Механічний диференціал блокування

Механічні диференціали блокування мають деякі переваги, такі як простота конструкції та надійність. Вони здатні витримувати великі навантаження та працювати в різних умовах експлуатації. Однак, вони можуть мати певні недоліки, такі як обмежений кут блокування, що може обмежити їх ефективність у деяких ситуаціях.

Електромагнітні диференціали блокування

Електромагнітні диференціали блокування використовують електромагнітні сполуки для активації блокування диференціала. Зазвичай це виконується за допомогою електромагнітного клапана, який вмикати або вимикати блокування. При вмиканні блокування, електромагнітна сполука

з'єднує половинки диференціала, дозволяючи передавати крутний момент на обидва колеса однієї вісі.



Рисунок 1.4 – Електромагнітний диференціал блокування

Електромагнітні диференціали блокування мають деякі переваги. Один з їх основних плюсів полягає в тому, що вони можуть бути активовані або вимкнені за допомогою електричного сигналу. Це дозволяє водію зручно керувати блокуванням диференціала з кабіни автомобіля. Крім того, електромагнітні диференціали блокування можуть мати широкий діапазон налаштувань, що дозволяє регулювати ступінь блокування в залежності від умов дороги та вимог водія.

Однак, у електромагнітних диференціалів блокування також є деякі недоліки. По-перше, вони можуть виявляти меншу надійність порівняно з механічними диференціалами блокування через складність конструкції та наявність електричних компонентів. Крім того, електромагнітні диференціали блокування можуть вимагати постійного джерела енергії для їх роботи, що може призвести до споживання електричної енергії автомобіля.

Гідравлічні диференціали блокування

Гідравлічні диференціали блокування використовують гідравлічний тиск для заблокування роботи диференціального механізму. Зазвичай вони мають гідравлічний насос та клапани, які контролюють подачу гідравлічного тиску. При активації блокування, гідравлічний тиск з'єднує половинки диференціала, дозволяючи передавати крутний момент на обидва колеса однієї вісі.



Рисунок 1.5 – Гідравлічний диференціал блокування

Гідравлічні диференціали блокування відомі своєю ефективністю та можливістю регулювати ступінь блокування. Вони здатні працювати в різних умовах експлуатації, включаючи бездоріжжя та складні дорожні умови. Гідравлічні диференціали блокування також можуть мати додаткові функції, такі як автоматична регуляція ступеня блокування в залежності від умов дороги та швидкості руху.

Однак, гідравлічні диференціали блокування можуть бути складними за конструкцією та вимагати додаткового обладнання, такого як насос та гідравлічний бак. Це може збільшити вагу автомобіля та вплинути на його динамічні характеристики. Крім того, гідравлічні диференціали блокування

можуть вимагати регулярного обслуговування та заміни гідравлічної рідини для забезпечення їх надійної роботи.

Електронні диференціали блокування

Останнім часом все більш популярними стають електронні диференціали блокування. Вони використовують електронні системи управління для контролю блокування диференціала. Електронні диференціали блокування можуть мати широкий діапазон налаштувань та функцій, що дозволяє підлаштовувати їх під конкретні потреби та умови експлуатації.



Рисунок 1.6 – Електронний диференціал блокування

Електронні диференціали блокування можуть бути програмовані для різних режимів роботи, включаючи автоматичний режим, в якому система самостійно регулює ступінь блокування в залежності від умов дороги, та ручний режим, в якому водій може встановити бажану ступінь блокування.

Електронні диференціали блокування також можуть використовувати додаткові сенсори та системи керування стабільністю, щоб автоматично розподіляти крутний момент на колеса з найкращим сцепленням з дорогою. Це

покращує тягу та керованість автомобіля в різних ситуаціях руху, таких як русі на скользькій поверхні або при руху по нерівному бездоріжжю.

Однак, електронні диференціали блокування можуть бути більш складними за конструкцією та вимагати високотехнологічного обладнання для їх установки та налаштування. Крім того, вони можуть бути вразливими до впливу електромагнітних перешкод або відмови електронних компонентів, що може вплинути на їх надійність та функціональність.

1.4 Переваги та недоліки диференціалів блокування

Система блокування диференціалів (англ. differential lock) є важливою компонентою багатьох автомобілів і використовується для поліпшення їхньої прохідності та контролю над тягою. Диференціали блокування можуть мати як переваги, так і недоліки, які варто розглянути перед їхнім використанням.

Переваги диференціалів блокування

1. Поліпшена прохідність: Однією з найбільших переваг диференціалів блокування є поліпшена прохідність автомобіля. Коли диференціал блокується, обидва колеса на одній осі обертаються з однаковою швидкістю, що дозволяє подолати перешкоди, такі як глибокий сніг, бруд або бездоріжжя. Це особливо корисно для автомобілів з повним приводом, оскільки вони мають два диференціали: передній і задній.

2. Покращена тяга: Коли диференціал блокується, вся потужність двигуна переноситься на обидва колеса, що забезпечує кращу тягу. Це особливо корисно в умовах, коли одне колесо втрачає сцеплення, наприклад, на скользькій або нерівній дорозі. Блокування диференціалу дозволяє рівномірно розподілити тягу між колесами і забезпечити кращу стійкість та контроль.

3. Підвищена безпека: Диференціали блокування також можуть покращити безпеку на дорозі. Вони дозволяють керувати автомобілем більш точно в умовах, наприклад, коли дорога мокра або ожеледиця. Блокування

диференціалу допомагає уникнути пробуксовування коліс і підвищує стійкість автомобіля при руху по поворотах або на швидкості.

4. Легкість використання: Багато сучасних автомобілів оснащені електронними системами керування диференціалами блокування. Ці системи автоматично визначають, коли потрібно заблокувати диференціал, і активують його за потреби. Це робить використання диференціалів блокування легким і зручним для водія.

Недоліки диференціалів блокування

1. Висока вартість: Одним з головних недоліків диференціалів блокування є їхня вартість. Технології, які використовуються для створення і управління диференціалами блокування, можуть бути досить складними і дорогими. Це може підвищити вартість автомобіля, особливо якщо система блокування диференціалів входить до стандартного обладнання.

2. Обмежена маневреність: Коли диференціал заблокований, обидва колеса пов'язані і обертаються з однаковою швидкістю. Це може обмежити маневреність автомобіля при поворотах на маленькому радіусі або при паркуванні. Диференціал блокування може робити автомобіль менш зручним для міської їзди або маневрування в тісних просторах.

3. Підвищене зношування та споживання палива: Використання диференціалів блокування може призводити до підвищеного зношування деталей та споживання палива. Коли диференціал заблокований, колеса обертаються з однаковою швидкістю, незалежно від умов дороги. Це може призводити до збільшеного тертя та зношування шин і інших деталей підвіски. Крім того, споживання палива також може збільшитися, оскільки двигун має працювати з більшим опором при заблокованому диференціалі.

4. Вплив на керованість: Використання диференціалів блокування може вплинути на керованість автомобіля, особливо на асфальтовій дорозі. Коли диференціал блокується, автомобіль стає менш стійким на поворотах і може

виявити нахил до підкручування задньої або передньої частини. Це може вимагати більшої уваги та вмінь водія при керуванні.

Диференціали блокування мають свої переваги та недоліки, які потрібно враховувати при їхньому використанні. Вони покращують прохідність, тягу і безпеку на дорозі, а також забезпечують легке керування. Однак, вони можуть бути вартісними, обмежувати маневреність автомобіля, підвищувати зношування деталей та споживання палива, а також впливати на керованість.

Вирішення, чи варто використовувати диференціал блокування, залежить від потреб і умов водіння. Для людей, які часто зустрічаються з бездоріжжям, снігом або складними дорожніми умовами, диференціал блокування може бути незамінним. Однак, для міської їзди і нормальних дорожних умов, використання диференціалів блокування може бути необов'язковим і навіть недоцільним, зважаючи на їхні недоліки.

Важливо зазначити, що в останні роки на ринку з'явилися інші альтернативні технології, які допомагають поліпшити прохідність і тягу автомобілів, наприклад, системи стабілізації тяги (англ. traction control) або системи розподілу крутного моменту (англ. torque vectoring). Вони можуть бути більш ефективними і економічними рішеннями для поліпшення характеристик автомобіля без негативних наслідків диференціалів блокування.

1.5 Використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях

У сучасному світі автомобілі відіграють важливу роль у розвитку країн. Вони є необхідним засобом транспорту для пересування людей та вантажів. У той же час, збільшення кількості автотранспорту призводить до зростання дорожньо-транспортних пригод. Одним з факторів, що впливають на безпеку на дорозі, є наявність ефективних систем управління, включаючи диференціали блокування.

Вітчизняні автомобілі також використовують різні типи диференціалів блокування залежно від їхньої призначеності та умов експлуатації.

Деякі вітчизняні вантажні автомобілі, такі як вантажівки та важкі позашляховики, оснащені механічними диференціалами блокування. Це дозволяє покращити їхню прохідність та забезпечити ефективну тягу на бездоріжжі та умовах з низьким коефіцієнтом тертя. Механічні диференціали блокування вітчизняного виробництва, такі як "Полуось" або "Блок-коробка", відомі своєю надійністю та простотою в експлуатації. Вони можуть бути застосовані на різних типах вантажних автомобілів та позашляховиків залежно від їхніх вимог та потреб.

У пасажирських автомобілях вітчизняного виробництва також можуть бути використані диференціали блокування, хоча їх використання менш поширене. В деяких моделях вітчизняних автомобілів, особливо у важкодорожніх або спортивних версіях, можуть бути встановлені електронні диференціали блокування. Це дозволяє покращити тягу та керуваність автомобіля, особливо в умовах складного рельєфу та низького коефіцієнта тертя.

В Україні автомобільна промисловість поступово розвивається, і вітчизняні автовиробники, такі як "Краз", дедалі більше ставлять перед собою завдання підвищення безпеки та ефективності своїх транспортних засобів. Для цього вони впроваджують нові технології та системи, включаючи диференціали блокування.



Рисунок 1.7 – Самоскид КрАЗ 65032

Автокомпанія "Краз" є одним з провідних виробників вітчизняних вантажних автомобілів.

Автомобілі "Краз" широко використовують диференціали блокування для поліпшення тяги та керованості на важкому бездоріжжі, умовах низької адгезії та під час подолання перешкод[10].

Одним з прикладів використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях "Краз" є їхні вантажні автомобілі з повним приводом, які часто використовуються у важких умовах, наприклад, у лісовій галузі або на будівельних майданчиках. В цих умовах важливо мати максимальну тягу на всіх колесах для успішного подолання перешкод та забезпечення безпеки руху.

Диференціали блокування у таких автомобілях дозволяють "Кразу" розподілити крутний момент між передніми та задніми колесами залежно від умов дороги. У разі, якщо одне з коліс починає пробуксовувати, диференціал блокування заблокує рух цього колеса, передаючи більше крутного моменту колесу з кращою тягою. Це допомагає покращити тягу автомобіля і забезпечує кращу керованість.

Крім того, диференціали блокування можуть бути використані у вітчизняних автомобілях "Краз" для поліпшення безпеки на дорозі. Наприклад,

у вантажних автомобілях, які працюють у важких умовах з великими вантажами, може статися ситуація, коли одне з задніх коліс втратить тягу. У такому випадку диференціал блокування може блокувати рух цього колеса, дозволяючи решті коліс продовжити рух, що забезпечує керуваність і запобігає втраті контролю над автомобілем.

Розглянемо ще один приклад використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях "Краз". Це може бути важливо для автомобілів, які експлуатуються в умовах складних дорожніх покриттів, таких як глибокий сніг, бруд чи бездоріжжя.

У цих умовах диференціал блокування може допомогти покращити прохідність автомобіля та запобігти його застряганню. Заблокувавши диференціал, автомобіль може передавати крутний момент обом колесам на одній осі, що дозволяє краще протиснутися через нерівності дороги або перешкоди. Це особливо важливо для вантажних автомобілів "Краз", які часто зустрічаються на будівельних майданчиках або в лісовій галузі, де шляхи можуть бути непрохідними.

Диференціали блокування також можуть бути використані у вітчизняних автомобілях "Краз" з механічним приводом, де тяга передається на обидві осі. В таких автомобілях диференціали блокування можуть заблокувати рух одного колеса на кожній осі, що дозволяє краще розподілити крутний момент і забезпечити більшу тягу на всіх колесах.

Отже, використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях, зокрема в автомобілях "Краз", є важливим кроком у покращенні безпеки та ефективності на дорозі. Вони дозволяють автомобілю мати кращу тягу, керуваність та протиснутися через складні умови дорожнього покриття. Такі технологічні рішення підтримують розвиток автомобільної промисловості в Україні, зміцнюють позиції вітчизняних автовиробників на ринку та сприяють підвищенню конкурентоспроможності.

Наприклад, автокомпанія "Краз" активно впроваджує технологію диференціалів блокування у своїх вантажних автомобілях для посилення їхніх вантажопідйомних та прохідних характеристик. Це дозволяє автомобілям "Краз" ефективно працювати в умовах складних дорожніх умов та допомагає водіям подолати перешкоди на шляху.

Диференціали блокування у вітчизняних автомобілях "Краз" також мають значний позитивний вплив на експлуатаційні витрати та надійність транспортних засобів. Використання цих систем допомагає уникнути пробуксовування коліс, що зменшує знос шин та інших компонентів підвіски, а також забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження на колеса, що сприяє збереженню ресурсу автомобіля.

Безпека на дорозі є одним з головних пріоритетів автовиробників, і використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях "Краз" покращує безпеку руху. Ці системи дозволяють підвищити контроль над автомобілем та забезпечити стабільність руху, навіть в складних дорожніх умовах. Це особливо важливо для вантажних автомобілів, які перевозять цінний вантаж та працюють в умовах з погіршеною адгезією.

У виробництві автомобілів "Краз" використовуються як механічні, так і електронні диференціали блокування, що забезпечує більш широкий спектр можливостей їх використання в залежності від потреб і вимог клієнтів.

Наприклад, у вантажних автомобілях "Краз" з механічними диференціалами блокування водій має можливість вручну активувати блокування диференціалів для кращого розподілу крутного моменту і покращення тяги. Це особливо корисно в умовах бездоріжжя або коли необхідно подолати перешкоди, такі як глибокий сніг або бруд. Водій може активувати блокування диференціалів за необхідності, що дає йому більший контроль над автомобілем.

У той же час, вантажні автомобілі "Краз" з електронними диференціалами блокування можуть мати автоматичну систему, яка контролює розподіл

крутного моменту між колесами. Ця система здатна швидко реагувати на зміни умов дороги та адаптуватися до потреб автомобіля. Наприклад, коли одне колесо починає пробуксовувати, система автоматично блокує диференціал, щоб передати більше крутного моменту на колесо з кращою тягою. Це допомагає запобігти втраті контролю над автомобілем і забезпечує безпеку руху.

Використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях, зокрема в автомобілях "Краз", є вагомим кроком у поліпшенні тяги, керованості та безпеки на дорозі. Ці системи дозволяють автомобілям ефективно працювати в умовах складних дорожніх умов, таких як бездоріжжя, глибокий сніг або бруд.

Висновки до першого розділу

У результаті вивчення першого розділу, присвяченого теоретичним відомостям про диференціали блокування, були отримані наступні важливі висновки.

По-перше, диференціали блокування є важливою складовою системи передачі крутного моменту в автомобілях. Вони дозволяють розподіляти крутний момент між колесами залежно від умов дороги та терену, забезпечуючи кращу тягу та стабільність руху.

По-друге, принцип роботи диференціалів блокування базується на механізмах блокування, які забезпечують спільний оберт відразу двох коліс на одній вісі. Це дозволяє збільшити тягу та керованість автомобіля, зокрема на нестабільних дорожніх покриттях.

По-третє, існують різні типи диференціалів блокування, такі як механічні, електромагнітні, гідравлічні та електронні. Кожен тип має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного типу залежить від потреб автомобіля та умов його експлуатації.

По-четверте, використання диференціалів блокування у вітчизняних автомобілях є поширеним. Вітчизняні виробники впроваджують ці компоненти для покращення характеристик автомобілів, забезпечуючи їм кращу прохідність та стабільність на дорогах зі складним покриттям.

Загалом, дослідження теоретичних відомостей про диференціали блокування підтверджує їх важливість у вітчизняних автомобілях. Підвищення рівня автоматизації та розробка нових систем автоматизованого блокування диференціалів вітчизняних автомобілів є перспективним напрямком розвитку. Інтеграція автоматизованих систем блокування диференціалів може покращити ефективність роботи автомобіля в умовах складного терену, забезпечуючи більш точне розподілення крутного моменту між колесами.

Враховуючи важливість диференціалів блокування та потенціал їх автоматизації, можна зробити висновок, що подальші дослідження та розробки в цій області є актуальними. Вдосконалення систем блокування диференціалів та їх інтеграція в вітчизняні автомобілі можуть сприяти покращенню їх характеристик, забезпечуючи водіям більшу безпеку, комфорт та контроль над транспортним засобом.

Завершуючи перший розділ дипломної роботи, слід відзначити, що розуміння теоретичних аспектів диференціалів блокування є важливим фундаментом для розробки автоматизованих систем блокування диференціалів вітчизняних автомобілів. Дослідження цих аспектів дозволяє зрозуміти принципи роботи диференціалів блокування, їх типи, переваги та недоліки, а також використання у вітчизняних автомобілях. Це становить основу для подальшої розробки та вдосконалення систем автоматизованого блокування диференціалів.

Подальші кроки у дослідженні можуть включати розробку конкретних алгоритмів та програмного забезпечення для автоматизованої системи блокування диференціалів, проведення експериментальних випробувань та аналіз результатів. Важливо також дослідити можливості впровадження цих систем у вітчизняні автомобілі, зокрема з урахуванням конструктивних особливостей і потреб споживачів.

2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БЛОКУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛІВ ВІТЧИЗНЯНИХ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Аналіз поточного стану систем автоматизованного блокування диференціалів вітчизняних автомобілів

Поточний стан систем автоматизованного блокування диференціалів вітчизняних автомобілів в Україні є не дуже добрим. Більшість вітчизняних автомобілів не мають системи блокування диференціала, або якщо вона є, то це базова система, яка не дуже ефективна. Це проблема, оскільки блокування диференціала може бути дуже корисним в умовах бездоріжжя. Вона може допомогти поліпшити зчеплення з дорогою і запобігти застряганню автомобіля.

Є кілька причин, чому вітчизняні автомобілі не мають системи автоматизованного блокування диференціала. Одна з них полягає в тому, що це дорога опція. Інша причина полягає в тому, що багато покупців не вважають її необхідною функцією. Багато людей, які купують вітчизняні автомобілі, не планують їздити по бездоріжжю, тому не бачать необхідності в системі блокування диференціала.

Існує кілька вітчизняних автомобілів, які мають систему автоматизованного блокування диференціала. Однак ці системи, як правило, базові і не дуже ефективні. Вони не такі хороші, як системи блокування диференціала, що встановлюються на імпортних автомобілях.

Можна виділити кілька речей, які можна зробити для покращення поточного стану систем автоматизованного блокування диференціала на вітчизняних автомобілях в Україні. Перше, що можна зробити, це зробити системи блокування диференціалів стандартною функцією на всіх вітчизняних автомобілях. Це зробило б їх більш доступними для покупців. Інша річ, яку можна зробити, – це підвищити якість систем блокування диференціалів. Це зробить їх більш ефективними та надійними.

Покращення поточного стану систем автоматизованного блокування диференціалів вітчизняних автомобілів в Україні було б вигідним як для покупців, так і для виробників. Покупці виграли б, отримавши більш потужний автомобіль, здатний впоратися з умовами бездоріжжя. Виробники виграли б від можливості продавати більше автомобілів і мати кращу репутацію щодо якості.

Найпоширенішим типом системи автоматизованного блокування диференціала на вітчизняних автомобілях є механічне блокування диференціала. Цей тип системи використовує муфту для блокування двох осей разом, що допомагає поліпшити зчеплення з дорогою. Однак механічні блокування диференціала можуть створювати багато шуму і з часом зношуватися.

Новішим типом системи автоматизованного блокування диференціала є електронне блокування диференціала. Цей тип систем використовує датчики, щоб виявити, коли одна вісь втрачає зчеплення з дорогою, а потім автоматично блокує обидві осі разом[11]. Електронні блокування диференціала коштують дорожче, ніж механічні, але вони також більш ефективні та надійні.

Деякі вітчизняні автомобілі також мають диференціал підвищеного тертя. Цей тип диференціала дозволяє двом осям обертатися з різною швидкістю, але він також має зчеплення, яке можна задіяти, щоб заблокувати обидві осі разом, коли це необхідно. Диференціали з обмеженим прослизанням є хорошим компромісом між механічними блокуваннями диференціалів та електронними блокуваннями диференціалів.

Загалом, поточний стан систем автоматизованного блокування диференціалів для вітчизняних автомобілів в Україні залишається не дуже добрим. Однак є ряд речей, які можна зробити, щоб покращити ситуацію. Зробивши системи блокування диференціалів стандартною функцією на всіх вітчизняних автомобілях та покращивши якість систем блокування диференціалів, виробники можуть зробити свої автомобілі більш функціональними та привабливими для покупців.

2.2 Аналіз поточного стану систем автоматизованного блокування диференціалів зарубіжних автомобілів

Система автоматизованого блокування диференціалів (САБД) є важливою частиною системи приводу автомобілів з колісною формулою бхб. Вона дозволяє автомобілю ефективно розподіляти крутний момент між передньою та задньою віссю, а також між лівими та правими колесами на одній вісі. Нижче розглянемо переваги та недоліки САБД на прикладі кількох зарубіжних автомобілів з колісною формулою бхб[12-14]:

1. Daimler AG (Mercedes-Benz) – Німеччина:

Переваги САБД: Система 4ETS (Electronic Traction System) в автомобілях Mercedes-Benz використовує електронне керування крутним моментом для кожного колеса. Це дозволяє автомобілю підтримувати оптимальну тягу на будь-якій поверхні та ускладнених умовах. САБД забезпечує високий рівень стабільності та керованості, що робить його надійним вибором для позашляхового використання.

Недоліки САБД: Один з можливих недоліків САБД в автомобілях Mercedes-Benz полягає в схильності до проскальзування коліс з низьким коефіцієнтом тертя на дорозі. Це може стати проблемою на скользьких дорогах або в умовах, коли одне колесо опиняється на дорозі з кращою тягою, а інше – на дорозі з гіршою тягою



Рисунок 2.1 – Mercedes-Benz Zetros 3643 Tractor Head

2. Volvo Group (Volvo Trucks) – Швеція:

Переваги САБД: Volvo Trucks використовує систему I-Shift з функцією автоматичного блокування диференціалу. Це дозволяє автомобілю автоматично блокувати диференціали на задній вісі при потребі, покращуючи тягу і стійкість на важкому дорожньому покритті. САБД в автомобілях Volvo Trucks також сприяє покращенню маневреності та стабільності при руху по бездоріжжю.

Недоліки САБД: Одним з недоліків системи САБД у Volvo Trucks може бути його складність налаштування та ремонту. У разі поломки або несправності САБД може виникнути потреба у виклику фахівців з автосервісу, що може бути часом та витратним.

3. MAN Truck & Bus AG – Німеччина:

Переваги САБД: MAN використовує систему MAN HydroDrive, яка дозволяє блокувати передній міжосевий та передні диференціали при потребі. Це забезпечує автомобілю додаткову тягу на передній осі, покращуючи прохідність на складних дорогах та умовах бездоріжжя. САБД також сприяє

поліпшенню керованості та забезпечує більшу стабільність при русі по вузьких та крутих дорогах.

Недоліки САБД: Один з можливих недоліків САБД в автомобілях MAN полягає у підвищеному споживанні палива через активне блокування диференціалів на передній осі. Крім того, система може бути складнішою для обслуговування та вимагати регулярного підтримання та налаштування.



Рисунок 2.2 – MAN TGS 35.510 Meiller Dreiseitenkipper

4. Scania AB – Швеція:

Переваги САБД: Scania використовує систему Scania Opticruise з функцією блокування диференціалу. САБД дозволяє автомобілю краще справлятися з нерівними поверхнями, покращує прохідність і забезпечує оптимальну тягу на всіх колесах. Це особливо корисно при перевезенні вантажу на важкому та нерівному дорожньому покритті.

Недоліки САБД: Незважаючи на переваги, можливим недоліком САБД в автомобілях Scania є високі вартості обслуговування та ремонту системи. Ремонт САБД може потребувати використання спеціалізованого обладнання та кваліфікованої робочої сили, що може призвести до затримок та високих витрат.

5. Iveco S.p.A. – Італія:

Переваги САБД: У Ivesco використовується система IVECO Traction+ з функцією блокування диференціалу на вісі з найменшою тягою. Це дозволяє покращити тягу та стійкість автомобіля на нерівних або скользьких дорогах. САБД також підвищує безпеку та контроль над автомобілем під час руху.

Недоліки САБД: Одним з можливих недоліків САБД в автомобілях Ivesco є обмежений вплив на рівень тяги. Хоча система може поліпшити тягу на одній вісі, вона не забезпечує повний контроль над кожним колесом окремо.



Рисунок 2.3 – Ivesco Trakker 6X6

6. Tatra Trucks – Чехія:

Переваги САБД: Tatra Trucks використовує систему TATRA Force, яка дозволяє блокувати диференціали в різних комбінаціях. Це дозволяє автомобілю оптимально розподіляти крутний момент між колесами на різних вісях в залежності від умов руху. САБД забезпечує високу тягу, маневреність та стійкість, забезпечуючи автомобілю високу прохідність по важкому бездоріжжю.

Недоліки САБД: Один з можливих недоліків САБД в автомобілях Tatra Trucks – складність в керуванні та потреба у спеціальному навчанні для водіїв.

Управління системою САБД вимагає від водія додаткових знань та навичок для вибору оптимального режиму блокування диференціалів в різних ситуаціях.

7. PACCAR Inc. (Kenworth, Peterbilt) – Сполучені Штати:

Переваги САБД: PACCAR Inc. використовує систему PACCAR MX Engine з функцією блокування диференціалу. САБД дозволяє автомобілю підтримувати високу тягу на всіх колесах, забезпечуючи стабільність і контроль над автомобілем в різних умовах руху. Він допомагає полегшити рух по бездоріжжю та покращити прохідність на нерівних поверхнях.

Недоліки САБД: Один з можливих недоліків системи САБД у автомобілях PACCAR полягає в обмеженій функціональності під час руху на швидкості. У високоскоростних умовах руху система може бути менш ефективною, або навіть вимагати вимкнення для запобігання пошкодженню диференціалів.

8. Navistar International Corporation – Сполучені Штати:

Переваги САБД: Navistar International Corporation використовує систему OnCommand Connection з функцією автоматичного блокування диференціалу. САБД дозволяє автомобілю підтримувати оптимальну тягу на всіх колесах, покращуючи стійкість та маневреність в умовах бездоріжжя. Вона також сприяє покращенню безпеки та ефективності руху.

Недоліки САБД: Один з можливих недоліків системи САБД у автомобілях Navistar International Corporation полягає в складності налаштування та відсутності індивідуального керування блокуванням диференціалів на кожній вісі. Це може обмежити можливості автомобіля в різних умовах руху та вимагати додаткового втручання водія.



Рисунок 2.4 – International WorkStar 7500

9. Hino Motors Ltd. – Японія:

Переваги САБД: Hino Motors використовує систему Hino Traction Control з функцією блокування диференціалів. САБД дозволяє автомобілю забезпечувати оптимальну тягу та стійкість на різних поверхнях, покращуючи прохідність та контроль над автомобілем. Вона також сприяє підвищенню безпеки та ефективності руху.

Недоліки САБД: Одним з можливих недоліків САБД в автомобілях Hino Motors є високі вартості встановлення та обслуговування системи. Це може впливати на загальну вартість володіння автомобілем та призвести до додаткових витрат.

10. Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation – Японія:

Переваги САБД: Mitsubishi Fuso використовує систему Super Great Traction Control з функцією блокування диференціалів. САБД забезпечує автомобілю додаткову тягу на всіх колесах, поліпшуючи стійкість та маневреність при русі по нерівним та скользьким поверхням. Вона також сприяє збільшенню безпеки та контролю над автомобілем.

Недоліки САБД: Один з можливих недоліків САБД в автомобілях Mitsubishi Fuso полягає у відсутності можливості регулювання рівня

блокування диференціалів. Це може обмежити гнучкість та адаптивність автомобіля в різних умовах руху.



Рисунок 2.5 – Mitsubishi Fuso Super Great

У кожного виробника автомобілів зазначені системи автоматизованого блокування диференціалів мають свої переваги та недоліки. Вибір певної системи залежить від потреб і пріоритетів водіїв та власників автомобілів. Перед придбанням автомобіля важливо ознайомитись з характеристиками та особливостями системи САБД та порівняти їх зі своїми потребами і умовами експлуатації.

2.3 Аналіз потреб і вимог до системи блокування диференціалів для автомобіля КраЗ-65032

Система блокування диференціалів (СБД) є важливою частиною автомобіля, особливо у важкотоннажних транспортних засобах, таких як КраЗ-65032. СБД дозволяє покращити тягові характеристики автомобіля, забезпечуючи більш ефективне розподілення крутного моменту між колесами.

