

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «Дослідження тягово – швидкісних властивостей малого вантажного автомобіля при заміні силового агрегату»

Виконав: студент VI курсу групи Ат-62

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Вадим ГОНСЕРКЕВИЧ

(ім'я та прізвище )

Керівник: к.т.н., доцент Олег МИРОНЮК

(ім'я та прізвище )

Дубляни 2024

УДК 629.113.066.

Гонсеркевич В. В. Дослідження тягово-швидкісних властивостей малого вантажного автомобіля при заміні силового агрегату. Дубляни, Львівський НУП, 2024. 71 с.

Рисунків 24, табл. 7, бібл. посилань 29.

Метою роботи є – дослідження тягово-швидкісних властивостей малого вантажного автомобіля при заміні силового агрегату.

Об'єкт дослідження – малий вантажний автомобіль.

Предмет дослідження – тягово-швидкісні показники малого вантажного автомобіля після заміни двигуна.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз існуючих малих вантажних автомобілів, в частині їх конструкції та установки двигуна на малому вантажному автомобілі.
2. Провести огляд існуючих двигунів які можуть замінити базовий двигун.
3. Виконати розрахунки тягово-швидкісних показників малого вантажного автомобіля після заміни двигуна.
4. Провести випробування з замірами тягово-швидкісних показників малого вантажного автомобіля після заміни двигуна.
5. Описати висновки про результати заміни двигуна з огляду на отримані показники тягово-швидкісних параметрів малого вантажного автомобіля.
6. Зробити техніко-економічне обґрунтування ефективності роботи ремонтної майстерні.

Ключові слова: АВТОМОБІЛЬ, ДВИГУН, ВАНТАЖНИЙ, МАЛИЙ, ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ, АНАЛІЗ.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	8
1.1 Напрямки розвитку світової автомобільної промисловості, щодо створення малих вантажних автомобілів.....	8
1.2 Вибір силового агрегату для малого вантажного автомобіля.....	12
1.3 Встановлення силової установки на вантажний автомобіль.....	17
1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	18
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ МАЛОГО ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ПІСЛЯ ЗАМІНИ ДВИГУНА....	21
2.1 Дані необхідні для проведення теоретичного дослідження.....	21
2.2 Розрахунок та побудова зовнішньої швидкісної характеристики автомобіля після заміни двигуна.....	24
2.3 Побудова діаграми балансу потужностей .....	26
2.4 Розрахунок параметрів динамічності мало вантажного автомобіля при нерівномірному русі.....	28
3 МЕТОДИКИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ДОРОЖНІХ ВИПРОБУВАНЬ.....	34
3.1 Методика експериментального дослідження тягово-швидкісної характеристики малого вантажного автомобіля за допомогою динамометричного стенду.....	34

3.2	Опис методики дослідження параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна та динаміки розгону шляхом проведення дорожніх випробувань.....	37
3.3	Обладнання для дослідження тягово-швидкісної характеристики малого вантажного автомобіля .....	41
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
4.1	Результати досліджень параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна Andoria ADCR 2.6.....	44
4.2	Результати дорожніх досліджень прискорень малого вантажного автомобіля.....	50
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
5.1	Загальні вимоги безпеки. Вимоги безпеки при профілактичному обслуговуванні та ремонті транспортних засобів .....	55
5.2	Безпека при перевірці технічного стану транспортних засобів, митті автомобілів, агрегатів, вузлів, деталей.....	56
5.3	Безпека виконання обов'язкових робіт профілактичного обслуговування та ремонту. ....	58
6	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ .....	62
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

## ВСТУП

Розвиток автомобільного транспорту відіграє важливу роль у сучасному світі, забезпечуючи мобільність вантажів і пасажирів, а також сприяючи економічному зростанню. Особливе значення має вдосконалення конструкцій малих вантажних автомобілів, які використовуються в комерційних цілях, таких як доставка товарів, сільськогосподарські роботи та перевезення невеликих вантажів. Враховуючи сучасні тенденції розвитку автомобільної галузі, виникає необхідність підвищення техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів за рахунок оптимізації конструкційних рішень.

Одним із перспективних напрямків модернізації є заміна силових агрегатів. Це може бути викликано як необхідністю зменшення витрат пального та покращення екологічних показників, так і підвищенням надійності, продуктивності та економічної доцільності експлуатації. Однак такі зміни вимагають комплексного підходу, оскільки впливають на тягово-швидкісні властивості автомобіля, його динамічну поведінку, енергоефективність і довговічність.

Дослідження тягово-швидкісних властивостей малого вантажного автомобіля при заміні силового агрегату дозволяють не лише оцінити ефективність проведених змін, але й обґрунтувати раціональні параметри модернізації. Це забезпечує науковий підхід до розробки практичних рекомендацій, які сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності транспортних засобів на ринку та зниженню експлуатаційних витрат.

У кваліфікаційній роботі розглядається питання заміни силового агрегату малого вантажного автомобіля з метою покращення його тягово-швидкісних властивостей. Основну увагу приділено аналізу технічних характеристик, моделюванню експлуатаційних процесів та оцінці отриманих результатів. Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення існуючого парку транспортних засобів та підвищення ефективності їх використання в умовах сучасного ринку.

# 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

## 1.1. Напрямки розвитку світової автомобільної промисловості, щодо створення малих вантажних автомобілів.

Розвиток світової автомобільної промисловості у сфері створення малих вантажних автомобілів із дизельними двигунами загального призначення зосереджується на кількох ключових аспектах. Основна увага приділяється підвищенню паливної ефективності та зменшенню шкідливих викидів, що відповідає сучасним екологічним стандартам і потребам скорочення впливу на навколишнє середовище. Це досягається за допомогою вдосконалення паливних систем, таких як використання системи Common Rail і турбонаддуву із змінною геометрією.

Також інженери активно працюють над оптимізацією конструкції двигунів, зменшуючи їхню вагу, підвищуючи міцність матеріалів і знижуючи тертя в механізмах. Це дозволяє створювати компактніші, легші та більш надійні агрегати, які ефективно функціонують навіть у складних умовах. Крім того, розробники інтегрують технології рекуперації енергії, що сприяє підвищенню загальної енергоефективності транспортних засобів. Ще одним напрямом є цифровізація та впровадження електронних систем управління, які дозволяють точніше налаштовувати роботу двигуна в реальному часі, оптимізуючи витрату пального та зменшуючи шум. Це включає інтелектуальні системи моніторингу технічного стану автомобіля, які попереджають про необхідність обслуговування або можливі несправності. Важливу роль відіграють також конструктивні особливості самих автомобілів. Малотоннажні вантажівки стають більш універсальними завдяки модульним платформам, які можуть адаптуватися до різних умов експлуатації. Це особливо важливо для міських і приміських перевезень, де компактні розміри і маневреність є ключовими характеристиками [1,2].



Рисунок 1.1 – Малий вантажний автомобіль Mercedes Sprinter 313 CDI

Крім того, промисловість активно адаптується до вимог локальних ринків. Це стосується регіональних стандартів екології, типів пального та особливостей дорожніх умов. Наприклад, у деяких регіонах активно розвиваються моделі, що використовують біодизель або суміші з низьким вмістом сірки. Технологічні інновації в поєднанні з глобальними трендами в електрифікації транспорту також впливають на розвиток сегмента дизельних малих вантажівок. Часто такі моделі створюють як проміжні рішення між повністю електричними транспортними засобами і традиційними дизелями.

Розробка автомобілів сприяє потужності автомобільної промисловості і більш повному задоволенню потреб народного господарства в автотранспортних засобах різноманітного призначення. Наглядним прикладом раціональної розробки є конструкція автомобілів.

До малих вантажних автомобілів відносяться автомобілі, які мають невелику вантажопідйомність (зазвичай до 3,5 тон) і використовуються для перевезення невеликих обсягів вантажів. Вони зазвичай мають компактні

розміри, що дозволяє їм ефективно працювати в умовах міського трафіку або на вузьких дорогах. Ці транспортні засоби широко використовуються для доставки товарів у межах міста, перевезення будівельних матеріалів, кур'єрських служб, а також для малих бізнесів.



Рисунок 1.2 – Малий вантажний автомобіль Renault Master L4

Створення вантажних автомобілів сприяє потужності автомобільної промисловості і більш повному задоволенню потреб народного господарства в автотранспортних засобах різноманітного типу призначення. Найкращими виробниками малих вантажних автомобілів в Україні вважаються такі компанії, а також "Еталон", відомий своїми універсальними вантажними шасі. Окремо можна виділити корпорацію "Богдан", яка займається розробкою і випуском малотоннажних автомобілів, пристосованих до українських доріг. У сегменті адаптації іноземних платформ, таких як Isuzu чи Hyundai, добре зарекомендували себе підприємства, які займаються



складанням і модифікацією техніки для місцевого ринку [3]. Але їх модельний ряд в основному складають автомобілі середньої вантажопідємності, а на ринку часто експлуатуються в основному вживані європейські моделі автомобілів і через їх не завжди задовільний технічний стан виникає необхідність заміни агрегатів у тому числі і двигуна.



Рисунок 1.3 – Малий вантажний автомобіль JAC N-series

Передовими виробниками малих вантажних автомобілів в Європі є компанії, які спеціалізуються на створенні високоякісної, економічної та надійної техніки. Серед них варто виділити бренди, які забезпечують широкий вибір моделей для різних потреб, включаючи міські перевезення, будівельні роботи та сільське господарство. Такі виробники, як Renault, Mercedes-Benz, Ford, Iveco та Volkswagen, займають лідерські позиції завдяки інноваційним технологіям, потужним і екологічним двигунам, а також комфорту і безпеці для водіїв. Багато з цих компаній пропонують моделі з електричними чи гібридними силовими установками, які відповідають сучасним екологічним стандартам і тенденціям переходу до сталої мобільності.