Аналіз потреб і вимог до СБД для автомобіля КраЗ-65032 залежить від умов експлуатації транспортного засобу. Ось деякі загальні потреби і вимоги, які можуть бути віднесені до СБД для даного автомобіля:

Покращення прохідності

Покращення прохідності є однією з ключових функцій системи блокування диференціалів (СБД) для автомобіля КрАЗ-65032, який використовується в умовах поганої дорожньої і бездоріжньої мережі. Вищезгадана функція СБД досягається завдяки можливості блокувати диференціали на ведучих вісях та розподіляти крутний момент на обидва колеса.

У звичайних умовах, коли автомобіль рухається по рівній або з хорошим триманням дороги, диференціал дозволяє колесам на одній вісі обертатися з різною швидкістю під час поворотів. Однак, коли автомобіль потрапляє на нерівну дорогу, ґрунт з низькою тягою або бездоріжжя, це може призвести до пробуксовування коліс.



Рисунок 2.6 – КрАЗ-65032 на будівництві

У таких ситуаціях, застосування СБД дозволяє блокувати диференціали на ведучих вісях автомобіля. Це означає, що колеса на одній вісі будуть обертатися з однаковою швидкістю, незалежно від умов на дорозі. Блокування диференціалів усуває можливість втрати тяги, оскільки обидва колеса на ведучій вісі отримують однаковий крутний момент від двигуна.

Це дозволяє автомобілю КрАЗ-65032 покращити свою прохідність на незалежних колесах. Умови, такі як нерівність дороги, розколи, глибокий сніг, багнока та інші труднощі, стають менш проблематичними для автомобіля. Колеса, які мають кращу опору, отримують більше крутного моменту, що дозволяє забезпечити краще рухові властивості та стабільність на умовно "складному" ґрунті.

Отже, СБД для автомобіля КрАЗ-65032 важлива, оскільки вона допомагає підвищити прохідність транспортного засобу, забезпечуючи більш ефективне розподілення крутного моменту між колесами і дозволяючи автомобілю пересуватися по незручному терену або в умовах з низькою тягою.

Покращення тягових характеристик

Покращення тягових характеристик є ще однією важливою функцією системи блокування диференціалів (СБД) для автомобіля КрАЗ-65032, який часто працює в умовах з великими навантаженнями або на нахилених ділянках. Застосування СБД дозволяє покращити тягові характеристики транспортного засобу шляхом розподілу крутного моменту на колеса з більшим опором і дозволяючи їм працювати разом для забезпечення кращого руху.



Рисунок 2.7 – Випробування прохідності автомобіля КрАЗ

Умови з великими навантаженнями або на нахилених ділянках можуть створювати труднощі для автомобіля, оскільки збільшується навантаження на колеса та потреба у більшому крутному моменті для забезпечення продуктивного руху. В таких ситуаціях СБД дозволяє оптимізувати використання доступного крутного моменту та забезпечити оптимальну тягу.

При використанні СБД на КрАЗ-65032, колеса з більшим опором, такі як ті, що знаходяться на нахилих або ґрунтових ділянках, отримують більше крутного моменту. Це забезпечує кращу тягу і забезпечує спрощений рух автомобіля під великим навантаженням або на нахилених поверхнях.

Прикладом може бути ситуація, коли КрАЗ-65032 рухається по нахилу, і одне колесо втрачає тягу або починає пробуксовувати. За допомогою СБД, крутний момент буде автоматично розподілятися на колесо з більшим опором, що забезпечить кращу тягу та допоможе автомобілю подолати нахил.

Отже, СБД допомагає покращити тягові характеристики КрАЗ-65032 шляхом розподілу крутного моменту на колеса з більшим опором, що дозволяє їм працювати разом для забезпечення кращого руху під великим навантаженням або на нахилених ділянках.

Забезпечення безпеки

Забезпечення безпеки є одним з ключових аспектів системи блокування диференціалів (СБД) для автомобіля КрАЗ-65032. Використання СБД допомагає зменшити ймовірність пробуксовування коліс в умовах низької тяги або на ковзких дорогах, що сприяє підвищенню стабільності автомобіля і допомагає уникнути небезпеки, пов'язаної з втратою контролю над колесами.

Умови з низькою тягою або ковзким покриттям можуть бути особливо небезпечними для безпеки руху. В таких умовах, колеса можуть легко пробуксовувати або втратити тягу, особливо під час руху по високому розбитому ґрунту, снігу, льоду або мокрому покриттю. Це може спричинити

втрату контролю над автомобілем, збільшити шлях гальмування, а також спричинити небезпеку зіткнення або зірвання з дороги.

Застосування СБД дозволяє уникнути таких ситуацій і покращити безпеку руху. При пробуксовуванні коліс або втраті тяги на одному колесі, СБД автоматично реагує і блокує диференціал, розподіляючи крутний момент на обидва колеса. Це забезпечує рівномірну тягу і підвищує шанси на успішний рух в умовах з низькою тягою або на ковзкому покритті.

Крім того, використання СБД допомагає зберегти стабільність автомобіля під час руху в умовах низької тяги або на ковзкому покритті. Заблокування диференціалів дозволяє колесам працювати разом і використовувати наявний крутний момент для забезпечення стійкого руху. Це зменшує ймовірність бокового зсуву автомобіля, покращує керованість та збільшує загальний рівень безпеки під час руху.

Отже, використання СБД на КрАЗ-65032 забезпечує безпеку руху, зменшує ймовірність пробуксовування коліс, покращує стабільність автомобіля і допомагає уникнути ситуацій, які можуть призвести до небезпеки.

Легкість у використанні

Легкість у використанні є одним із важливих аспектів системи блокування диференціалів (СБД) для автомобіля КрАЗ-65032. Система повинна бути простою у використанні та зручною для водія, надаючи йому можливість включати та виключати СБД в залежності від потреб на дорозі.

Зазвичай, СБД на КрАЗ-65032 має простий та зрозумілий механізм керування, який дозволяє водію включати або виключати СБД без особливих зусиль. Це може бути здійснено за допомогою спеціального перемикача або кнопки на панелі керування автомобілем.

Водій має можливість самостійно визначати, коли включати або виключати СБД в залежності від умов на дорозі та потреб транспортного засобу. Наприклад, при пересуванні по нормальних дорожніх умовах, коли немає

потреби у підвищеній тяговій ефективності, водій може виключити СБД для забезпечення оптимальної роботи диференціалів.



Рисунок 2.8 – Самоскид КрАЗ у кар'єрі

У той же час, якщо на дорозі є низька тяга або ковзке покриття, водій може легко включити СБД, щоб покращити тягові характеристики і забезпечити безпеку руху. Ця можливість ручного керування СБД дозволяє водію адаптувати режим роботи автомобіля до поточних умов на дорозі і отримувати оптимальну продуктивність.

Отже, СБД на КрАЗ-65032 проста у використанні, зручна для водія та надає йому повний контроль над включенням та виключенням системи в залежності від потреб на дорозі.

Надійність і міцність

Надійність і міцність є важливими характеристиками системи блокування диференціалів (СБД) для автомобіля КрАЗ-65032, який часто експлуатується в важких умовах роботи. Збільшені навантаження, рух по бездоріжжю і нерівному ґрунті можуть ставити підвищені вимоги до міцності і надійності СБД.

СБД на КрАЗ-65032 зазвичай розробляється з врахуванням високих навантажень і зносу, які виникають під час роботи в тяжких умовах. Для досягнення цих характеристик використовуються міцні матеріали і конструкції, які забезпечують високу стійкість і довговічність СБД.



Рисунок 2.9 – Випробування надійності автомобіля КрАЗ

Ключові компоненти СБД, такі як блокувальні механізми і зубчасті передачі, повинні бути достатньо міцними, щоб витримувати значні навантаження без пошкоджень. Вони піддаються спеціальній обробці та мають відповідні геометричні параметри для забезпечення оптимальної міцності і стабільності під час роботи.

Крім того, СБД проходить випробування і валідацію в екстремальних умовах перед впровадженням на автомобіль. Ці тести дозволяють виявити можливі проблеми і покращити конструкцію, забезпечуючи надійність і міцність СБД під час роботи на КрАЗ-65032.

Важливо також забезпечити правильне обслуговування та регулярне технічне обслуговування СБД. Регулярна перевірка стану компонентів, змащення, вчасна заміна зношених деталей і ремонт допоможуть підтримати надійність і міцність СБД на протязі тривалого періоду експлуатації.

Отже, СБД на КрАЗ-65032 розроблена з міцних матеріалів і має конструкцію, що витримує великі навантаження і знос. Вона проходить випробування в екстремальних умовах і підлягає регулярному обслуговуванню для забезпечення надійності та міцності під час роботи на важких умовах.

2.4 Розробка концепції системи автоматизованного блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ–65032

Зарубіжні аналоги

Для проведення дослідження зарубіжних аналогів систем автоматизованного блокування диференціалів (САБД) для автомобіля КрАЗ-65032, було вивчено системи, розроблені іншими автовиробниками, які використовуються на подібних вантажних автомобілях. Ось кілька прикладів зарубіжних аналогів, які можуть бути враховані при розробці власної САБД для КрАЗ-65032[15]:

1. **Electronic Limited Slip Differential (eLSD)**: Це система, яка використовує електроніку для керування блокуванням диференціалу на основі сигналів з датчиків, які монтується на колесах. Вона забезпечує автоматичну реакцію на пробуксовування коліс, що покращує тягові характеристики автомобіля.

2. **Traction Control System (TCS)**: Ця система контролює пробуксовування коліс шляхом регулювання крутного моменту на ведучих вісях або окремих колесах. Вона може використовувати антиблокувальну систему гальмування для забезпечення кращої тяги та керованості.

3. **Active Differential**: Це розширена версія традиційного механічного диференціалу, яка включає електронічне керування блокуванням диференціалу. Вона забезпечує автоматичне регулювання розподілу крутного моменту на ведучих вісях залежно від умов дороги та пробуксовування коліс.

4. Differential Locking Mechanism: Це механічна система, що дозволяє водію включати і виключати блокування диференціалів на ведучих вісях. Вона забезпечує постійний розподіл крутного моменту на обидва колеса, що покращує тягові характеристики на бездоріжжі.

Аналіз зарубіжних аналогів САБД дозволяє отримати важливі відомості про різні системи, їх функції, особливості та переваги. Це допоможе у розробці власної САБД для автомобіля КрАЗ-65032, враховуючи вимоги і умови його експлуатації.

Вибір компонентів системи

Вибір компонентів системи автоматизованого блокування диференціалів (САБД) для автомобіля КрАЗ-65032 вимагає уважного аналізу та врахування специфіки автомобіля і умов його експлуатації. Ключові компоненти, які можуть бути включені в систему:

1. Блокувальні механізми: Для забезпечення блокування диференціалів на ведучих вісях необхідно вибрати відповідні блокувальні механізми. Це можуть бути механічні муфти, електромагнітні зчеплення або інші системи, які дозволяють заблокувати диференціал і розподілити крутний момент на обидва колеса.

Для автомобіля КрАЗ-65032 вже існує система блокування диференціалів як на ведучих вісях, так і міжосьовому. Ці диференціали можуть бути різних типів, таких як гідравлічні або електромагнітні, але всі вони керуються за допомогою електронного сигналу. Це означає, що заводські диференціали вже мають необхідну електронну систему керування, що дозволяє активувати їх блокування при необхідності.

Вже наявні заводські диференціали відіграють ключову роль у ціні всієї системи автоматичного блокування диференціалів для КрАЗ-65032[10]. Враховуючи це, при розробці концепції системи автоматичного блокування

диференціалів можна використовувати існуючі заводські диференціали, не потребуючи додаткової заміни або модифікації.

Це сприяє ефективності та вартості проекту, оскільки витрати на придбання нових диференціалів з електронною системою керування значно знижуються. Крім того, використання заводських диференціалів забезпечує сумісність з існуючою системою керування автомобіля, спрощуючи інтеграцію системи автоматичного блокування диференціалів.

Враховуючи, що диференціали відіграють важливу роль у функціонуванні системи автоматичного блокування диференціалів, необхідно забезпечити, щоб заводські диференціали були надійними, міцними і відповідали вимогам ефективності в умовах роботи КрАЗ-65032.

2. Електроніка: САБД потребує електронної системи керування, яка контролюватиме роботу блокувальних механізмів. Це може включати контролери, датчики, програмне забезпечення та інші електронні компоненти, які забезпечують точне і ефективне керування САБД.

На другому етапі розробки системи автоматичного блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032 з колісною формою бхб необхідно вирішити питання вибору блоку керування диференціалами (ECU).

ECU (від англ. Electronic Control Unit) – електронний блок керування в автомобільній електроніці[16].

У нашому випадку, оскільки у нас вже є блокувальні механізми[15], актуатори та інші компоненти, нам потрібен ECU, який здатний керувати цими компонентами та взаємодіяти з існуючими системами.

Оскільки наш автомобіль має колісну форму бхб, існують різні варіанти ECU, які підходять для таких конфігурацій. Ці ECU можуть мати різні функції, можливості та вимоги до підключення. Важливо знайти ECU, який може працювати з нашими існуючими компонентами і відповідає специфікаціям автомобіля КрАЗ-65032.

При виборі ECU варто враховувати кілька факторів. По-перше, важливо, щоб ECU мав достатню надійність і міцність, оскільки автомобіль КрАЗ-65032 працює важких умовах. Компонент повинен витримувати великі навантаження.

Також, бажано, щоб ECU мав широкий спектр функцій та можливостей, що дозволяє гнучко налаштовувати роботу системи блокування диференціалів під різні умови експлуатації. Наприклад, це може включати регулювання рівня блокування диференціалів, керування розподілом крутного моменту між колесами та інші параметри, які впливають на прохідність і тягові характеристики автомобіля.

У нашому випадку, оскільки ми вже маємо основні компоненти системи автоматичного блокування диференціалів, ціна ECU може бути вирішальним фактором. Нам потрібен ECU, який підходить під наш бюджет та відповідає вимогам якості.

Програмне забезпечення для ECU, як правило, йде в комплекті з ним і постійно оновлюється виробником ECU. Тому нам не потрібно розробляти власний програмний код для системи блокування диференціалів.

Залишається розглянути вибір датчиків, які забезпечують передачу необхідної інформації до ECU та вимірюють параметри, що впливають на роботу системи блокування диференціалів. Про це поговоримо в наступному пункті.

3. Датчики: Для правильної роботи САБД потрібно встановити датчики, які моніторять стан коліс, пробуксовування, швидкість і інші параметри. Це дозволяє системі аналізувати умови руху автомобіля і приймати відповідні рішення щодо блокування диференціалів.

У нашому випадку єдиними датчиками, які потрібні, є датчики швидкості коліс. Інформація про швидкість кожного колеса дозволить ECU визначати різницю в швидкості між колесами, виявляти пробуксовування та аналізувати загальний стан коліс.

Основні види датчиків швидкості коліс включають[17]:

1. Датчики Холла: Ці датчики вимірюють обертання колеса за допомогою магнітного поля. Вони сприймають зміни магнітного поля, що виникають під час руху, і генерують електричний сигнал, який передається до ECU.