## 1.2. Вибір силового агрегату для малого вантажного автомобіля.

Вибір силового агрегату для маловантажного автомобіля є багатогранним завданням, яке потребує ретельного аналізу технічних характеристик, умов експлуатації та економічної доцільності. Основним фактором є функціональне призначення автомобіля, яке визначає необхідні показники потужності, вантажопідйомності, витрати пального та відповідність екологічним стандартам. Важливо врахувати специфіку роботи транспортного засобу, чи це будуть переважно міські перевезення, міжміські маршрути, чи використання у змішаних умовах. Потужність силового агрегату має відповідати вантажопідйомності автомобіля, забезпечуючи динамічні характеристики навіть за умов максимального завантаження [4]. Недостатня потужність може призвести до надмірного навантаження на двигун, його передчасного зношування та зниження економічності. Надмірно потужний двигун, навпаки, може збільшити витрати пального та масу транспортного засобу, що є недоцільним у контексті маловантажного автомобіля. Тому оптимізація потужності та крутного моменту є ключовим завданням.



Рисунок 1.4 – Двигун Volkswagen 2.5 TDI

Тип пального також має значення. Дизельні двигуни залишаються популярним вибором для маловантажних автомобілів завдяки їх високому крутному моменту на низьких обертах, ефективності під час тривалих перевезень і здатності працювати під великим навантаженням. Однак вони є більш складними у конструкції, що може збільшити витрати на обслуговування. Бензинові двигуни менш вибагливі в обслуговуванні, дешевші у виробництві та мають кращі показники роботи в умовах низьких температур. Останніми роками активно впроваджуються електродвигуни, які дозволяють суттєво знизити експлуатаційні витрати, забезпечують екологічність і мають мінімальний рівень шуму. Однак їх використання обмежене поточною ємністю акумуляторів і тривалістю заряджання, що може бути недоцільним у разі довготривалих перевезень.



Рисунок 1.5 – Двигун Fiat/Iveco F1A (Sofim 8140)

Екологічні стандарти стають дедалі суворішими, особливо в регіонах з активною боротьбою проти забруднення. Вибір силового агрегату має враховувати відповідність нормам викидів, наприклад, стандартам Euro-6 або аналогам у країнах експлуатації. Це впливає на технічні вимоги до двигуна, наприклад, наявність системи рециркуляції вихлопних газів (EGR), фільтрів твердих частинок (DPF) або каталітичних нейтралізаторів [6].



Рисунок 1.6 – Двигун Mercedes Sprinter 2,2 CDI OM 611

Умови експлуатації відіграють визначальну роль. У міських умовах важливою є економічність у режимі "старт-стоп", тому перевага може бути надана гібридним або повністю електричним силовим установкам. У випадках, коли автомобіль використовується для міжміських перевезень,

більше значення має стабільність роботи двигуна на крейсерських швидкостях і низький рівень споживання пального на дальніх відстанях. Якщо ж експлуатація передбачає використання в умовах бездоріжжя або на складних рельєфах, необхідно вибирати двигун із високим запасом потужності та міцною конструкцією. Не менш важливим є вибір типу трансмісії, що працює у зв'язці з двигуном. Механічні коробки передач є більш ефективними та надійними для важких умов роботи, тоді як автоматичні коробки забезпечують комфорт і простоту управління, але можуть мати меншу ефективність. Для електромобілів часто застосовуються безступінчаті трансмісії або системи прямого приводу, які забезпечують плавну подачу потужності та знижують втрати енергії [7,8].



Рисунок 1.7 – Двигун Andoria ADCR 2.6

Під час вибору силового агрегату необхідно також враховувати вартість експлуатації та технічного обслуговування. Двигуни із сучасними системами подачі пального, турбонадувом і високотехнологічними фільтрами мають високу ефективність, але можуть вимагати складнішого та

дорожчого обслуговування. Термін служби, доступність запчастин, а також можливість швидкого ремонту також є критично важливими факторами.

Зрештою, остаточний вибір силового агрегату є компромісом між технічними параметрами, експлуатаційними умовами, екологічними вимогами та економічними обмеженнями. Інженерний підхід до вибору двигуна дозволяє не лише забезпечити надійну роботу автомобіля, але й досягти його максимальної ефективності протягом усього періоду експлуатації.

Попередньо для заміни двигуна на автомобілі Mercedes Sprinter 313 CDI обрали двигун Andoria ADCR який вважаємо оптимальним вибором для малої вантажівки завдяки своїм технічним характеристикам, які відповідають вимогам транспорту такого класу. Робочий об'єм 2,6 літра забезпечує достатню потужність у діапазоні 80–90 к.с., що ідеально підходить для виконання завдань у міському та приміському середовищі, зберігаючи економічність пального. Дизельний тип палива гарантує високу ефективність з точки зору споживання, дозволяючи значно знизити експлуатаційні витрати, що особливо важливо для комерційного транспорту. Компактні габарити двигуна спрощують його інтеграцію в конструкцію вантажівки, а простота обслуговування робить його вигідним для довготривалого використання в умовах постійних навантажень [12]

Конструкція двигуна забезпечує стабільну роботу навіть при інтенсивному використанні, що важливо для підтримання продуктивності транспорту в умовах експлуатації на щільно завантажених маршрутах. Крім того, ADCR відповідає сучасним вимогам щодо викидів, що забезпечує його відповідність екологічним стандартам і дає перевагу в регіонах з жорсткими обмеженнями. Таким чином, вибір Andoria ADCR для малої вантажівки обґрунтований його надійністю, економічністю, простотою обслуговування та відповідністю технічним вимогам цього сегмента транспорту.

### 1.3 Встановлення силової установки на вантажний автомобіль.

При встановленні двигуна на автомобіль значну увагу приділяють способу кріплення двигуна. Двигун на рамі автомобіля кріпиться за допомогою лап, або кронштейнів, які вмонтовані до картера двигуна і маховика. Опори виготовляють пружними, які обладнано гумовими подушками, а інколи і пружинами.

Пружні опори зменшують вібрації двигуна, які виникають внаслідок нерівномірності пружного моменту і недостатньої зрівноваженості обертових мас, а також пом'якшення ударів, які передаються від рами на двигун при русі автомобіля.

Підвіску двигуна на рамі автомобіля здійснюють декількома способами, найбільш поширені способи показані на рисунку 1.8

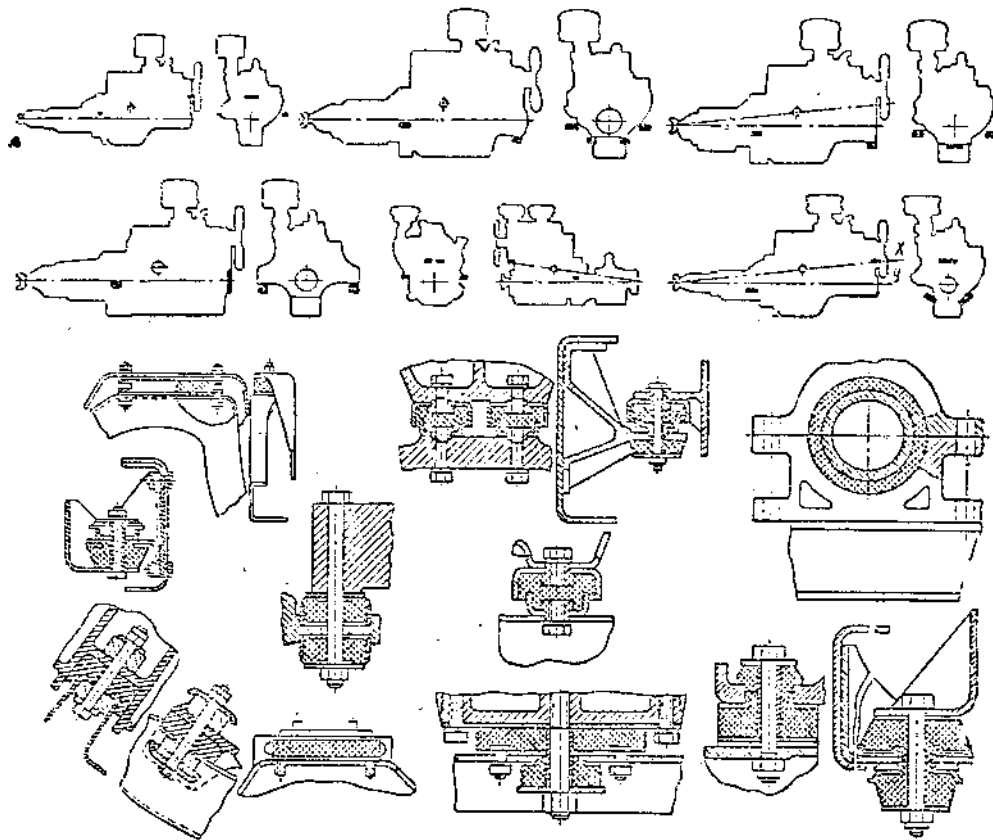


Рисунок 1.8 – Схеми підвіски двигуна і конструкцій опор.

При встановленні двигуна на жорстку раму, коли відсутній перекис рами, двигун встановлюють на чотири лапи. Дві задні лапи виготовлені разом з корпусом підвіски, а передні лапи вилиті разом із кришкою розподільних шестерень. Кріплення двигуна на зварну або клепану раму здійснюють в трьох точках. Для того, щоб перекося рами не викликали пошкодження лап, а також і зменшення ударів під лапи встановлюють гумові подушки. Підвіска двигуна в чотирьох точках використовується і на автомобілях, але при умові, що всі лапи опираються на гумові подушки [13].

Найбільші навантаження на елементи кріплення двигуна з рамою виникають при розгоні і гальмуванні, тому осьові сили, які виникають при цьому, вловлюють спеціальні тяги, які зв'язують раму з двигуном. Від якості підвіски двигуна залежить не тільки комфортабельність. Вібрації, які створюються двигуном передаються на болтові кріплення і викликають передчасну поломку деталей.

#### **1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.**

Тема кваліфікаційної роботи «Дослідження тягово-швидкісних властивостей малого вантажного автомобіля при заміні силового агрегату» є актуальною та важливою в умовах постійного розвитку автомобільної техніки та підвищення вимог до її ефективності. Вибір та оптимізація силового агрегату відіграють вирішальну роль у забезпеченні високої працездатності транспортних засобів, зокрема у сфері вантажних перевезень. Малий вантажний транспорт, як один з основних елементів логістичних та товароперевізних процесів, безпосередньо впливає на економічність і екологічність транспортування. Отже, доцільність і ефективність заміни силового агрегату потребують детального дослідження, оскільки саме ця зміна може привести до значних змін в експлуатаційних властивостях автомобіля.

У традиційній автомобільній техніці силовий агрегат є ключовим елементом, що визначає основні характеристики транспортного засобу, такі як максимальна швидкість, динаміка прискорення, витрати пального та



екологічні показники. З розвитком нових технологій, таких як електричні та гібридні системи живлення, все більше стає очевидною необхідність пошуку оптимальних рішень для малих вантажних автомобілів, що дозволяють підвищити їх експлуатаційну ефективність, знизити витрати на технічне обслуговування та паливо, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Заміна традиційного двигуна внутрішнього згорання на альтернативні силові агрегати, зокрема електричні чи гібридні, відкриває нові перспективи для розвитку малих вантажних автомобілів. Однак ця зміна потребує комплексного аналізу, оскільки вона може суттєво вплинути на тягово-швидкісні властивості автомобіля. Важливою є оцінка того, як ці зміни відображаються на параметрах прискорення, максимальній швидкості, витратах енергії або пального, а також на економічних і екологічних характеристиках.

Дослідження тягово-швидкісних властивостей після заміни силового агрегату дозволяє зрозуміти, чи зможе новий агрегат забезпечити відповідність сучасним вимогам до транспорту, що експлуатується в умовах міських або міжміських перевезень. Це дослідження не тільки допоможе оцінити технічні характеристики, але й виявити можливості для оптимізації технічних параметрів автомобіля в залежності від типу використовуваного силового агрегату [15,16]. Це, в свою чергу, дозволить прийняти обґрунтоване рішення щодо заміни силового агрегату в існуючих транспортних засобах, що може бути важливим для зниження витрат на експлуатацію і поліпшення показників ефективності.

Враховуючи значну роль малих вантажних автомобілів в економіці, а також швидке впровадження нових технологій у автомобільній промисловості, це дослідження є не тільки науково важливим, але й практично значущим. Підвищення ефективності транспортних засобів через модернізацію їх силових агрегатів дозволить знизити витрати на експлуатацію, поліпшити динамічні характеристики автомобілів, а також

зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, що відповідає вимогам сучасного розвитку транспортної інфраструктури.

Таким чином, дослідження тягово-швидкісних властивостей автомобіля при заміні силового агрегату сприятиме розвитку практичних рекомендацій щодо вибору та впровадження альтернативних силових установок для малих вантажних автомобілів, що дозволить досягти оптимального балансу між економічною ефективністю та екологічною безпекою. Визначення впливу різних типів силових агрегатів на характеристики транспортного засобу може стати основою для подальших інженерних рішень у галузі автомобільного транспорту, що, в свою чергу, сприятиме розвитку технологій з низьким рівнем викидів та покращенню екологічних показників.

## **2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ПОКАЗНИКИ МАЛО ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ПІСЛЯ ЗАМІНИ ДВИГУНА.**

### **2.1. Дані необхідні для проведення теоретичного дослідження.**

Вихідні дані для проектування та аналізу характеристик вантажного автомобіля поділяються на три основні групи: ті, що задаються, ті, що вибираються, і ті, що розраховуються. До параметрів, які задаються, належать ключові характеристики, що визначають основні властивості автомобіля відповідно до його призначення. Це, зокрема, тип транспортного засобу, його вантажопідйомність або повна маса, а також максимальна швидкість руху, яку автомобіль повинен досягати, враховуючи заданий коефіцієнт опору дороги. Визначаються тип двигуна (бензиновий або дизельний) і тип трансмісії (механічна чи гідромеханічна). Залежно від специфіки застосування можуть задаватися додаткові параметри, такі як колісна формула чи коефіцієнт запасу по зчепленню у силовому агрегаті.

До параметрів, які вибираються, належать ті, що визначаються з урахуванням умов експлуатації та аналізу подібних автомобілів. Це, наприклад, максимальний кут нахилу дороги, який транспортний засіб повинен долати, коефіцієнт опору коченню та коефіцієнт зчеплення коліс із дорожнім покриттям. Сюди ж входить власна маса автомобіля, що враховує споряджену масу та розподіл навантаження на осі у завантаженому стані. Важливе значення має площа лобової поверхні автомобіля, а також параметри, які впливають на аеродинамічний опір, такі як коефіцієнт обтічності, аеродинамічний коефіцієнт або фактор обтічності. Додатково визначаються частота обертання колінчастого вала двигуна при максимальній потужності, тип і розміри шин, а також характеристика гідромеханічної трансмісії (за її наявності). Вибір цих параметрів базується на аналізі існуючих аналогів та даних технічної літератури [17].

Розрахункові параметри формуються на основі аналізу заданих і вибраних характеристик. Вони включають максимальну потужність двигуна, яка визначає здатність автомобіля виконувати завдання в заданих умовах, максимальний крутний момент двигуна, що впливає на його тягові властивості, та робочий об'єм циліндрів двигуна. Розраховуються передаточні числа головної передачі, коробки передач і додаткової коробки передач, що забезпечують оптимальне співвідношення між потужністю двигуна, тяговими зусиллями та експлуатаційними характеристиками автомобіля.



Рисунок 2.1 – Малий вантажний автомобіль Mercedes-Benz Sprinter 313 CDI.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані після заміни двигуна.

<i>Параметри</i>	<i>Позначення</i>	<i>Значення</i>	<i>Розмірність</i>
Повна маса автомобіля	Ma	3500	кг
Маса на передню вісь	Ma1	1450	кг
Маса на задній міст	Ma2	2050	кг
Вага автомобіля	Ga	34335	Н
Зчипна вага	Gзч	24869	Н
База автомобіля	L	3	м
Колія передніх коліс	B	1,71	м
Висота автобуса	H	2,424	м
Статичний радіус колеса	Rст	0,317	м
Радіус кочення колеса	Rк	0,33	м
ККД трансмісії	$\eta_T$	0,88	—
Координати центру мас:	a	1,76	м
	b	1,24	м
	h	0,82	м
Площа лобового опору	F	4,15	м <sup>2</sup>
Максимальна потужність двигуна	Nmax	85	кВт
Максимальна частота обертання колінвалу	nmax	4000	об/хв
Крутний момент при макс обертах	Tn	170	Н*м
Максимальний крутний момент,	Tmax	250	Н*м
при частоті обертання:	nt	2400	об/хв
Передатні числа КПП:			
1-ша передача	U1	4,37	—
2-га передача	U2	2,34	—
3-тя передача	U3	1,44	—
4-та передача	U4	1	—
5-та передача	U5	0,83	—
задня передача	UR	3,73	—
Головна передача	U0	4,56	—
Коефіцієнт опору повітря	k	0,7	Нс <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>
Коефіцієнт пристосованості двигуна до зміни моменту	Kт	1,471	—
Коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою	$\phi_{зч}$	0,7	—
Коеф. опору коч при малій швидкості	f0	0,012	—

## 2.2. Розрахунок та побудова зовнішньої швидкісної характеристики автомобіля після заміни двигуна.

Для нашого дослідження, щоб довести ефективну заміну двигуна необхідно провести розрахунок декількох основних параметрів, один з них це розрахунок та побудова зовнішньої швидкісної характеристики двигуна автомобіля. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна відображає залежність ефективної потужності  $N_e$ , крутного моменту  $M_e$ , питомої витрати палива  $g_e$  та погодинної витрати палива  $G_T$  від частоти обертання  $n_e$  колінчастого вала при повному навантаженні. Для визначення залежності ефективної потужності  $N_e$  від частоти обертання  $n_e$  колінчастого вала використовується формула, запропонована С.Р. Лейдерманом:

$$N_e = N_{e_{\max}} \left[ a + b \left( \frac{n_e}{n_N} \right) - c \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^2 \right] \cdot \frac{n_e}{n_N}, \quad (2.1)$$

де  $n_N$  - частота обертання колінчастого вала двигуна при максимальній потужності  $N_{e_{\max}} = N_{\max}$ ;

$N_e$  і  $n_e$  – фактичне значення потужності та відповідно частоти обертання колінчастого вала.

Для побудови більш чіткого графіка, задаємося 14 – ма значеннями частоти обертання  $n_e$  в діапазоні від  $n_{\min}$  до  $n_{V_{\max}}$ . Мінімальну стабільну частоту обертання колінчастого вала приймаємо рівною для даного дизельного двигуна  $n_{\min} = 1000 \text{ хв}^{-1}$  та  $n_{V_{\max}} = 3700 \text{ хв}^{-1}$ .

Частота обертання колінчастого вала на максимальній швидкості  $n_{V_{\max}}$  визначається на основі обраного значення коефіцієнта швидкохідності за відповідною формулою:

$$n_{V_{\max}} = \lambda \cdot n_N \quad (2.2)$$

Значення ефективного моменту  $M_e$  двигуна визначаємо за формулою:

$$M_e = 9550 (N_e / n_e) \quad (2.3)$$

З допомогою наведених вище формул проводимо розрахунок та побудову зовнішньої швидкісної характеристики двигуна встановлено на малий вантажний автомобіль (Таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Результати обчислень.

оберти двигуна	потужність двигуна	крутний момент
$n$ , об/хв	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Нм
1000	20	191
1200	25,4	202,1
1400	31	211,5
1600	36,7	219,1
1800	42,7	226,6
2000	48,5	231,6
2200	54,2	235,3
2400	59,8	238
2600	65	238,8
2800	70	238,8
3000	74,3	236,5
3200	78,3	233,7
3400	81,5	228,9
3700	85	219,4

За отриманими результатами будемо зовнішню швидкісну характеристику двигуна встановленого на наш автомобіль.