2. Датчики збоїв (ABS): В деяких автомобілях датчики швидкості коліс використовуються як частина системи антиблокувальної системи гальм. Вони вимірюють швидкість обертання коліс і використовують цю інформацію для контролю за гальмуванням та запобігання блокуванню коліс під час гальмування.

3. Датчики імпульсів: Ці датчики генерують електричні імпульси, коли обертається колесо. Імпульси передаються до ECU, який обробляє їх для визначення швидкості колеса та виконання необхідних обчислень.

У пункті 2.5.3 ми розглянемо варіант розробки власного датчика швидкості, на основі датчика Холла. Це дозволить нам заощадити кошти. Розробка власного датчика буде включати виготовлення механічної частини датчика, встановлення магнітів або інших елементів для вимірювання обертання коліс та підключення цього датчика до ECU.

4. **Актуатори:** Актуатори відповідають за роботу блокувальних механізмів. Вони можуть бути гідравлічними, пневматичними або електричними пристроями, які контролюють процес блокування і розблокування диференціалів.

Актуатори є важливою складовою системи блокування диференціалів і відповідають за активацію механізмів блокування. У існуючих системах блокування диференціалів вантажних автомобілів використовуються різні типи актуаторів, які забезпечують активацію блокування на ведучих вісях або міжосьових диференціалах.

Основні типи актуаторів, які можуть використовуватись в системах блокування диференціалів, включають[18,19]:

1. Електромагнітні актуатори: Ці актуатори використовують електричний струм для створення магнітного поля, яке впливає на роботу блокувального

механізму диференціалу. Електромагнітні актуатори швидкі, надійні і легкі у використанні.

2. Гідравлічні актуатори: Вони працюють за допомогою руху рідини під тиском, яка передає силу для активації блокувального механізму. Гідравлічні актуатори забезпечують велику силу та стійкість в роботі, ідеально підходять для важких умов.

3. Пневматичні актуатори: Вони використовують стиснене повітря для передачі сили для активації блокувального механізму. Пневматичні актуатори швидкі, надійні і ефективні у роботі.

У нашому випадку, оскільки у нас вже є заводські диференціали з електронною системою керування, актуатори, які використовуються для їх активації, вже є в наявності і встановлені на автомобілі КрАЗ-65032. Нам не потрібно додатково купувати інші актуатори, оскільки заводські актуатори повністю задовольняють вимоги системи блокування диференціалів для нашого автомобіля.

5. Комунікаційна система: САБД може включати комунікаційну систему, яка забезпечує обмін даними між різними компонентами системи. Це може включати провідні або бездротові засоби зв'язку, які дозволяють передавати інформацію між датчиками, контролерами і актуаторами.

Оскільки в нашій системі використовується лише один датчик швидкості на кожне колесо, система комунікацій не буде складною. Зазвичай для передачі даних від датчиків швидкості використовуються провідні з'єднання.

Однак, при розробці системи комунікацій важливо врахувати надійність датчиків швидкості, оскільки вони розташовані низько і можуть потрапляти під вплив вологи, особливо під час руху автомобіля по бездоріжжю або у важких погодних умовах.

Для забезпечення надійної роботи системи комунікацій і захисту датчиків від вологи можна вжити наступні заходи:

1. Герметизація: Датчики швидкості можуть бути герметично ущільнені, захищаючи їх від потрапляння вологи. Важливо використовувати відповідні герметичні прокладки та ущільнювачі, щоб забезпечити надійний захист від вологи.

2. Захисні кожухи: Можна встановити захисні кожухи навколо датчиків швидкості, щоб запобігти прямому контакту з вологою або брудом, що можуть пошкодити датчики.

3. Відповідні кабелі та роз'єми: Важливо використовувати відповідні кабелі та роз'єми, які мають захист від вологи. Це допоможе запобігти проникненню вологи через з'єднання та забезпечити стабільну передачу сигналу.

4. Регулярна перевірка та обслуговування: Важливо періодично перевіряти стан датчиків швидкості та системи комунікацій, а також проводити обслуговування для виявлення можливих пошкоджень або втрати ефективності.

При розробці системи комунікацій слід враховувати потребу використання надійних компонентів, що мають захист від вологи та відповідають вимогам експлуатації автомобіля КраЗ-65032 у важких умовах.

6. Кріплення та корпус: Компоненти САБД повинні бути міцно закріплені на автомобілі, щоб витримувати великі навантаження і знос, специфічні для роботи КраЗ-65032. Вони також повинні бути захищені від вологи, пилу та інших зовнішніх факторів шляхом використання відповідних корпусів або оболонок.

Оскільки блок керування зазвичай розташовується достатньо високо у кабіні автомобіля, особливо враховуючи габарити самого КраЗ-65032, потрапляння вологи на нього є маловірогідним. Проте, варто врахувати можливість вологовмісних умов у певних ситуаціях або при експлуатації на підвищених вологих ділянках.

Для забезпечення надійності та захисту блоку керування можна вжити наступні заходи:

1. Захисний кожух: Забезпечити наявність відповідного захисного кожуху навколо блоку керування, який допоможе запобігти проникненню вологи, пилу та інших забруднень.

2. Герметизація: Переконайтеся, що блок керування має належну герметизацію та водонепроникність. Використання відповідних герметичних прокладок та ущільнювачів забезпечить захист від вологи та вологості.

3. Перевірка і обслуговування: Регулярно перевіряти стан блоку керування, проводити обслуговування та вчасно виявляти можливі пошкодження або втрату ефективності.

4. Тестування на водонепроникність: Перед впровадженням системи провести відповідні тестування на водонепроникність, щоб переконатися в її ефективності та відповідності вимогам.

Враховуючи ці заходи, можна забезпечити захист блоку керування від вологи та вологості, зберігаючи його надійність та функціональність протягом роботи автомобіля КрАЗ-65032 у різних умовах експлуатації.

2.5 Розробка прототипа системи автоматизованного блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032

2.5.1 Розробка функціональної схеми для системи автоматизованного блокування диференціалів

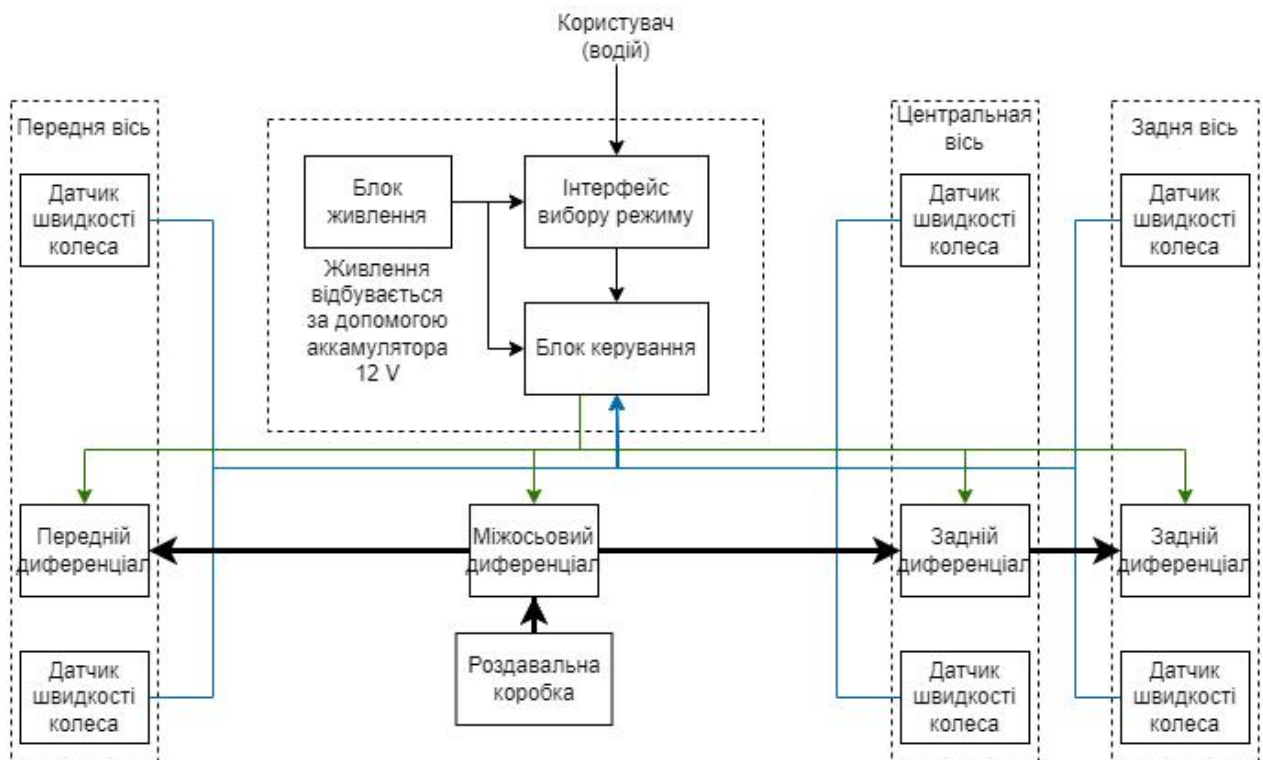


Рисунок 2.10 – Функціональна схема САБД

Давайте розглянемо всі компоненти схеми та їх значення:

1. Датчики швидкості коліс:

- Компонент: Датчик швидкості колеса.
- Значення: Вимірює швидкість обертання кожного колеса автомобіля.
- Розташування: Є три датчики, розташовані на передній, задній та центральній осі автомобіля.
- Функція: Надає дані про швидкість обертання коліс для подальшого аналізу та керування автомобілем.

2. Осі автомобіля:

- Компонент: Передня вісь, Задня вісь, Центральна вісь.
- Значення: Представляють осі автомобіля, на яких встановлені колеса.

– Розташування: Кожна вісь має відповідне місце на схемі: передня, задня та центральна.

– Функція: Забезпечують підтримку та пов'язаність коліс автомобіля, допомагають управляти напрямком руху та підтримувати стійкість автомобіля на дорозі.

3. Диференціали:

– Компонент: Передній диференціал, Задні диференціали, Міжосьовий диференціал.

– Значення: Відповідають за передачу крутного моменту та швидкості між колесами на вісях автомобіля.

– Розташування: Кожен диференціал має відповідне місце на схемі: передній, задні та міжосьовий.

– Функція: Дозволяють забезпечити належну роботу коліс та передачу потужності на вісі автомобіля. Залежно від режиму блокування диференціалів, можуть бути заблоковані або не заблоковані.

4. Блок керування:

– Компонент: Блок керування.

– Значення: Виконує функцію керування системою передачі потужності в автомобілі.

– Розташування: Розташований між датчиками швидкості коліс та диференціалами.

– Функція: Надає можливість водію вибрати режим блокування диференціалів. Залежно від вибраного режиму, впливає на роботу диференціалів, заблоковуючи їх або дозволяючи вільну роботу.

Загальна функція цієї схеми полягає у забезпеченні керованості, стабільності та безпеки автомобіля на дорозі. Вимірювання швидкості коліс та передача інформації до блоку керування дозволяють аналізувати стан автомобіля та вживати відповідних заходів для підтримки стійкості та ефективності руху. Режим блокування диференціалів дозволяє змінювати

розподіл потужності між колесами, що може бути корисним в певних умовах, наприклад, при проходженні складних дорожніх умов або бездоріжжя.

2.5.2 Розробка блок-схеми для системи автоматизованного блокування диференціалів

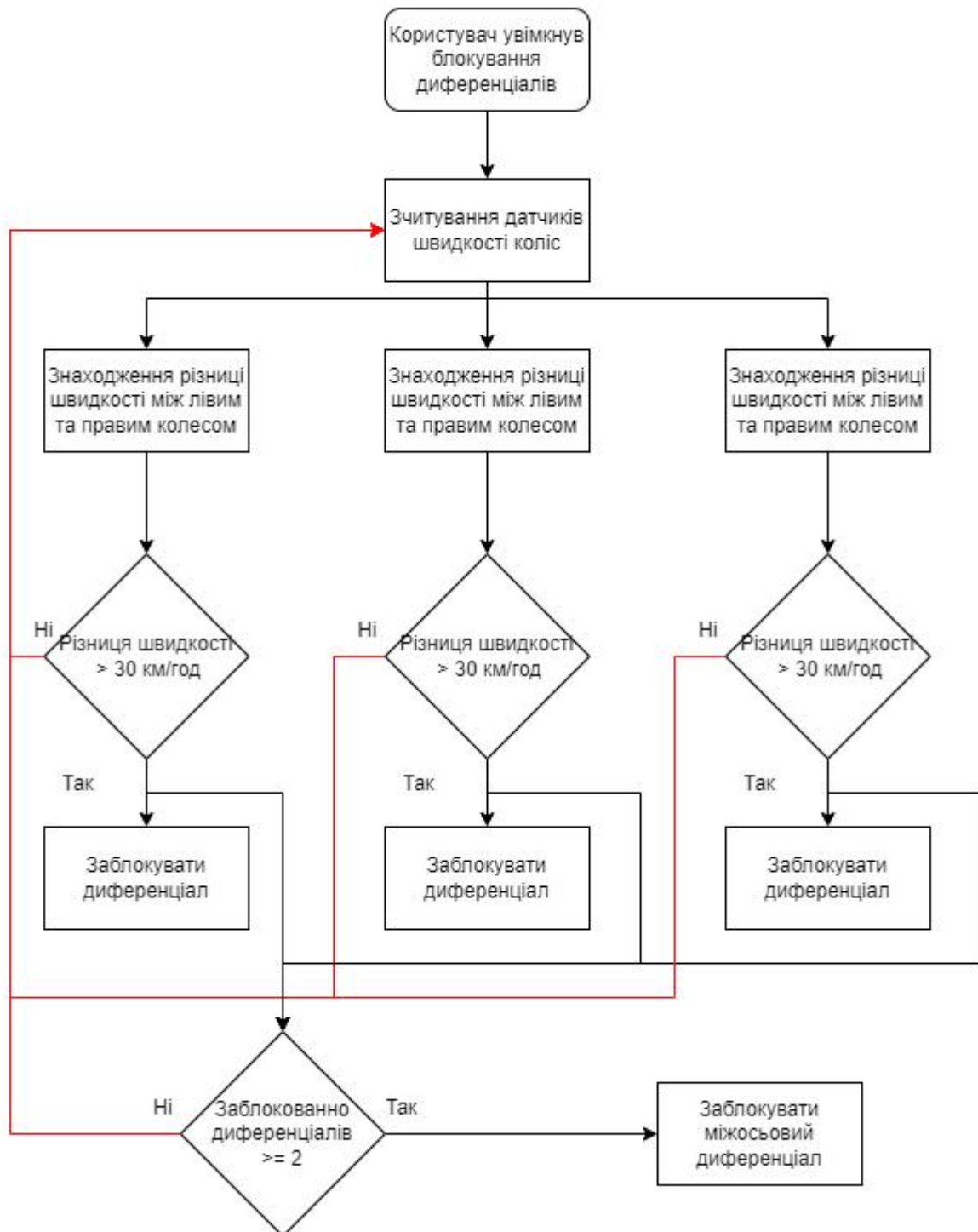


Рисунок 2.11 – Блок-схема САБД

Основна логіка схеми полягає в активації автоматизованої системи блокування диференціалів на транспортному засобі, коли різниця швидкості між колесами на певній вісі перевищує 30 км/год. Далі буде розглянуто поетапно кожен елемент і його призначення на основі наданої інформації:

1. Користувач увімкнув блокування диференціалів: Це елемент управління, який дозволяє користувачу активувати автоматичну систему блокування диференціалів на транспортному засобі. Його призначення полягає в тому, щоб дати користувачеві можливість включити або виключити функцію блокування диференціалів за необхідності.