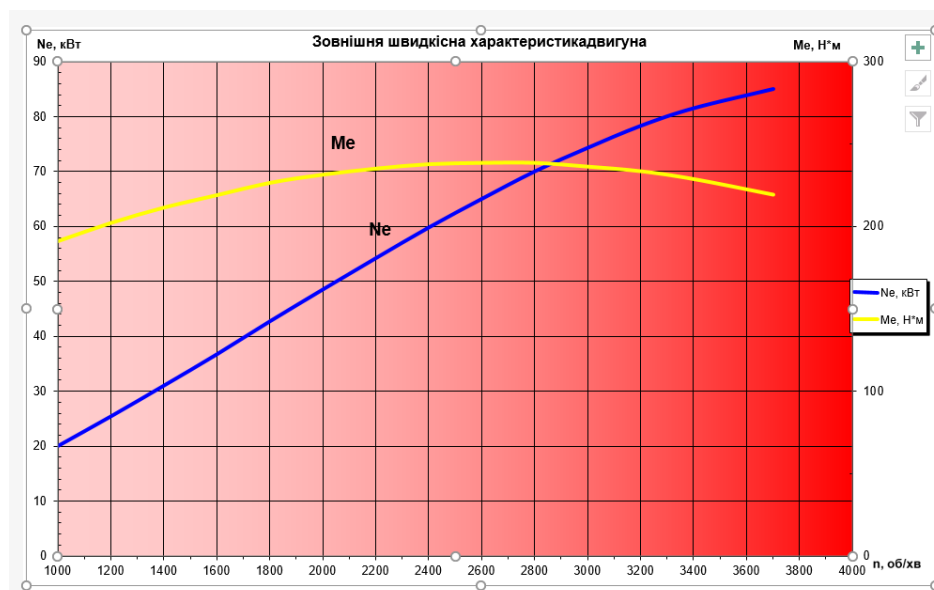


Рисунок 2.2 – Зовнішня швидкісна характеристика малого вантажного автомобіля з двигуном Andoria ADCR 2.6.

Отримані результати свідчать про те, що обраний двигун для малого вантажного автомобіля здатен забезпечити хорошу потужність та крутний момент на середніх обертах. Потужність зростає пропорційно з підвищенням обертів, досягаючи максимальних значень при 3700 об/хв. Однак для вантажного автомобіля важливим є не тільки максимальна потужність, а й здатність забезпечити стабільну тягу на середніх обертах, коли крутний момент досягає піку (238 Нм на 2400-2800 об/хв). Цей діапазон обертів є оптимальним для перевезення вантажів, оскільки дозволяє автомобілю працювати економно, підтримуючи високу тягу при менших обертах. Таким чином, двигун демонструє гарну динаміку та ефективність, що робить його підходящим для малого вантажного автомобіля, здатного здійснювати перевезення з оптимальним балансом між потужністю, крутним моментом і паливною ефективністю [18].

### 2.3. Побудова діаграми балансу потужностей.

Діаграма балансу потужностей малого вантажного автомобіля будується для аналізу розподілу потужності, що виробляється двигуном, серед основних компонентів автомобіля. Це дозволяє оцінити ефективність використання потужності, що генерується, і визначити, скільки енергії йде на подолання різних видів опорів, таких як опір руху, тертя в трансмісії, опір повітря, а також на роботу допоміжних систем. Така діаграма дає можливість покращити експлуатаційні характеристики автомобіля та оптимізувати його конструкцію для зменшення витрат палива та підвищення економічності.

До складу діаграми балансу потужностей входять залежності  $N_a(V)$ , розраховані для усіх передач автомобіля. Потужність  $N_a$  розраховується за формулою

$$N_a = N_k - N_w \quad (2.4)$$

Для визначення потужностей  $N_k$ ,  $N_w$  і швидкості  $V$  використовуються формули



Згідно з розрахунковими даними, будуються криві  $N_a(V)$  діаграми балансу потужностей.

Після побудови кривих  $N_a(V)$  необхідно вибрати кілька значень коефіцієнта  $\psi$  (стільки значень, скільки передач в коробці передач) і для кожного з цих значень розрахувати потужність  $N_\psi$ . У даному разі можна вважати, що коефіцієнт коефіцієнт  $\psi$  не залежить від швидкості автомобіля, тобто коефіцієнт  $\psi = \text{const}$ . Тоді графіки  $N_\psi(V)$  зображатимуться у вигляді прямих, які виходять з початку координат. Можна також спочатку провести промені  $N_\psi(V)$  ( вони проводяться довільно, але так, щоб їх перетин з кривими  $N_a(V)$  на передачах відбувався приблизно так, як показано, а потім обчислити значення коефіцієнтів коефіцієнт  $\psi$  для кожного з цих променів. Для цього на кожному з променів необхідно вибрати довільну точку ( наприклад, точку  $n$  на промені  $N_{\psi 4}$ ) і за її координатами  $N_{\psi n}$  та  $V_n$  обчислити

$$\psi_5 = \frac{1000N_{\psi n}}{GV_n}. \quad (2.5)$$

Аналогічно обчислюються значення  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  та ін. Одна з важливих задач, що розв'язуються за допомогою діаграми балансу потужностей, полягає у визначенні коефіцієнта використання потужності  $K_N$  при русі автомобіля із заданою швидкістю на даній передачі. Для обрахунку необхідно нанести на діаграму криві  $N_e(V)$  та  $N_k(V)$  для вищої передачі (пунктирні криві) згідно з розрахунковими даними. Далі вибирається довільна швидкість  $V_1$  і діаграма балансу потужностей при цій швидкості перетинається вертикальною лінією з виділенням відрізків  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ . Коефіцієнт використання потужності

$$K_N = \frac{a+b+d}{a+b+c+d} 100\% \quad (2.6)$$

Відрізок "a" характеризує втрати потужності в трансмісії; відрізок "b" – втрати потужності на подолання опору повітря; відрізок "c" – це запас потужності, який може бути використаний для розгону автомобіля, або для

подолання підвищеного опору руху; відрізок "d" характеризує втрати потужності на подолання сумарного опору дороги. Чим вищий коефіцієнт  $K_N$ , тим краща паливна економічність автомобіля.

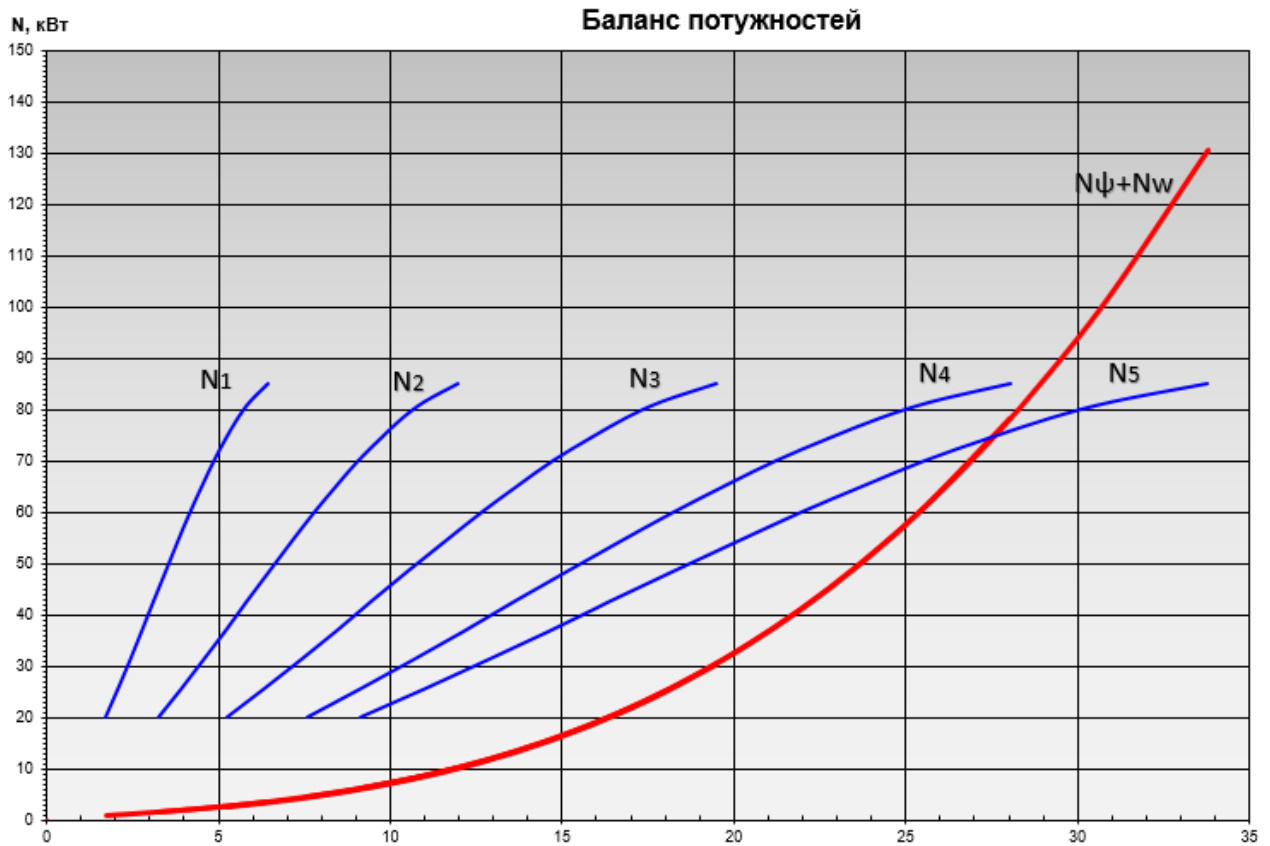


Рисунок 2.3 – Діаграми балансу потужностей.

#### 2.4 Розрахунок параметрів динамічності мало вантажного автомобіля при нерівномірному русі.

Динамічні характеристики автомобіля під час нерівномірного руху, такі як прискорення, сповільнення, час для досягнення заданого діапазону швидкостей та шлях, пройдений за цей час, мають важливе значення для оцінки його розгінних і гальмівних властивостей. Вони безпосередньо впливають на експлуатаційну ефективність, безпеку руху та комфорт водія і пасажирів. Нерівномірний рух може бути прискореним, коли швидкість автомобіля зростає, або сповільненим, коли відбувається зниження швидкості.

Прискорення автомобіля залежить від його маси, потужності двигуна, передаточних чисел трансмісії та зовнішніх умов, таких як стан дорожнього покриття і зчеплення шин з дорогою. При використанні низьких передач розгін є більш інтенсивним, однак з підвищенням передачі динаміка змінюється через збільшення опору руху та зниження передаточного числа.

Гальмівні характеристики автомобіля визначаються ефективністю його гальмівної системи, яка включає в себе робочі та аварійні гальма. При гальмуванні важливими є сили тертя між шинами і дорогою, гальмівний момент, створюваний гальмівними механізмами, а також вплив допоміжних систем, таких як ретардери або моторне гальмування.

Прискорення та сповільнення автомобіля розраховуються за формулами, що враховують параметри двигуна, трансмісії, маси автомобіля та сили опору руху, зокрема аеродинамічний опір, опір коченню і підйомну силу, коли рух відбувається вгору. Усі ці фактори визначають можливості автомобіля для забезпечення ефективного розгону і гальмування, що критично важливо для безпеки і комфорту на дорозі. Величини прискорень, що розвиваються автомобілем на різних передачах, визначають за формулою:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta} \cdot g, \text{ м/с}^2 \quad (2.7)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт опору дороги для заданої швидкості автобуса, який для заданої швидкості можна визначати за формулою:

$$f_k = f_0 \left( 1 + \frac{V_{\max}^2}{2 \cdot 10^4} \right); \quad f_0 = 0,012 \dots 0,018; \quad \psi = f_k + i; \quad \text{при } i=0 \quad \psi = f_k \text{ і } \psi_0 = f_0;$$

$$\psi = \psi_0 \left( 1 + \frac{V_{\max}^2}{2 \cdot 10^4} \right) \quad (2.8)$$

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує інерцію обертових мас, який визначають за емпіричною формулою:

$$\delta = 1,04 + 0,04I_k^2 \quad (2.9)$$

Орієнтовні значення максимальних прискорень ( $u \text{ м/с}^2$ ) при розгоні автомобіля з максимальною інтенсивністю складають: для легкових автомобілів  $-2,0 \dots 2,5$  на першій і  $0,8 \dots 1,2$  – на вищій передачах; для вантажних автомобілів відповідно  $-1,7 \dots 2,0$  і  $0,25 \dots 0,5$ ; для автобусів  $-1,8 \dots 2,3$  і  $0,4 \dots 0,8$ .

Найчастіше прискорення визначають для руху автомобіля по дорозі з коефіцієнтом опору  $\psi = 0,02 \dots 0,04$ .

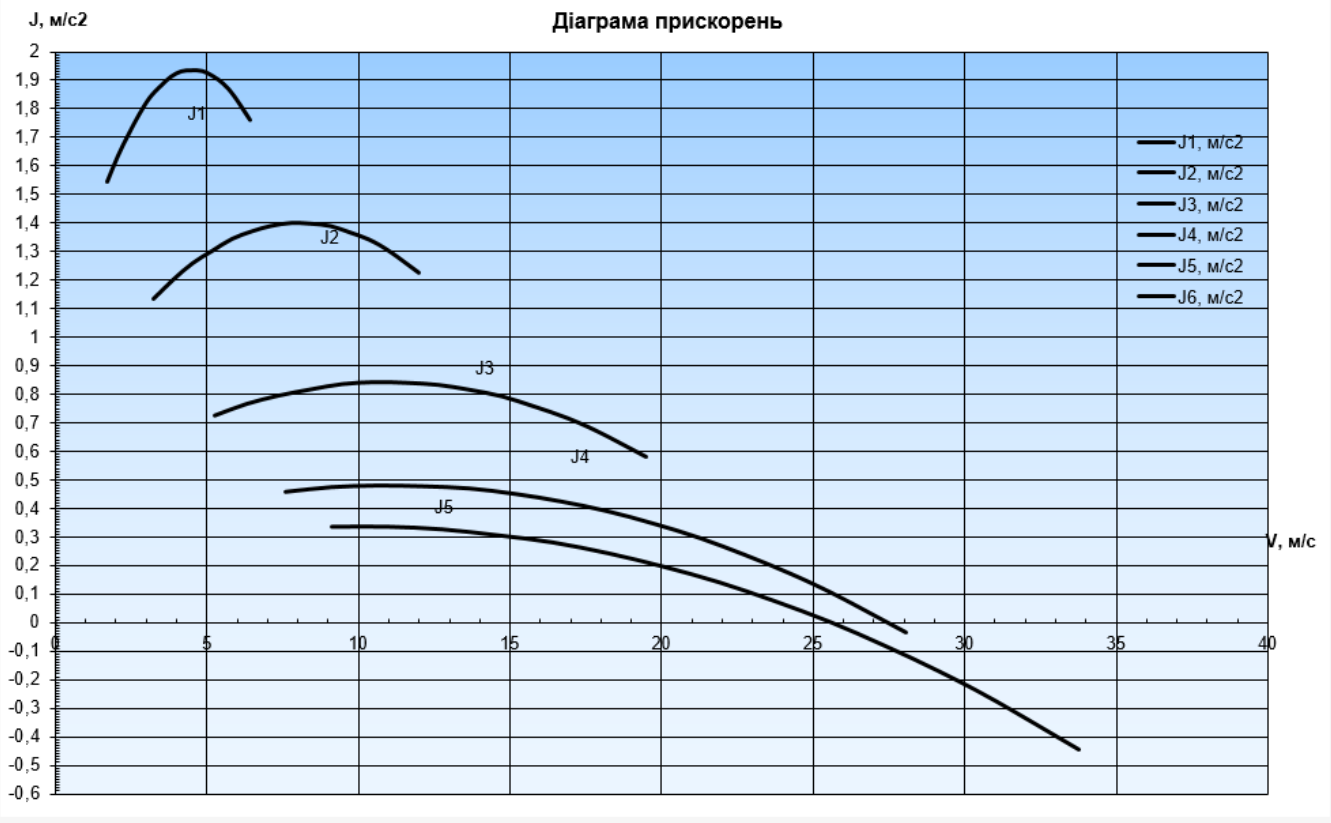


Рисунок 2.4 – Діаграма прискорень малого вантажного автомобіля з двигуном Andoria ADCR 2.6.

Для визначення прискорень скористаємось формулою:

$$j = d_v / d_t = 9,81 \cdot (D - 0,04) / (1 + \sigma_1 \cdot I_k^2 + \sigma_2), \text{ м/с}^2. \quad (2.10)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці (Таблиця 2.3).

Відповідно до результатів в таблиці будуюмо графіки, представлені на Рисунках 2.4. Для швидкостей  $V < 30$  км/год втрати на опір дороги від швидкості автомобіля можна не враховувати.

Значення величин обчислюють для кожної з передач для певної кількості значень кутової швидкості із швидкісного діапазону двигуна. За результатами розрахунків будують графік прискорень (Рисунок 2.6) автомобіля.

Час  $t_p$  та шлях  $S_p$  розгону автобуса визначають графоаналітичним методом. Для цього криві прискорень розбивають на інтервали і приймають, що в кожному інтервалі зміна швидкості автобуса відбувається з постійним прискоренням  $j_{cp}$ , величину якого визначають за формулою:

$$j_{cp} = 0,5 (j_p + j_k), \quad (2.11)$$

де  $j_p$  і  $j_k$  – показник прискорення на початку і в кінці інтервалу переміни швидкостей.

Для більшої точності розрахунку інтервали швидкості  $\Delta V$  беремо рівними 2 ... 3 км/год. на 1-й передачі, 5 ... 10 км/год. на проміжних передачах і 10...15 км/год. – на вищій передачі.

Отримавши величину середнього прискорення  $j_{cp}$  знаходимо час розгону  $t_p$  автомобіля при зміні швидкості руху від  $V_p$  до  $V_k$ :

$$|\Delta t_i| = \frac{V_k - V_p}{3,6 j_{cp}} = \frac{\Delta V_i}{3,6 j_{cp}} \quad (2.12)$$

де  $V_k$  і  $V_p$  – швидкість в кінці та на початку інтервалу зміни швидкості.

У даному випадку, загальний час розгону від мінімально постійної швидкості  $V_{min}$  до кінцевої швидкості  $V_{max}$  буде обчислюватись за формулою:

$$t_p = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n. \quad (2.13)$$

По значеннях  $t_p$ , які обчислюються для усіх швидкостей, будують діаграму часу розгону, початок з  $V_{\min}$ , для якої  $t = 0$ .

Для швидкості  $V_1$  відкладають значення  $\Delta t_1$ , для швидкості  $V_2$  – значення  $(\Delta t_1 + \Delta t_2)$  і так далі.

Для визначення показників динамічності автомобіля при розгоні з максимальною інтенсивністю в розрахунки вводять максимально можливі дані для швидкості прискорення. Якщо на графіку криві прискорень сусідніх передач перетинаються, то для розрахунку слід брати прискорення ділянок кривих, що знаходяться праворуч від точок перетину. Якщо ж криві прискорень не перетинаються, то їх розрахунковими ділянками для всіх передач (окрім першої) є праві гілки, що відсікаються вертикалями, проведеними через праві кінці, розташованих вище кривих

При розрахунку шляху розгону  $S_p$  приблизно вважають, що в кожному інтервалі зміни швидкості автомобіль рухається рівномірно з середньою швидкістю:

$$V_{\text{ср}i} = \frac{V_n + V_k}{2} \quad (2.14)$$

При цьому припущенні приріст  $\Delta S_i$  шляху розгону в інтервалі швидкостей від  $V_n$  до  $V_k$  визначають за формулою:

$$\Delta S_i = \frac{V_{\text{ср}} \cdot \Delta t_i}{3,6} = \frac{V_{\text{ср}} \cdot \Delta V_i}{13j_{\text{ср}}}, \text{м} \quad (2.15)$$

Тоді, загальний шлях розгону  $S_p$  від мінімально стійкої  $V_{\min}$  до кінцевої  $V_{\max}$  швидкості буде дорівнювати:

$$S_p = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n. \quad (2.16)$$

Залежність шляху розгону від швидкості будують для тих же інтервалів зміни швидкості, що і криву часу розгону і в тій же послідовності.

У графі 8 і 11 заносять сумарні значення часу і шляху, рахуючи від початкової швидкості. При початковій швидкості  $V_{\min}$  час і шлях розгону дорівнюють нулю, тому криві  $t_p$  і  $S_p$  беруть початок не з початку координат.