2. Зчитування датчиків швидкості коліс: Цей елемент відповідає за зчитування швидкості коліс на транспортному засобі за допомогою датчиків. Він здійснює моніторинг швидкості кожного колеса і передає ці дані для подальшого аналізу.

3. Знаходження різниці швидкості між лівим та правим колесом: Цей елемент отримує дані про швидкість кожного колеса від зчитування датчиків швидкості і обробляє їх для визначення різниці між швидкістю лівого та правого колеса на певній вісі. Його призначенням є виявлення незбалансованої рухомості або затримки одного з коліс, що може свідчити про застрягання автомобіля.

4. Різниця швидкості > 30 км/год: Цей елемент використовується для порівняння виміряної різниці швидкості між лівим та правим колесом на певній вісі з попередньо заданою межею в 30 км/год. Якщо різниця швидкості перевищує це значення, вважається, що автомобіль застряг і потребує активації блокування диференціалу.

5. Автоматичне блокування диференціалів: Цей елемент є частиною автоматизованої системи блокування диференціалів на транспортному засобі. Коли різниця швидкості між лівим та правим колесом на певній вісі перевищує 30 км/год, цей елемент автоматично активує блокування диференціалу на цій

вісі. Його призначенням є забезпечення рівномірного розподілу крутного моменту між колесами для покращення тяги і допомоги транспортному засобу вибратися з ускладненої ситуації.

6. Блокування міжосьового диференціалу: Цей елемент відповідає за блокування міжосьового диференціалу на транспортному засобі, коли різниця швидкості між двома або більше вісями перевищує 30 км/год. Його призначення полягає в тому, щоб забезпечити рівномірний розподіл крутного моменту між всіма колесами на транспортному засобі і покращити його здатність до пересування в умовах, коли деякі вісі можуть бути ускладнені.

2.5.3 Моделювання прототипа системи автоматизованого блокування диференціалів у середовищі “Tinkercad”

Вибір методу вимірювання швидкості коліс. Датчик Холла

У минулорічній бакалаврській роботі студента Розганяєв Д.О. була розглянута тема "Електронна система динамічної стабілізації вітчизняних автомобілів", в рамках якої він розробив датчик швидкості для коліс автомобіля на основі Arduino та датчика холла. У моїй дипломній роботі тема "Системи автоматизованого блокування диференціалів вітчизняних автомобілів" має певні спільні аспекти з його роботою. Наприклад, в обох випадках необхідно вимірювати швидкість коліс, і для цього ми використовуємо датчики швидкості. Однак, в його випадку, студент керує автоматизованою гальмівною системою, тоді як я керую автоматизованою системою блокування диференціалів. Тому посилаючись на його роботу[20], я хочу використати схему, подібну до його системи вимірювання швидкості коліс на основі датчика холла та Arduino.

У його роботі використовувалась схема для вимірювання швидкості коліс, яка базується на датчику холла та Arduino. Ця схема є простою у використанні і забезпечує достатню точність для вимірювання обертів колес автомобіля. Вона складається з мікроконтролера Arduino, датчика холла та 7-сегментного індикатора. Датчик холла вимірює магнітне поле, яке проходить через нього під

час обертання колеса автомобіля. Такий тахометр дозволяє виміряти частоту обертання коліс автомобіля за допомогою невеликого магніта, який не впливає на робочу здатність коліс.

Створення прототипу у середовищі “Tinkercad”

Для моделювання прототипу системи автоматизованого блокування диференціалів було вибрано середовище Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>). Tinkercad – це веб-сервіс, який надає можливість виробляти 3D-моделі, прототипи та схеми безпосередньо в браузері. Він є зручним інструментом для швидкого прототипування, тестування та візуалізації електронних схем.

Переваги використання Tinkercad для моделювання системи автоматизованого блокування диференціалів:

1. Веб-базоване середовище: Tinkercad не вимагає встановлення додаткового програмного забезпечення і може бути доступним з будь-якого комп'ютера з Інтернет-підключенням.

2. Інтуїтивний і простий інтерфейс: Tinkercad має дружній інтерфейс, що дозволяє швидко створювати схеми за допомогою графічного перетягування та розміщення компонентів.

3. Велика бібліотека компонентів: Tinkercad містить широкий вибір електронних компонентів, які можна використовувати у схемах, включаючи Arduino, сенсори, мікроконтролери та інші.

4. Моделювання та симуляція: Ви можете моделювати та симулювати роботу вашої схеми безпосередньо у середовищі Tinkercad, що дозволяє перевірити її функціональність перед фізичною реалізацією.

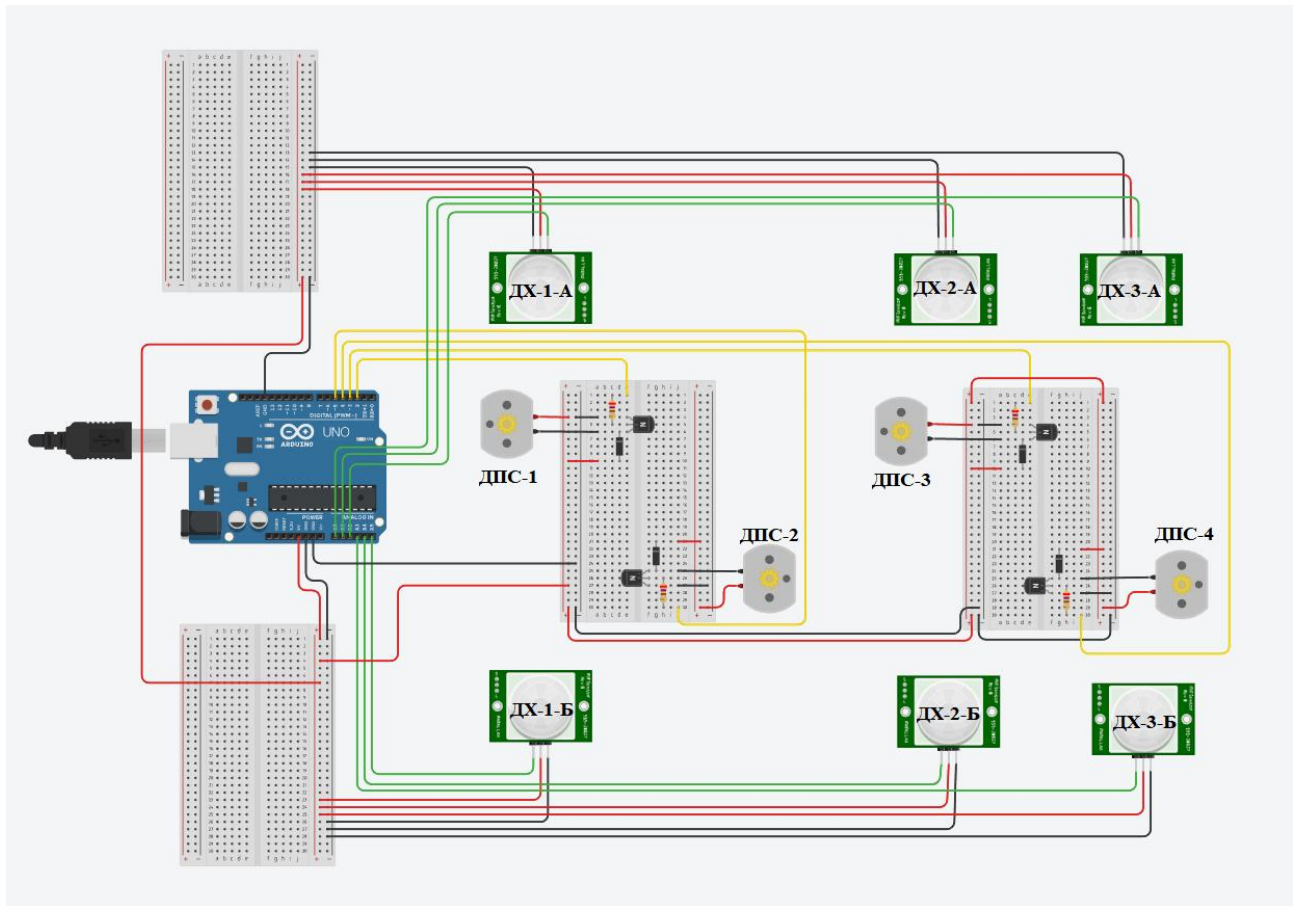


Рисунок 2.12 – Моделювання прототипу автоматизованного блокування диференціалів для проведення тестувань. ДПС-1 – Двигун постійного струму переднього диференціала, ДПС-2 – Двигун постійного струму міжосьового диференціала, ДПС-3 та ДПС-4 – Двигуни постійного струму задніх диференціалів, ДХ-1(2,3)-А(Б) – Датчик Холла, де (1-3) – номер віссі, А – праве колесо, Б – ліве колесо.

Схема більшого масштаба а також код програми знаходяться в додатках А і Б відповідно.

Кожен елемент схеми має свою важливу роль у прототипі системи автоматизованого блокування диференціалів. Розглянемо кожен елемент і причину його вибору:

1. Датчик Холла: Використовується для вимірювання магнітного поля і дозволяє визначати швидкість обертання коліс. Було обрано шість датчиків

Холла, оскільки потрібно виміряти швидкість обертання кожного колеса окремо.

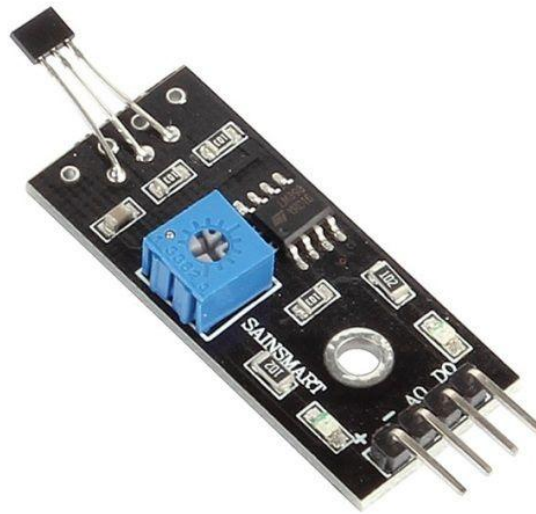


Рисунок 2.13 – Датчик Холла

2. Двигун постійного струму: Був вибраний як один із можливих варіантів блокування диференціалів. В даному випадку, це електричне блокування диференціалів за допомогою безпосередньо двигуна. Двигун постійного струму підходить для нашої системи блокування диференціалів, оскільки він здатний генерувати достатньо потужний обертовий момент.

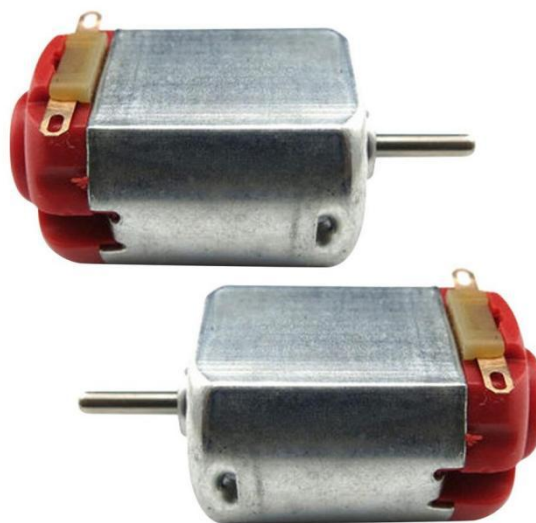


Рисунок 2.14 – Двигун постійного струму

3. Arduino Uno R3: Arduino Uno R3 є мікроконтролером, який відповідає за керування системою блокування диференціалів. Він забезпечує обробку даних з датчиків і керування двигунами постійного струму.



Рисунок 2.15 – Arduino Uno R3

4. NPN-транзистор PN2222: Використовується для керування потоком струму до двигунів постійного струму. Транзистори дозволяють Arduino Uno R3 керувати потужністю, необхідною для роботи двигунів.



Рисунок 2.16 – NPN-транзистор PN2222

5. Діод 1N4001: Використовується для захисту транзисторів від зворотного напруги, що може виникнути під час вимикання двигунів. Діоди

запобігають пошкодженню транзисторів і забезпечують надійну роботу системи.



Рисунок 2.17 – Діод 1N4001

6. Резистор 270 Ω : Використовується для обмеження струму, що проходить через базу транзистора. Це допомагає досягти правильного керування транзисторами і захищає мікроконтролер від можливих пошкоджень.

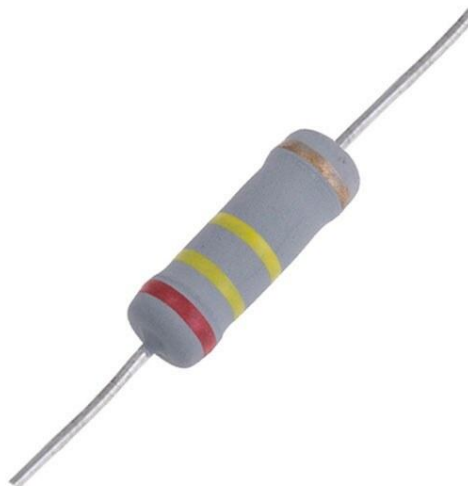


Рисунок 2.18 – Резистор 270 Ω

Розглянемо більше детально роботу електродвигунів[21]:

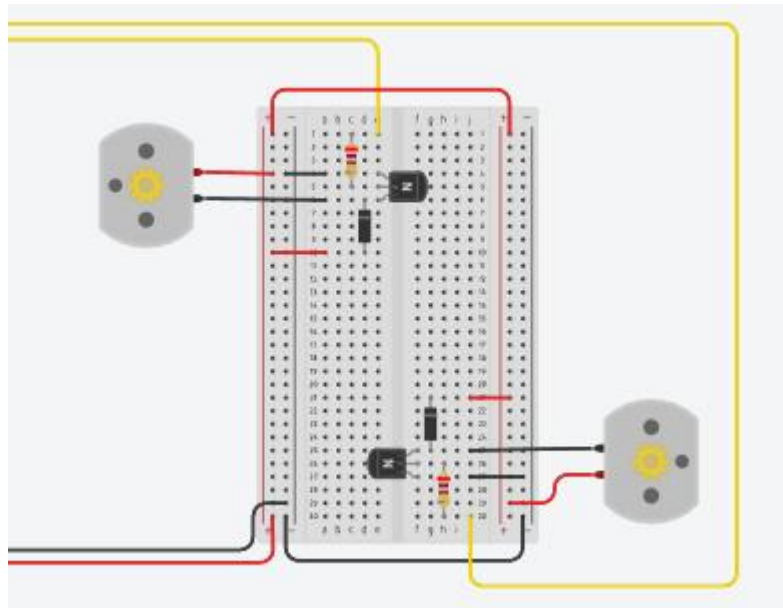


Рисунок 2.19 – Схема підключення електродвигунів

В даній схемі ми керуємо електродвигуном за допомогою транзисторів. Звичайно, ми можемо керувати мініатюрним електродвигуном, підключивши його безпосередньо до виходу Arduino; проте дискретний вихід не витягне двигуни, які споживають більше 40 мА. Рішенням є використання простого підсилювального пристрою – транзистора, щоб мати змогу керувати електродвигунами постійного струму будь-якої потужності. Розглянемо приклад, як керувати великими електродвигунами, використовуючи два транзистори рnp і рnp структури.