Отримана діаграма демонструє поведінку прискорення малого вантажного автомобіля на різних швидкостях, що дозволяє оцінити його динамічні характеристики. Виходячи з даних, видно, що на низьких швидкостях (до 10 м/с) автомобіль має високе прискорення. Це говорить про хороші стартові можливості, що є місцями важливим для вантажного транспорту, особливо в міських умовах.

На нижчих передачах забезпечується максимальне прискорення, але з ростом швидкості двигун переходить на більш економічний режим, що проявляється в зниженні прискорення.

На середніх швидкостях (10-20 м/с) можливі поступові зниження прискорення. Це пояснюється зростаючим аеродинамічним опором, внутрішніми втратами в двигуні та трансмісії, а також можливою недостатністю тяги для забезпечення більшого прискорення.

На високих швидкостях (понад 20 м/с) значення прискорення стає близьким до нуля або навіть негативним (уповільнення). Це говорить про те, що вантажний автомобіль досягає своїх динамічних обмежень, коли потужність двигуна використовується головним чином для зниження опори повітря, а не для подальшого розгону. Негативні значення прискорення можуть також свідчити про необхідність застосування гальмування чи обмеження через конструктивні особливості.

Загалом така поведінка характерна для малих вантажних автомобілів, які розраховані на перевезення вантажів в умовах обмеженої потужності двигуна. Це відбувається з огляду на економічність у сукупності з достатньою динамікою на низьких та середніх швидкостях. Важливо враховувати ці характеристики під час вибору маршруту або визначення режиму роботи автомобіля, щоб забезпечити максимальну ефективність і мінімальні затрати [12].

### **3. МЕТОДИКИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ДОРОЖНІХ ВИПРОБУВАНЬ**

#### **3.1. Методика експериментального дослідження тягово-швидкісної характеристики малого вантажного автомобіля за допомогою динамометричного стенду.**

Методика експериментального дослідження тягово-швидкісної характеристики вантажного автомобіля за допомогою динамометричного стенду забезпечує низку етапів, спрямованих на отримання точних даних про робочі параметри автомобіля в різних режимах роботи. Спочатку проводиться підготовка автомобіля та динамометричного стенду до тестування. Це включає перевірку технічного стану транспортного значення, правильне кріплення його на стенді, а також калібрування обладнання для вимірювання.

Після підготовки задається експериментальна програма, яка визначає параметри швидкості, рівні навантаження та режими роботи двигуна. У дослідженні автомобільного процесу приводиться в рух на стенді, який імітує різні умови експлуатації, такі як підйоми, рівнинний рух або гальмування. На кожному етапі знімаються дані про тягове зусилля, швидкість, оберти двигуна, витрати пального та інші параметри, що характеризують роботу силової установки та трансмісії [19,20].

Отримані результати фіксуються за допомогою датчиків і реєструючих приладів динамометричного стенду. Паралельно контроль за температурними режимами і станом основних агрегатів автомобіля. Після завершення серії вимірювань дані аналізуються, порівнюються з теоретичними характеристиками або нормативними значеннями та обробляються для побудови графіків тягово-швидкісно.

Особливу увагу приділяють повторюваності експерименту, що досягається за кілька циклів випробувань у тих самих умовах. На завершальному етапі методики проводиться аналіз отриманих характеристик,



виявлення відхилень, а також розробка рекомендацій для покращення функціонування властивостей автомобіля або налаш.



Рисунок 3.1 – Динамометричний стенд.

Стендові випробування – це у лабораторних умовах випробування здійснюються за допомогою спеціалізованого обладнання, такого як динамометричні стенди, які дозволяють вимірювати потужність, крутний момент і частоту обертів колінчастого вала двигуна. Двигун тестується при зміні частоти обертів у межах від мінімальної до максимальної, причому фіксуються параметри витрати палива, температурного режиму, тисків у системах змащення та охолодження, а також рівня токсичності вихлопних газів. Дані реєструються за допомогою комп'ютерних систем збору і обробки інформації.

Цей стенд дозволяє вимірювати крутний момент і потужність транспортних засобів. Стенд оснащений двома потужними ретардерами, кожен осей можна навантажувати протягом деякого часу приблизно на 1300 к.с. Завдяки функції синхронізації можливо запобігти проблемам з

чутливими системами ESP/Traction Control на сучасних повнопривідних автомобілях. приямом, що забезпечує безпеку, простоту використання та спрощує встановлення дуже низьких автомобілів на стенд. Тому зробили канал під стендом, щоб забезпечити доступ під автомобіль, коли він вже закріплений. Також у приміщенні, де знаходиться стенд і проводяться роботи повинен бути обладнаний системою вентиляції приміщення та системою шумоізоляції. Весь простір вентилюється через великі вентиляційні отвори, половина з яких використовується для свіжого повітря, інша половина для виходу вихлопу з приміщення. Для забезпечення необхідного повітряного потоку використовують вентилятори загальною продуктивністю до 58000 м<sup>3</sup>/год.

Динамометричні стенди, які вимірюють потужність інерційно, мають великий і важкий ролик. На ролику встановлений індуктивний датчик швидкості. Електроніка підключена до автомобіля, щоб знати, які оберти двигуна. Динамометричний стенд вимірює, скільки часу потрібно машині, щоб розігнати важкий каток вагою 1 тонну та до якої швидкості. Іншими словами, ми вимірюємо, яка сила потрібна, щоб розігнати 1 тонну до певної швидкості.

Характеристики автомобіля, який нас цікавить, це крутний момент і потужність автомобіля. Визначення крутного моменту таке:

$M = Fd$  Момент дорівнює прикладеній силі, помноженій на довжину плеча до точки прикладання

$M$  – це крутний момент вимірюється в Нм –

$F$  – це сила вимірюється в Н.

$d$  - довжина плеча до точки прикладання сили.

Вимірюючи силу, прикладену до динамометричного стенду, ми також можемо визначити крутний момент, який чинить автобус на стенд. Ці вимірювання та розрахунки виконує сам стенд.

Потужність автомобіля залежить від крутного моменту двигуна та обертів.

$P=2\pi Mn$  Потужність дорівнює моменту, помноженому на оберти і  
2P

P - це потужність автомобіля і вимірюється в кВт

M - це крутний момент автомобіля в Нм

n - оберти двигуна.

При інерційному типі вимірювання отримують надзвичайно точні результати з чудовою повторюваністю. А хороша повторюваність статистично означає низьку ймовірність помилки.

### **3.2. Опис методики дослідження параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна та динаміки розгону шляхом проведення дорожніх випробувань.**

Методика для дорожніх випробувань зовнішньої швидкісної характеристики двигуна автомобіля полягає в комплексному аналізі роботи двигуна під час руху транспортного засобу в умовах, максимально наближених до реальної експлуатації. Цей метод дозволяє отримати точні дані про ефективність роботи двигуна, його паливну економічність, рівень викидів та надійність при різних режимах навантаження і швидкості.

Процес починається з підготовчого етапу. На цьому етапі здійснюється технічна перевірка стану транспортного засобу, зокрема двигуна, трансмісії та інших вузлів, для забезпечення коректності результатів. Після цього проводиться монтаж вимірювальних приладів та обладнання. На двигун встановлюються датчики, які забезпечують збір даних про його параметри. До основних датчиків належать:

**Датчики тиску** для контролю стану систем змащення та охолодження призначені для вимірювання та моніторингу рівнів тиску робочого середовища в системах, що забезпечують змащення та охолодження механізмів і обладнання. Вони забезпечують функцію безперервного контролю параметрів, що дозволяє фіксувати реальну ситуацію в певний період часу.



Рисунок 3.2 – Датчик тиску РК5523.

**Витратомір**, який вимірює витрату палива в різних режимах роботи двигуна, призначений для визначення кількості палива, що подається до двигуна в реальному часі. Його використання дозволяє виконати точний контроль витрат палива, оцінити ефективність роботи двигуна, аналізувати режими навантаження та забезпечити відповідність технічним вимогам і стандартам енергоспоживання.



Рисунок 3.3 – Витратомір палива FLOW METER DFM 250CK.

**Датчик частоти обертів колінчастого вала**, що дозволяє фіксувати зміну частоти обертів у реальному часі що забезпечує можливість точної діагностики та керування роботою двигуна. Він фіксує частоту зміни обертів, передаючи відповідні сигнали до системи фіксації даних.



Рисунок 3.4 – Датчик частоти обертів колінчастого вала.

**Датчик температури** для вимірювання температури масла, охолоджувальної рідини, та вихлопних газів, забезпечує контроль теплових параметрів різних систем двигуна з метою їх запису. Він контролює температурні показники в реальному часі, передаючи дані обладнанню для фіксації та обробки.



Рисунок 3.5 – Датчик температури Sensit TG 1-20.

**Газоаналізатори**, що реєструють рівень токсичних викидів, таких як CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH.

У процесі тестування на автомобільних установках використовується телеметрична система для запису та передачі даних у реальному часі. Для визначення швидкості руху та відстеження траєкторії використовують GPS-трекери, а для оцінки вібраційних та акустичних характеристик застосовуються віброметри та шумоміри. Випробування проводиться на спеціально підготовлених ділянках доріг, що включають рівні відрізки, підйоми, спуски, а також різні типи дорожнього покриття, такі як асфальт, бетон і гравій, що дозволяють імітувати реальні умови використання транспортного впливу. Під час тестування охоплюються всі режими роботи двигуна, від холостого ходу до максимальної потужності. Варіація положення дросельної заслінки дозволяє вивчити характеристики двигуна за різними значеннями часу. Збір даних здійснюється безперервно під час руху, і такі параметри, як потужність, крутний момент, частота обертів, витрата палива, температура та рівень викидів, записуються та зберігаються для подальшого аналізу.

Для обробки отриманих даних використовують спеціалізовані комп'ютерні системи, здатні обробляти великий обсяг інформації в реальному часі. Телеметричні системи забезпечують синхронізацію даних, що дозволяє одночасно вимірювати швидкість автомобіля, стан дорожнього покриття та профіль маршруту, що сприяє більшій точній оцінці роботи транспортного засобу. Отримані результати піддаються детальному аналізу, в ході якого будуються графічні залежності основних параметрів роботи двигуна від частоти обертів колінчастого вала. До таких параметрів належать потужність, крутний момент, питома витрата палива, рівень токсичності вихлопних газів та температурні режими. Аналіз цих графіків дає можливість налаштувати оптимальні режими роботи його двигуна та оцінити відповідність технічним вимогам та екологічним стандартам. Окремо оцінка роботи двигуна при русі по нерівностях доріг, підйомів і спусків, що дозволяє визначити його надійність і ефективність у складних експлуатаційних умовах. У разі виявлення відхилень від нормативних

значень розробляються рекомендації щодо вдосконалення або налаштування параметрів двигуна для досягнення більшої висоти.

Методика випробувань також передбачає проведення повторних тестів для підтвердження стабільності отриманих даних або після внесення змін до конструкції двигуна. За результатами випробувань складається технічний звіт, який містить усі характеристики двигуна, умови проведення тестів і висновки щодо працездатності транспортного завдання. Такий підхід дозволяє забезпечити точність отриманих результатів і здійснити комплексну оцінку роботи двигуна.

### **3.3 Обладнання для дослідження тягово-швидкісної характеристики малого вантажного автомобіля**

Також одним з варіантів є застосування автосканера типу ELM327 v1.5 OBD2 Bluetooth це діагностичний автомобільний сканер. Автосканер на базі контролера ELM327 v1.5 є сучасним і універсальним пристроєм для діагностики автомобілів. Цей адаптер призначений для зчитування інформації з електронного блоку керування транспортного засобу та допомагає виявляти і вирішувати незначні несправності в системі автомобіля. Компактний та зручний у використанні, він працює через Bluetooth-з'єднання, що дозволяє підключатися до смартфонів, планшетів чи ноутбуків. Завдяки підтримці всіх протоколів OBD-II цей автосканер сумісний із широким спектром транспортних засобів, зокрема автомобілів, виготовлених після 1996 року.

Особливістю пристрою є його здатність зчитувати діагностичні коди помилок, як стандартні, так і специфічні для виробників. У базі даних пристрою міститься понад 3000 кодів, що дозволяє користувачеві швидко зрозуміти характер проблеми та знайти її рішення. Окрім цього, сканер може відображати реальні показники роботи автомобіля в режимі реального часу, такі як швидкість, оберти двигуна, витрата палива, температура охолоджувальної рідини та інші параметри.

Пристрій підключається до стандартного діагностичного роз'єму автомобіля, який зазвичай розташований у зоні під панеллю приладів. Його простота та зручність у використанні роблять ELM327 V1.5 незамінним інструментом для автовласників, які бажають самостійно проводити діагностику свого автомобіля. Завдяки сумісності з великою кількістю спеціалізованих діагностичних програм цей адаптер підходить як для професіоналів, так і для любителів, надаючи доступ до розширеного функціоналу, що включає скидання помилок, моніторинг стану датчиків та аналіз історії несправностей.

Зв'язок діагностичного адаптера з комп'ютером автомобіля відбувається за протоколом OBD-II (On Board Diagnostic), але в інтернеті його найчастіше можна зустріти під назвою OBD2. Для того щоб працювати з автосканером ELM327 вам знадобиться пристрій для читання з встановленим діагностичним програмним забезпеченням. Таким пристроєм може бути смартфон або планшет на системі Android, ноутбук, або стаціонарний комп'ютер.



Рисунок 3.6 – Автосканер ELM327.

Програму можна завантажити з Play Маркета. Одним із найпопулярніших безкоштовних додатків є «Torque (Lite)» або «Car Scanner»





Рисунок 3.7 – Інтерфейс програми Car Scanner.

Підтримувані протоколи: ISO15765-4, ISO14230-4, ISO9141-2, J1850, J1850 PWM, SAE J1850 PWM (41.6 kbaud), SAE J1850 VPW (10.4 kbaud), ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 kbaud), ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 kbaud), ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 kbaud), ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 500 kbaud), ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 500 kbaud), ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 250 kbaud), ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 250 kbaud), ISO 9141, KWP2000, SAE J1850, CAN-шина.

Для роботи з автосканером ELM327 необхідно підключити пристрій до діагностичного роз'єму OBD-II автомобіля. Після підключення необхідно вимкнути запалення або запустити двигун для активації електронних систем автомобіля. Слід встановити з'єднання між автосканером і зовнішнім пристроєм, таким як смартфон, або планшет, використовуючи відповідний інтерфейс підключення: Bluetooth, Wi-Fi або USB. На підключеному пристрої необхідно запустити сумісне діагностичне програмне забезпечення або додаток. У програмі вибирається параметр для зчитування даних, після чого автосканер передає інформацію про стан системи автомобіля, зокрема коди помилок, параметри роботи двигуна та інші дані. Для скидання кодів помилок слід слідувати відповідній функції в програмному забезпеченні. Після завершення роботи сканер можна від'єднати від роз'єму OBD-II.

## **4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **4.1 Результати досліджень параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна Andoria ADCR 2.6..**

Дослідження параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна малого вантажного автомобіля Mercedes-Benz Sprinter 308 CDI з двигуном Andoria ADCR 2.6., зокрема роботи двигуна, проводилося з використанням сучасних діагностичних інструментів, таких як ELM327 та мобільний додаток Car Scanner.

Процес дослідження параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна малої вантажівки за допомогою автосканера ELM327 та додатку Car Scanner розпочато з підготовчої частини, яка включає підключення автосканера до порту OBDII автомобіля. OBDII (On-Board Diagnostics II) є стандартним інтерфейсом, за допомогою якого можна отримати доступ до даних електронних систем автомобіля, зокрема двигуна. Порт зазвичай розташований під панеллю приладів або в іншому доступному місці, традиційно у салоні автомобіля.

Після підключення сканера ELM327 до OBDII порту, наступним кроком є з'єднання пристрою з додатком Car Scanner, який встановлений на мобільному телефоні або планшеті. Для цього потрібно активувати Bluetooth або Wi-Fi (залежно від моделі сканера), а потім з'єднати сканер з додатком. Після успішного підключення програма автоматично починає отримувати інформацію з електронного блоку управління (ECU) автомобіля, який відповідає за управління роботою двигуна, трансмісії та інших критичних систем.

Наступним етапом є налаштування параметрів моніторингу в додатку Car Scanner. За допомогою цієї добавки можна вибрати різні показники, які відображаються в реальному часі, такі як оберти двигуна (RPM), споживана потужність, температура охолоджуючої рідини, навантаження на двигун,

витрати пального та інші важливі дані, які впливають на роботу двигуна. Для дослідження зовнішньої швидкісної характеристики також важливо контролювати показники роботи трансмісії, а саме зміни в обертах двигуна при зміні швидкості або при різних режимах роботи.

Під час руху автомобіля ці показники записуються, що дає змогу оцінити, як двигун поводить себе в різних умовах. Наприклад, можна записати дані під час різкого старту з місця, під час прискорення, а також при постійній швидкості на рівному покритті дороги. Це дозволяє провести порівняння роботи двигуна при різних навантаженнях та швидкостях. Також важливо звертати увагу на так звані піки або збої в роботі двигуна, які можуть вказувати на технічні проблеми або необхідність обслуговування.



Рисунок 4.1 – Малий вантажний автомобіль Mercedes-Benz Sprinter 313 CDI.

Щоб отримати більш точні результати, можна записувати дані протягом кількох сесій тестування. Це дозволяє побачити, як змінюються показники в залежності від різних умов, наприклад, від зміни температури навколишнього середовища або стану дороги. Порівняння цих даних допомагає не тільки оцінити швидкісну характеристику двигуна, але й виявити можливі аномалії або проблеми в системах автомобіля, які впливають на його ефективність та економічність.

Після збору необхідних даних можна здійснити їх аналіз і порівняння з іншими показниками, такими як інформація з тахометра або спідометра, щоб перевірити точність даних. Якщо з'являються будь-які відхилення або незвичайні показники, це може сигналізувати про необхідність технічного обслуговування або перевірки автомобіля. Крім того, за допомогою Car Scanner можна отримати додаткову інформацію про помилки в системах автомобіля, що може допомогти у виявленні причин можливих проблем з двигуном або іншими частинами машини.

Загалом, використання автосканера ELM327 і додатку Car Scanner для дослідження параметрів двигуна дозволяє отримати важливу та точну інформацію для оцінки роботи двигуна, його швидкісних характеристик та ефективності. Це дає можливість не тільки здійснювати діагностику та перевірку автомобіля, але й оптимізувати його експлуатацію, запобігаючи можливим поломкам і знижуючи витрати на ремонт.

Під час проведення дослідження здійснювався моніторинг параметрів роботи двигуна, серед яких оберти двигуна, крутний момент, швидкість руху, споживання палива, температура охолоджувальної рідини, навантаження на двигун та активність компресора кондиціонера. Спочатку вимірювання проводилися за умови роботи двигуна без увімкненого кондиціонера, що дозволило зафіксувати базові показники швидкісної характеристики. Потім ті самі тести повторювалися з увімкненим кондиціонером, який створював додаткове навантаження на двигун [16,17].