Для цього проекту ми використали наступні електронні компоненти:

- Плата Arduino, підключена до USB-порту комп'ютера.
- Електродвигун постійного струму.
- Резистор з опором 220 Ом.
- рnp транзистор (BC547, 2N3904, N2222A, TIP120).
- Діод (1N4148, 1N4001, 1N4007).

Нижче наведені кроки підключення двигунів за допомогою транзистора:

1. Підключіть нуль живлення Arduino GND до мінусової шини макетної плати.

2. Підключіть одну з проводів двигуна до плюса живлення +5В плати контролера. Ми будемо використовувати живлення 5В від USB-порту. Якщо потрібна більша потужність, слід використовувати зовнішнє джерело живлення, таке як, наприклад, батарея. Зараз розглянемо саме живлення від USB.

3. Інший провід двигуна з'єднуємо з колектором транзистора прп. Визначте, який з трьох виводів вашого транзистора є колектором, який базою і який емітером, на основі специфікацій вашого транзистора.

4. Підключіть емітер транзистора до мінуса живлення GND, використовуючи мінусову шину живлення макетної плати.

5. Підключіть резистор між базою транзистора і дискретним виходом плати Arduino.

6. Паралельно з двигуном підключіть захисний діод. Мінус діода повинен бути підключений до плюса живлення 5В.

2.5.4 Розробка електрично принципової схеми для системи автоматизованного блокування диференціалів

Однією із переваг середовища Tinkercad є можливість автоматичного створення електричної принципової схеми. Tinkercad є онлайн-інструментом, спеціально розробленим для моделювання та прототипування електронних схем. Він надає можливість створення схем шляхом перетягування та з'єднання компонентів, що спрощує процес проектування.

Завдяки автоматичному створенню електричної принципової схеми в Tinkercad, користувачам забезпечується простота використання та ефективність проектування. Система автоматично з'єднує компоненти на основі їхнього взаємозв'язку та встановлює необхідні з'єднання між ними. Це дозволяє користувачам швидко візуалізувати та аналізувати структуру схеми, спрощує процес налаштування та оптимізації схеми.

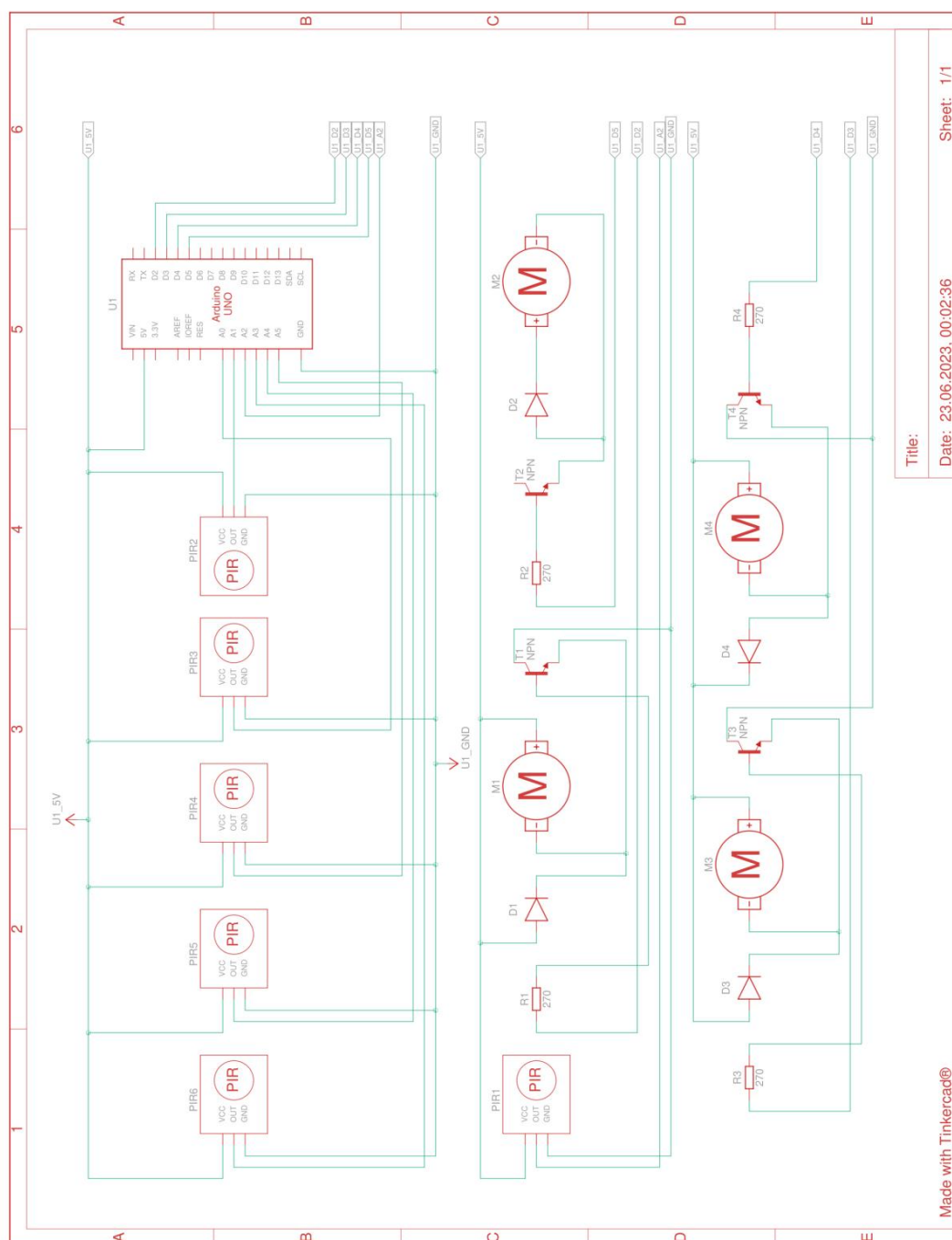


Рисунок 2.20 – Електрично принципова схема САБД, PIR – Датчик Холла, М – Двигун постійного струму

Висновки до другого розділу

У цьому розділі проведено аналіз поточного стану систем автоматизованого блокування диференціалів як вітчизняних, так і зарубіжних автомобілів. Визначено потреби і вимоги до системи блокування диференціалів для конкретного автомобіля КрАЗ-65032, а також розроблено концепцію цієї системи. Далі, здійснено розробку прототипа системи, включаючи розробку функціональної схеми, блок-схеми, електричної принципової схеми та моделювання прототипа у середовищі "Tinkercad".

Аналіз поточного стану систем автоматизованого блокування диференціалів показав, що існуючі системи відмінно працюють на зарубіжних автомобілях, але вимагають удосконалення для вітчизняних автомобілів. Виявлено, що наявні системи не в повній мірі задовольняють потреби автомобіля КрАЗ-65032, зокрема в покращенні прохідності, тягових характеристик, безпеці, легкості використання, надійності і міцності.

На основі проведеного аналізу була розроблена концепція системи автоматизованого блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032. Вона передбачає використання деяких зарубіжних аналогів, а також вибір компонентів системи, що відповідають специфікаціям автомобіля.

Для перевірки працездатності розробленої концепції був розроблений прототип системи автоматизованого блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032. Прототип включає функціональну схему, блок-схему, електричну принципову схему та був промодельований у середовищі "Tinkercad". Це дозволило перевірити працездатність системи та виявити можливі проблеми і недоліки.

Підсумовуючи можна зробити наступні висновки:

1. Системи автоматизованого блокування диференціалів вітчизняних автомобілів потребують удосконалення, щоб задовольняти вимоги щодо покращення прохідності, тягових характеристик, безпеки, легкості використання, надійності і міцності.

2. Концепція системи автоматизованого блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032 передбачає використання зарубіжних аналогів і підбір компонентів, що відповідають потребам автомобіля.

3. Розроблений прототип системи підтвердив працездатність концепції і був промодельований у середовищі "Tinkercad", що дозволило виявити проблеми та недоліки, які потребують подальшої роботи.

Отже, розробка автоматизованої системи блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032 має великий потенціал у покращенні прохідності, тягових характеристик, безпеки та зручності використання цього автомобіля. Наступним кроком буде подальше вдосконалення прототипу і проведення його практичних випробувань для підтвердження його ефективності та надійності перед впровадженням в серійне виробництво.

ВИСНОВКИ

Дослідження теоретичних аспектів диференціалів блокування та аналіз поточного стану систем автоматизованого блокування диференціалів підтверджують їх важливість у вітчизняних автомобілях. Підвищення рівня автоматизації та розробка нових систем автоматизованого блокування диференціалів є перспективним напрямком розвитку.

Розробка концепції системи автоматизованого блокування диференціалів для автомобіля КрАЗ-65032, включаючи створення прототипу і моделювання його у середовищі "Tinkercad", показує потенціал цієї системи у покращенні прохідності, тягових характеристик, безпеки та зручності використання автомобіля.

Подальші кроки у дослідженні та розробці можуть включати вдосконалення прототипу, проведення практичних випробувань для підтвердження його ефективності та надійності, а також можливе впровадження системи в серійне виробництво.

Загальною метою є покращення характеристик вітчизняних автомобілів через вдосконалення систем автоматизованого блокування диференціалів. Це дозволить забезпечити водіям більшу безпеку, комфорт та контроль над транспортним засобом в умовах складного терену.

Отже, подальші дослідження, розробки та впровадження систем автоматизованого блокування диференціалів є актуальними і можуть принести значний внесок у вдосконалення вітчизняних автомобілів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Що таке блокування диференціала в автомобілі. Диференціал автомобіля принцип роботи, призначення. URL: <https://vnedorognik.ua/blog/stati/chto-takoe-blokirovka-differenciala-v-avtomobile> (дата звернення: 12.05.2023).
2. Les Bidrawn. Off-Road Driving Manual: For Novice and Experienced Drivers. Differential Basics. USA, 2013. P. 62-77.
3. Brad DeLong. Four-Wheel Freedom: The Art of Off-Road Driving. Differential Lockers and Traction Aids. USA, 2013. P. 117-132.
4. Головна передача і диференціал. Призначення, будова і типи. Принцип роботи диференціала. URL: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil24-golovna-peredacha-i-dyferencial> (дата звернення: 13.05.2023).
5. Блокування диференціала. Навіщо це потрібно? URL: <https://bezdor4x4.com.ua/uk/blokuvannya-dyferenciala-perednye-chy-zadnye> (дата звернення: 13.05.2023).
6. Locker Comparisons - Understanding Differentials/Lockers. What types of Differentials are there?. URL: https://www.therangerstation.com/tech_library/LockerComparo.shtm (дата звернення: 11.05.2023).
7. Tom Wilson. Off-Road Driving Techniques: Differential Locking and Traction Control. UK, 2015. P. 78-94.
8. What Is a Locking Differential?. Types of locking differentials. URL: <https://www.cjponyparts.com/resources/locking-differentials-explained> (дата звернення: 10.05.2023).
9. Jim Allen. The Four Wheel Drive Handbook. Differential Types and Maintenance. USA, 2009. P. 91-105.
10. КрАЗ-6322. Будова автомобіля. URL: https://profilbaru.com/uk/%D0%9A%D1%80%D0%90%D0%97-6322#%D0%91%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B0%D0%

[B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F/](#)

(дата звернення: 10.05.2023).

11. Robert Pepper. Four Wheel Drive (4WD) Handbook. Differential Selection and Installation. Australia, 2015. P. 143-158.

12. Sarah Emery. Trail-Driving Days. Navigating Difficult Terrain. USA, 2020. P. 91-105.

13. Jim Allen. The 4x4 Book: The Essential Guide to Buying, Owning, Enjoying, and Maintaining an Off-Road Vehicle. Differential. USA, 2019. P. 65-78.

14. Vince Cobby. Off-Road Driving Manual: Step-by-step Instruction for All Terrains. Understanding Differentials. UK, 2017. P. 89-102.

15. КрАЗ-5401 - Вікіпедія. Особливості будови рк КрАЗ-255б і догляд за нею. URL: <https://studfile.net/preview/7827621/page:43/> (дата звернення: 11.05.2023).

16. The Locking Differential Explained. Automatic Lockers. URL: <https://www.offroaders.com/tech/locking-differential.htm/> (дата звернення: 12.05.2023).

17. Що таке блокування диференціалу? Коли потрібне блокування блокування диференціала. URL: <https://japan-cars.com.ua/ua/stati/chto-takoe-blokirovka-differencial> (дата звернення: 12.05.2023).

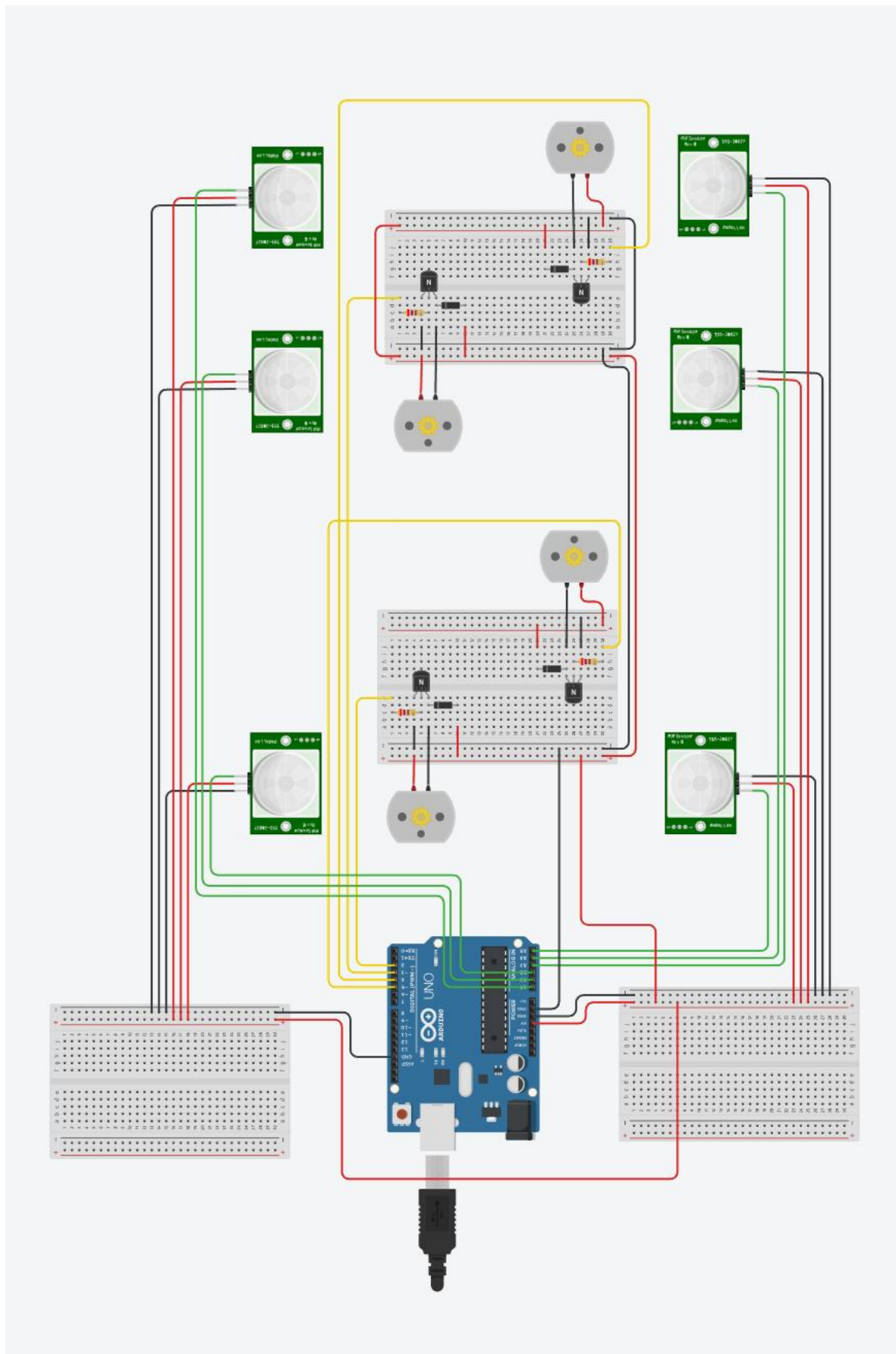
18. Що таке блокування диференціала? Типи блокування диференціала. URL: <https://uk.avtotachki.com/chto-takoe-blokirovka-differenciala> (дата звернення: 10.05.2023).

19. How does a Locker Work? The Locking Differential Explained. Selectable Lockers. URL: <https://www.offroaders.com/technical/how-does-a-locker-work-the-locking-differential-explained> (дата звернення: 10.05.2023).

20. Розганяєв, Д. О. Електронна система динамічної стабілізації вітчизняних автомобілів. 65-68 с. URL: <https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/2450> (дата звернення: 22.06.2023).

21. Arduino та використання двигунів. Підключення двигуна постійного струму та керування ним. URL: https://geekmatic.in.ua/arduino_motor_control (дата звернення: 22.06.2023).

ДОДАТОК А



ДОДАТОК Б

```

1  const int thresholdSpeed = 30; // Порогова різниця швидкості в км/год
2  const int motorPin1 = 2;      // Пін для першого двигуна
3  const int motorPin2 = 3;      // Пін для другого двигуна
4  const int motorPin3 = 4;      // Пін для третього двигуна
5  const int motorPin4 = 5;      // Пін для міжосьового двигуна
6
7  void setup() {
8      pinMode(motorPin1, OUTPUT);
9      pinMode(motorPin2, OUTPUT);
10     pinMode(motorPin3, OUTPUT);
11     pinMode(motorPin4, OUTPUT);
12
13     digitalWrite(motorPin1, LOW); // Вимикаємо перший двигун
14     digitalWrite(motorPin2, LOW); // Вимикаємо другий двигун
15     digitalWrite(motorPin3, LOW); // Вимикаємо третій двигун
16     digitalWrite(motorPin4, LOW); // Вимикаємо міжосьовий двигун
17 }
18
19 void loop() {
20     int speedAxis1Left = analogRead(A0); // Швидкість лівого колеса першої вісі
21     int speedAxis1Right = analogRead(A1); // Швидкість правого колеса першої вісі
22     int speedAxis2Left = analogRead(A2); // Швидкість лівого колеса другої вісі
23     int speedAxis2Right = analogRead(A3); // Швидкість правого колеса другої вісі
24     int speedAxis3Left = analogRead(A4); // Швидкість лівого колеса третьої вісі
25     int speedAxis3Right = analogRead(A5); // Швидкість правого колеса третьої вісі
26
27     bool isAxis1Blocked = abs(speedAxis1Left - speedAxis1Right) > thresholdSpeed;
28     bool isAxis2Blocked = abs(speedAxis2Left - speedAxis2Right) > thresholdSpeed;
29     bool isAxis3Blocked = abs(speedAxis3Left - speedAxis3Right) > thresholdSpeed;
30
31     // Перевіряємо блокування осей і міжосьового диференціала
32     if ((isAxis1Blocked && isAxis2Blocked) || (isAxis1Blocked && isAxis3Blocked) || (isAxis2Blocked && isAxis3Blocked)) {
33         digitalWrite(motorPin4, HIGH); // Вмикати блокування міжосьового диференціала
34     } else {
35         digitalWrite(motorPin4, LOW); // Вимикати блокування міжосьового диференціала
36     }
37
38     // Перевіряємо блокування першої вісі
39     if (isAxis1Blocked) {
40         digitalWrite(motorPin1, HIGH); // Вмикати перший двигун
41     } else {
42         digitalWrite(motorPin1, LOW); // Вимикати перший двигун
43     }
44
45     // Перевіряємо блокування другої вісі
46     if (isAxis2Blocked) {
47         digitalWrite(motorPin2, HIGH); // Вмикати другий двигун
48     } else {
49         digitalWrite(motorPin2, LOW); // Вимикати другий двигун
50     }
51
52     // Перевіряємо блокування третьої вісі
53     if (isAxis3Blocked) {
54         digitalWrite(motorPin3, HIGH); // Вмикати третій двигун
55     } else {
56         digitalWrite(motorPin3, LOW); // Вимикати третій двигун
57     }
58 }

```

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА БЛОКУВАННЯ
ДИФЕРЕНЦІАЛІВ ВІТЧИЗНЯНИХ АВТОМОБІЛІВ**

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ

**ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БЛОКУВАННЯ
ДИФЕРЕНЦІАЛІВ ВІТЧИЗНЯНИХ АВТОМОБІЛІВ**
Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917102

Студент

_____ Войтович С.І.
« ___ » _____ 2023 р.

Консультант кандидат наук, доцент

_____ Алексєєва А.О.
« ___ » _____ 2023 р.

Миколаїв – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
3.1 Опис виробничого приміщення.....	4
3.2 Загальні вимоги безпеки до території цеху.....	5
3.3 Розрахунки.....	7
3.4 Можливі небезпеки в машинобудівельному цеху. Способи їх запобігання.....	13
3.5 Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці.....	15
Висновки до третього розділу.....	17
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	18

ВСТУП

Охорона праці в цеху, де проводиться розробка автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів, з подальшим її виготовленням, відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні безпеки та здоров'я працівників. У цьому цеху, де зосереджений весь процес виробництва цієї інноваційної системи, важливо вживати ефективні заходи безпеки, щоб запобігти можливим нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Враховуючи складність і технологічні особливості автоматизованої системи блокування диференціалів, необхідно встановити високі стандарти безпеки, які будуть враховувати всі можливі ризики та потенційні небезпеки, пов'язані з цим процесом. Завдяки впровадженню автоматизованої системи керування, можна досягти не тільки забезпечення безпеки працівників, але й оптимізації процесів виробництва, покращення якості та збільшення продуктивності.

Метою цього дослідження є розробка комплексної системи охорони праці в цеху, де проводиться розробка та виготовлення автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів. Ця система буде орієнтована на забезпечення безпеки працівників, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, а також покращення умов праці та підвищення ефективності виробництва.

У цьому дослідженні буде розглянуто основні аспекти безпеки праці в цеху, включаючи аналіз потенційних ризиків, розробку технологічних норм і правил безпеки, оцінку ефективності автоматизованої системи керування, а також рекомендації щодо впровадження заходів безпеки та підвищення свідомості працівників щодо безпечних робочих практик.

3.1 Опис виробничого приміщення

Цех, де здійснюється виробництво автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів, є сучасним та технологічно оснащеним виробничим приміщенням. Цей цех спеціалізується на розробці, виготовленні та тестуванні високоякісних систем блокування диференціалів, які впроваджуються в автомобілі вітчизняного виробництва.

Виробниче приміщення, де здійснюється виготовлення автоматизованої системи блокування диференціалів вітчизняних автомобілів, є просторим, функціональним та добре організованим середовищем. Приміщення ретельно планується та обладнується з метою забезпечення оптимальних умов праці та ефективного проведення виробничих операцій.

Простір виробничого приміщення розподіляється на різні робочі зони, які відповідають певним етапам виготовлення автоматизованої системи блокування диференціалів. Це можуть бути зони для збору компонентів, монтажу, тестування та налаштування системи. Кожна зона обладнана необхідними верстатами, інструментами, столами та матеріалами, необхідними для виконання конкретних завдань.

Площа приміщення – 500 м², висота стель 6 м. Виробниче приміщення має вікна, розташовані на фасаді або бічних стінах, для природного освітлення та провітрювання. Наявні системи вентиляції, що забезпечують обмін повітря для забезпечення свіжого повітря та відведення шкідливих випарів або пилу. Також штучне освітлення, такі як люмінесцентні лампи або світлодіодні світильники, розташовані на стелях.

Приміщення обладнане пожежними тривогами, вогнегасниками та системами евакуації, забезпечуючи безпеку працівників у разі надзвичайних ситуацій. Також можуть бути встановлені системи контролю доступу та

відеоспостереження для забезпечення безпеки та контролю виробничого простору.

3.2 Загальні вимоги безпеки до території цеху.

Основні загальні вимоги з питань охорони праці наведено в документах (НПАОП 28.0-1.02-83 Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів [1]).

Територія цеху, де виготовляється автоматизована система блокування диференціалів вітчизняних автомобілів, повинна відповідати загальним вимогам безпеки, щоб забезпечити безпечне та здорове робоче середовище для працівників. Основні вимоги безпеки для такої території включають[2]:

- Розташування: Цех повинен бути розташований в безпечній віддаленості від інших небезпечних об'єктів, таких як житлові райони, хімічні заводи або небезпечні промислові об'єкти. Це сприятиме запобіганню потенційним небезпекам та мінімізації ризиків для працівників.
- Зонування: Територія цеху повинна бути правильно зонована для розділення різних функціональних областей. Наприклад, зона завантаження/розвантаження, зона виробництва, зона зберігання сировини та готової продукції. Це допоможе уникнути перетину руху матеріалів, забезпечити організований рух працівників та мінімізувати потенційні конфлікти.
- Безпека на дорогах: Якщо на території цеху є дороги або дорожні шляхи, вони повинні відповідати стандартам безпеки. Дороги мають бути широкими, маркованими та відповідно освітлені. Також необхідно встановити відповідну сигналізацію та дорожні знаки для безпечного руху транспорту.

- Електробезпека: Виробнича територія повинна мати належну електроінсталяцію та бути обладнана заземленням для запобігання ризику ураження електричним струмом. Електрообладнання має відповідати вимогам безпеки та регулярно перевірятися на належний стан та функціонування.
- Вентиляція та видалення шкідливих речовин: У цеху повинні бути належні системи вентиляції та видалення шкідливих речовин, таких як випари або пил, що можуть виникати під час виробничих процесів. Це забезпечить чисте та безпечне повітря для працюючих.
- Пожежна безпека: Територія цеху повинна бути обладнана пожежною сигналізацією, пожежними вогнегасниками та іншими необхідними засобами пожежогасіння. Також необхідно проводити регулярні навчання працівників з пожежної безпеки та встановити плани евакуації.
- Безпека обладнання: Усе виробниче обладнання повинно відповідати стандартам безпеки та проходити регулярну перевірку на відповідність. Працівники повинні отримувати належну підготовку та інструктаж щодо безпечного використання обладнання.
- Загальні правила безпеки: На території цеху повинні бути розміщені відповідні знаки та попереджувальні написи, які нагадують працівникам про правила безпеки, використання захисного спорядження та потенційні небезпеки.

Ці загальні вимоги безпеки до території цеху допоможуть створити безпечне робоче середовище для працівників та забезпечити ефективне та безпечне виробництво автоматизованих систем блокування диференціалів вітчизняних автомобілів.

3.3 Розрахунки

1. Освітлення виробничого приміщення.

Будівля, в якій розташовано виробниче приміщення, знаходиться в Миколаївській області, що належить до IV поясу світового клімату і південніше 50 північної ширини. Вікна приміщення знаходяться в зовнішніх стінах будівлі і зорієнтовані за азимутом 140...210. Висота робочої поверхні $h_p = 2,5$ м.

Виробниче приміщення має розміри $a*b*H = 8*8*6$ (м). Стеля гладка, білого кольору; стіни мають гладку поверхню кольору блідо-зеленого кольору.

Природне освітлення у виробничому приміщенні бокове, одностороннє, 2 вікна розміром $c*d = 2*2,5$ (м) (рис.3.1). Вікна металопластикові з подвійними склопакетами, мають рами метало пластикових вікон.

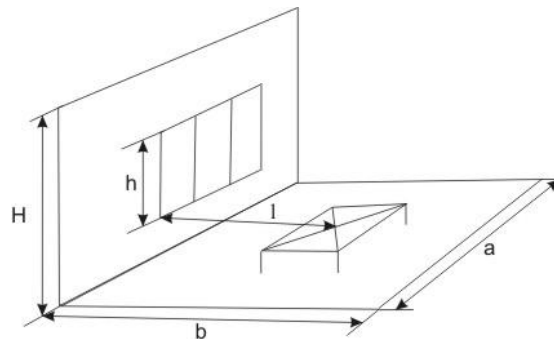


Рисунок 1.1 – Розташування робочої поверхні у виробничому приміщенні

1. Висота світильника над підлогою h_0 , м.

$$h_0 = H - h_c, \quad (3.1)$$

використовуються світильники, висота підвісу яких складає 0 м.

$$h_0 = 6 - 0 = 6 \text{ м} \quad (3.2)$$

2. Висота світильника над робочою поверхнею h' , м:

$$h' = h_0 - h_p, \text{ де } h_p = 2 \quad (3.3)$$

$$h' = 6 - 2,3 = 3,7 \text{ м} \quad (3.4)$$

3. Показник приміщення i .

$$i = \frac{a \cdot b}{h'(a+b)} = \frac{8 \cdot 8}{3,7(8+8)} = 1,08 \quad (3.5)$$

4. Коефіцієнт використання світлового потоку η .

Відповідно до даних $\eta = f(i, \rho_{стін}, \rho_{стелі})$. При $i = 1,08$, $\rho_{стін} = 79\%$,
 $\rho_{стелі} = 72\%$.

$$\eta = 48\% (0,48) \quad (3.6)$$

5. Нормоване значення освітленості для зорових робіт середньої точності (V розряд) E , лк. Згідно з даними [2, табл. 3.1].

$$E = 100-200 \text{ лк}$$

6. Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z для люмінесцентних ламп. Відповідно до даних [2].

$$Z = 1,1.$$

7. Коефіцієнт запасу, що використовується при розрахунку штучного освітлення k_3 . Приймається за даними [2, табл. 3.24] для громадських та житлових будівель.

$$k_3 = 1,5.$$

8. Світловий потік однієї лампи Φ_l , лм. Згідно з даними [2, табл. 3.27], для ламп типу ЛДЦ40.

$$\Phi_l = 2200 \text{ лм}$$

9. Площа підлоги S (м)

$$S = ab$$

$$S = 8 \cdot 8 = 64 \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

10. Необхідна кількість світильників у приміщенні N (шт.)

При кількості ламп в одному світильнику $n = 2-4$ шт

$$N = \frac{E k_z S_{\text{відл}} Z}{n \Phi_n \eta} = \frac{150 * 1,5 * 64 * 1,1}{2 * 2200 * 0,48} = 7,5 \text{ шт} \quad (3.8)$$

На рисунку 1.2 представлено розміщення світильників на стелі виробничого приміщення.

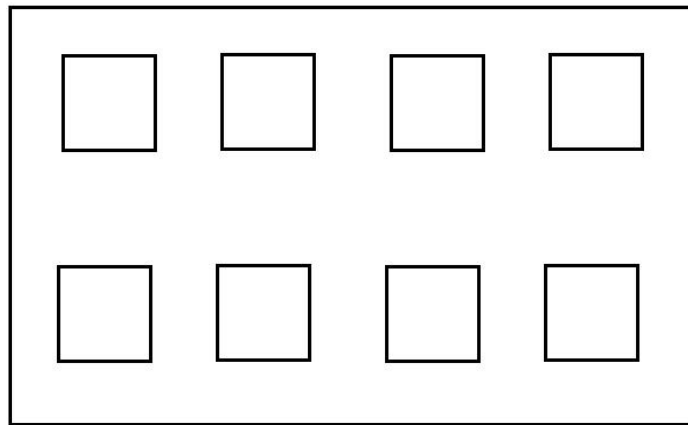


Рисунок 1.2 – Розміщення світильників на стелі

2. Розрахунок вентиляційного режиму виробничого приміщення.

Вентиляція в цеху є надзвичайно важливою з точки зору безпеки та комфорту працівників, а також для ефективного функціонування виробничого процесу. Вона забезпечує належну якість повітря шляхом видалення шкідливих речовин, пилю, випарів та інших забруднень, які можуть виникати під час виробничих операцій.

Завдяки вентиляційній системі, свіже повітря постійно циркулює в приміщенні цеху, забезпечуючи оптимальну температуру та вологість. Це допомагає уникнути перегріву або переохолодження працівників, а також покращує їхній комфорт під час роботи.

Крім того, вентиляція в цеху є важливою з точки зору безпеки. Деякі процеси виробництва можуть створювати небезпечні речовини або гази, які

можуть накопичуватися в повітрі. Вентиляційна система допомагає видалити ці речовини та гази, знижуючи ризик отруєння або вибуху.

Також вентиляція сприяє зменшенню конденсації вологи, що може призвести до утворення плісняви або грибка. Це покращує гігієнічні умови приміщення та здоров'я працівників.

Вентиляцію (повітрообмін) характеризують вентиляційний об'єм і кратність повітрообміну.

Вентиляційний об'єм – це кількість повітря (в м³), яке надходить у приміщення протягом 1 години. Він складається з інфільтраційного і вентиляційного повітря. Інфільтрація - це проникнення повітря через стіни, пори будівельних матеріалів, щілини в будівельних конструкціях тощо. Найбільш повітропроникними є шлакоблокові, керамзитобетонні, цегляні, дерев'яні стіни. Найменш повітропроникними - гранітні, мармурові. Другою складовою частиною вентиляційного об'єму є повітря, яке надходить у приміщення через спеціально передбачені для цього вентиляційні пристрої: кватирки, фрамуги, вікна, вентиляційні канали.

Відношення вентиляційного об'єму до об'єму приміщення характеризує інтенсивність вентиляції. Відношення вентиляційного об'єму до об'єму приміщення характеризує інтенсивність вентиляції.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

$t_{вх},$ 0С	$t_{вих},$ 0С	$d_{вх},$ г/кг с.п.	$d_{вих},$ 0С г/кг с.п.	$C_{вх},$ мг/м ³	$C_{вих},$ мг/м ³	Q, кВт	W, кг/год	M, г/год	V, м ³
16	24	10,0	15,0	320	1500	20	3,5	850	480

Розрахунок виконується для теплого періоду року за умови рівності повітропродуктивностей припливної та витяжної гілок припливно-витяжної системи вентиляції у такій послідовності:

1. Повітропродуктивність системи вентиляції, що необхідна для компенсації теплоприпливів у виробничому приміщенні V_B , м³/год.

$$V_B = 3600 \cdot Q / (c_p \rho_p (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}})), \quad (3.9)$$

де c_p – ізобарна теплоємність повітря (за нормальних умов $c_p = 1,01$ кДж/(кг·°C)); ρ_p – густина повітря (за нормальних умов $\rho_p = 1,205$ кг/м³).

$$V_B = 3600 \cdot 20 / (1,01 \cdot 1,205 (24 - 16)) = 7394 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.10)$$

2. Повітропродуктивність системи вентиляції, що необхідна для компенсації вологондлишків у виробничому приміщенні V_{B1} , м³/год.

$$V_{B1} = 1000 \cdot W / (\rho_p (d_{\text{вих}} - d_{\text{вх}})), \quad (3.11)$$

де ρ_p – густина повітря (за нормальних умов $\rho_p = 1,205$ кг/м³).

$$V_{B1} = 1000 \cdot 3,5 / (1,205 (15 - 10)) = 581 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.12)$$

Повітропродуктивність системи вентиляції, що необхідна для компенсації надходжень шкідливих компонентів повітряного середовища виробничого приміщення V_{B11} , м³/год.

$$V_{B11} = 1000 \cdot M / (c_{\text{вих}} - c_{\text{вх}}) = 1000 \cdot 850 / (1500 - 320) = 720 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.13)$$

Таким чином, в якості проектного значення повітропродуктивності припливно-витяжної системи вентиляції слід прийняти $V_B = 720$ м³/год (більше з отриманих значень необхідної повітропродуктивності системи вентиляції).

Кратність циркуляції (повітрообміну), що забезпечується припливно-витяжною системою вентиляції у виробничому приміщенні k , год⁻¹.

$$k = V_B / V_p = 720 / 500 = 1,44 \text{ год}^{-1}. \quad (3.14)$$

Кратність повітрообміну — це показник, який показує, скільки разів протягом години змінюється повітря в приміщенні. Враховуючи виділення діоксиду вуглецю людиною в спокої, вчені підраховали, що мінімальний об'єм вентиляції на одну людину в житлових приміщеннях повинен бути не меншим 30 м^3 за 1 годину. Оптимальні ж умови повітряного середовища для людини, що фізично працює, забезпечуються при об'ємі вентиляції 80-120 $\text{м}^3/\text{год}$.

3.4 Можливі небезпеки в машинобудівельному цеху. Способи їх запобігання.

Можливі небезпеки в машинобудівельному цеху можуть включати [4]:

- Механічні травми: У цехах машинобудівних підприємств часто використовуються великі та важкі машини, які можуть створювати ризик травмування. Рухомі частини, наприклад, ланцюги, ремені, шестерні та преси, можуть призвести до затиснення, вдару або перекручування працівників.
- Ризик впливу шкідливих речовин: У машинобудуванні можуть використовуватися розчинники, фарби, мастила та інші хімічні речовини, які можуть мати шкідливий вплив на здоров'я працівників. Вдихання отруйних парів, контакт з шкірою або надмірне вплив на очі можуть призвести до отруєння, подразнень або алергічних реакцій.
- Ризик виникнення пожежі та вибуху: У машинобудівельному цеху можуть бути присутні легкозаймисті матеріали, паливо, мастило або іскрові джерела. Неправильне обходження з вогнем, недотримання правил електробезпеки або неконтрольоване розслаблення газів можуть призвести до пожежі або вибуху.
- Ризик впливу вібрації та шуму: Виробництво машин і обладнання може супроводжуватися використанням віброуючих інструментів, які можуть призвести до вібраційних травм або впливу на опорно-рухову систему працівників. Також шум, що виникає під час роботи машин, може мати шкідливий вплив на слух працівників.
- Ризик неконтрольованого руху транспортних засобів: У машинобудівельному цеху можуть бути присутні рухомі транспортні засоби, такі як візки, підйомники, вилочні

навантажувачі. Неконтрольований рух таких засобів або недотримання правил безпеки може спричинити зіткнення, наїзди або падіння предметів.

Існує кілька способів запобігання можливим небезпекам у машинобудівельному цеху [5]. Ось деякі з них:

- Реалізація політики безпеки: Розроблення і впровадження політики безпеки в цеху є важливим кроком. Це означає встановлення чітких правил та процедур щодо безпеки праці, інструктування працівників щодо правильних методів роботи та вимог щодо безпеки.
- Навчання та підготовка працівників: Важливо забезпечити, щоб усі працівники були наділені необхідними знаннями та навичками щодо безпеки. Це включає навчання їх правилам використання обладнання, процедур безпеки, усунення небезпеки та використання особистого захисту.
- Регулярний технічний огляд та обслуговування обладнання: Регулярний технічний огляд та обслуговування машин та обладнання можуть допомогти виявити потенційні проблеми та усунути їх до виникнення небезпеки. Розклад технічного обслуговування повинен бути чітко встановлений та дотримуватися.
- Використання особистого захисту: Працівники повинні бути оснащені необхідним особистим захистом, таким як захисні окуляри, навушники, рукавиці, респіратори тощо. Вони повинні бути належно навчені користуватися цим захистом і носити його під час виконання роботи.
- Запобігання пожежам: Установлення систем пожежної безпеки, таких як пожежні тривожні системи, пожежні вогнегасники, автоматичні системи пожежогасіння, може значно знизити ризик

виникнення пожеж та забезпечити швидке реагування у разі виникнення пожежі.

- Регулярні перевірки та аудити: Важливо проводити регулярні перевірки безпекових процедур, устаткування та робочого середовища. Аудити дозволяють виявити слабкі місця та вжити відповідних заходів для їх усунення.
- Створення культури безпеки: Важливо підтримувати культуру безпеки в цеху шляхом постійного наголошення на важливості безпеки, стимулювання працівників до дотримання правил безпеки та сприяння взаємодії працівників у виявленні та вирішенні проблем безпеки.

Ці способи допоможуть створити безпечне робоче середовище в машинобудівельному цеху та забезпечити захист працівників від потенційних небезпек.

3.5 Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці

Запровадження ефективних заходів з охорони праці не тільки забезпечує безпеку працівників, але й сприяє збільшенню продуктивності та підвищенню якості виробництва. Шлях до досягнення успіху полягає в системному підході до аналізу ризиків, використанні сучасних технологій та впровадженні передових стандартів безпеки. Разом зі залученням та усвідомленням працівників, ми можемо створити безпечне та комфортне робоче середовище, яке сприятиме здоров'ю та успіху кожного працівника.

Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці в машинобудівельному цеху може включати наступні аспекти [2]:

- Оцінка показників безпеки та здоров'я праці: Вимірювання та аналіз основних показників безпеки та здоров'я праці, таких як кількість

травматичних подій, професійні захворювання, час, втрачений через відсутність з причини травм або захворювань.

- Задоволеність працівників: Застосування анкет або опитувань, щоб з'ясувати задоволеність працівників щодо поліпшень умов праці, включаючи зниження шуму, видалення небезпечних речовин, поліпшення освітлення тощо.
- Вимірювання показників продуктивності: Аналіз впливу внесених змін на продуктивність цеху, таких як збільшення обсягу виробництва, зниження часу на виготовлення продукції, зменшення кількості браку.
- Економічний аналіз: Оцінка витрат та вигоди, пов'язаних з впровадженням заходів щодо покращення умов праці, включаючи витрати на обладнання, навчання персоналу та зменшення витрат на медичні послуги та компенсацію витрат через відсутність працівників.
- Порівняльний аналіз: Порівняння показників до та після впровадження заходів з охорони праці, а також порівняння з аналогічними цехами або стандартами галузі.

Висновки до третього розділу

1. Охорона праці є невід'ємною складовою виробничого процесу в машинобудівельному цеху.
2. Забезпечення безпеки та покращення умов праці є пріоритетними завданнями для забезпечення здоров'я та добробуту працівників.
3. Ефективні заходи з охорони праці допомагають знизити ризик виникнення нещасних випадків, професійних захворювань та травм.
4. Впровадження ергономічних принципів та застосування сучасних технологій допомагає зменшити фізичне навантаження на працівників.
5. Свідоме усвідомлення ролі безпеки та навчання працівників щодо правильного використання засобів індивідуального захисту є важливими аспектами охорони праці.
6. Регулярна оцінка ефективності заходів з охорони праці дозволяє виявляти проблемні аспекти та встановлювати нові цілі для подальшого покращення умов праці.
7. Спільні зусилля адміністрації та працівників є ключовим фактором у створенні безпечного та продуктивного робочого середовища.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. НПАОП 28.0-1.02-83 Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68968 (дата звернення: 15.06.2023)
2. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с (дата звернення: 16.06.2023)
3. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006. 336 с. (дата звернення: 15.06.2023)
4. Іванов О.П., Петрова Н.М. Охорона праці в машинобудуванні, Видавництво "Техніка", Київ, 2015, 240 с. (дата звернення: 17.06.2023)
5. Сидоренко В.І., Охорона праці в машинобудуванні: навчальний посібник, Національний університет "Львівська політехніка", Львів, 2009, 320 с. (дата звернення: 17.06.2023)