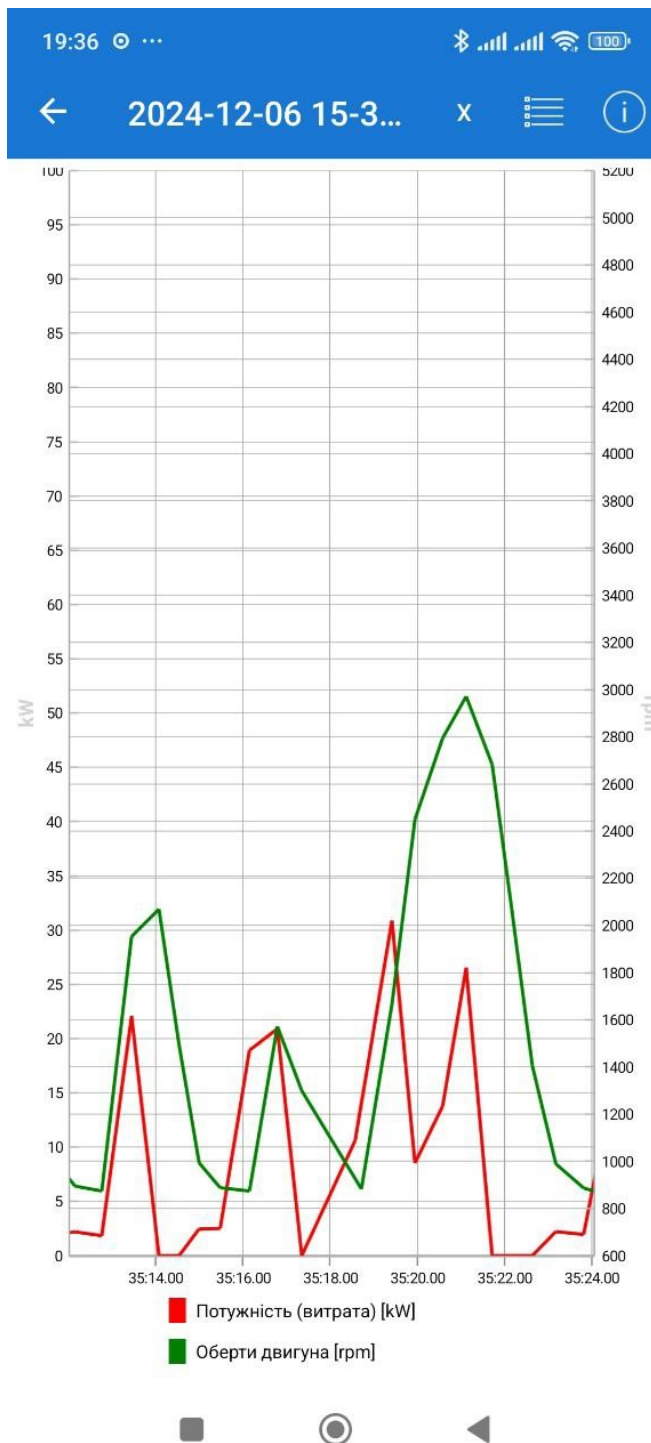


Рисунок 4.2 – Вигляд отриманих результатів випробувань при замірі потужності.

Для забезпечення достовірності результатів дослідження всі вимірювання виконувалися в однакових умовах, включно з рівним дорожнім покриттям, стабільною температурою навколишнього середовища та однаковими режимами роботи двигуна. Усі дані записувалися в реальному

часі, що дало можливість згодом проаналізувати характеристики двигуна. Отримані результати були опрацьовані та сформовані у таблицю 4.1

Таблиця 4.1 – Результати замірів потужність двигуна.

оберти двигуна	потужність двигуна
n, об/хв	Ne, кВт
1000	19.4
1200	24.64
1400	30.07
1600	35.6
1800	41.42
2000	47.05
2200	52.57
2400	58.01
2600	63.05
2800	67.9
3000	72.07
3200	75.95
3400	79.05
3700	82.4

Під час аналізу було порівняно основні параметри, такі як зміна крутного моменту та зменшення потужності двигуна.

З допомогою існуючого обладнання змінивши налаштування програмного забезпечення провели заміри параметрів крутного моменту для автомобіля. Отримані результати як і при попередньому експерименті занесли в таблицю (Таблиця 4.2.).

Послідовність експерименту у цьому випадку як і у попередньому полягала у наступних діях: це запуск двигуна автомобіля та підвищення обертів двигуна в діапазоні, від 1000 до 3700 об/хв. Для кожних заданих обертів двигуна (n), записуємо показники крутного моменту (Me), які висвітлюються у встановленому додатку на смартфоні.

Таблиця 4.2 – Результати замірів крутного моменту.

оберти двигуна	крутний момент
n, об/хв	Me, Нм
1000	185.27
1200	195.04
1400	205.16
1600	212.53
1800	219.80
2000	224.65
2200	228.24
2400	231.86
2600	232.64
2800	232.64
3000	229.41
3200	226.69
3400	222.03
3700	212.82

На основі отриманих даних рисуємо зовнішню швидкісну характеристику двигуна.



Рисунок 4.3 – Графік зміни крутного моменту при роботі з кондиціонером та без кондиціонера.

Дані зовнішньої швидкісної характеристики двигуна малого вантажного автомобіля свідчать про його стабільну та ефективну роботу в середньому діапазоні обертів. Максимальний крутний момент, що досягає свого піку в межах 2600–2800 об/хв, є важливим показником, який вказує на найбільшу тягову здатність двигуна в цьому режимі. Саме в цьому діапазоні двигун працює найбільш продуктивно, забезпечуючи хорошу динаміку автомобіля при помірному споживанні пального. Після досягнення піку крутний момент поступово знижується, що характерно для більшості двигунів внутрішнього згоряння.

Потужність двигуна, навпаки, зростає зі збільшенням обертів і досягає свого максимуму на рівні 82.4 кВт при 3700 об/хв. Такий показник свідчить про те, що двигун здатний забезпечити високі швидкісні характеристики та впевнене прискорення в умовах навантаження. Однак після цього значення можна очікувати зниження потужності, що зазвичай пояснюється обмеженнями системи впуску, випуску або зменшенням ефективності згоряння пального на високих обертах.

Аналізуючи ці дані, можна зробити висновок, що двигун найкраще працює в діапазоні 2000–3000 об/хв, де потужність і крутний момент забезпечують оптимальне співвідношення економічності, динаміки та тягових характеристик. Це свідчить про те, що саме цей режим є найбільш придатним для експлуатації автомобіля в реальних дорожніх умовах, особливо під час перевезення вантажів. Зменшення крутного моменту на високих обертах вказує на те, що тривала робота двигуна на таких режимах може бути менш ефективною та підвищувати витрати пального.

#### **4.2. Результати дорожніх досліджень прискорень малого вантажного автомобіля.**

Результати дорожніх досліджень прискорень малого вантажного автомобіля мають значну практичну та теоретичну цінність для аналізу і вдосконалення транспортних засобів. Прискорення є однією з ключових



динамічних характеристик автомобіля, яка впливає на його експлуатаційні властивості, зокрема на час виконання маневрів, безпеку руху та загальну ефективність. Тестування у реальних дорожніх умовах дозволяє врахувати численні змінні, такі як якість дорожнього покриття, нахил дороги, погодні умови та стан шин.

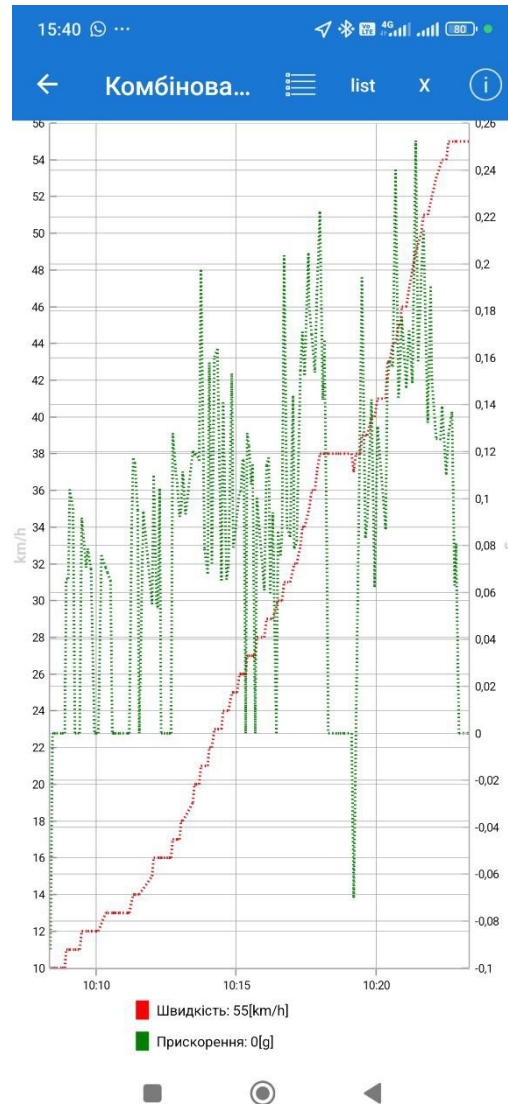


Рисунок 4.4 – Вигляд отриманих результатів випробувань при замірі параметрів прискорення.

У ході таких досліджень автомобіль зазвичай випробовують на різних швидкісних режимах, визначаючи час, необхідний для досягнення певної швидкості. Це включає вимірювання прискорень від стану спокою до встановленої швидкості (наприклад, 0-50 км/год або 0-100 км/год), а також

прискорення у русі, наприклад, при збільшенні швидкості з 40 до 80 км/год. Результати показують, наскільки ефективно працюють двигун, трансмісія та інші системи автомобіля, зокрема, у випадках перевантаження.

Таблиця 4.3 – Результати замірів прискорення

прискорення автомобіля				
<b>J1</b>	<b>J2</b>	<b>J3</b>	<b>J4</b>	<b>J5</b>
1,496	1,095	0,700	0,441	0,323
1,583	1,161	0,739	0,456	0,322
1,657	1,218	0,767	0,461	0,312
1,723	1,261	0,787	0,457	0,290
1,780	1,302	0,805	0,449	0,265
1,819	1,328	0,811	0,429	0,226
1,852	1,347	0,809	0,403	0,179
1,870	1,356	0,801	0,368	0,124
1,872	1,352	0,782	0,325	0,058
1,871	1,345	0,760	0,275	-0,014
1,854	1,322	0,725	0,215	-0,099
1,827	1,297	0,686	0,149	-0,190
1,786	1,257	0,638	0,074	-0,291
1,705	1,182	0,551	-0,054	-0,460

Особливу увагу приділяють впливу маси вантажу на динамічні властивості. Для малих вантажних автомобілів, які часто використовуються у міських умовах для перевезення невеликих вантажів, ця характеристика є критичною. Навантажений автомобіль має інші динамічні показники, що може вплинути на безпеку руху, особливо під час обгонів, руху під нахилом або екстреного гальмування.

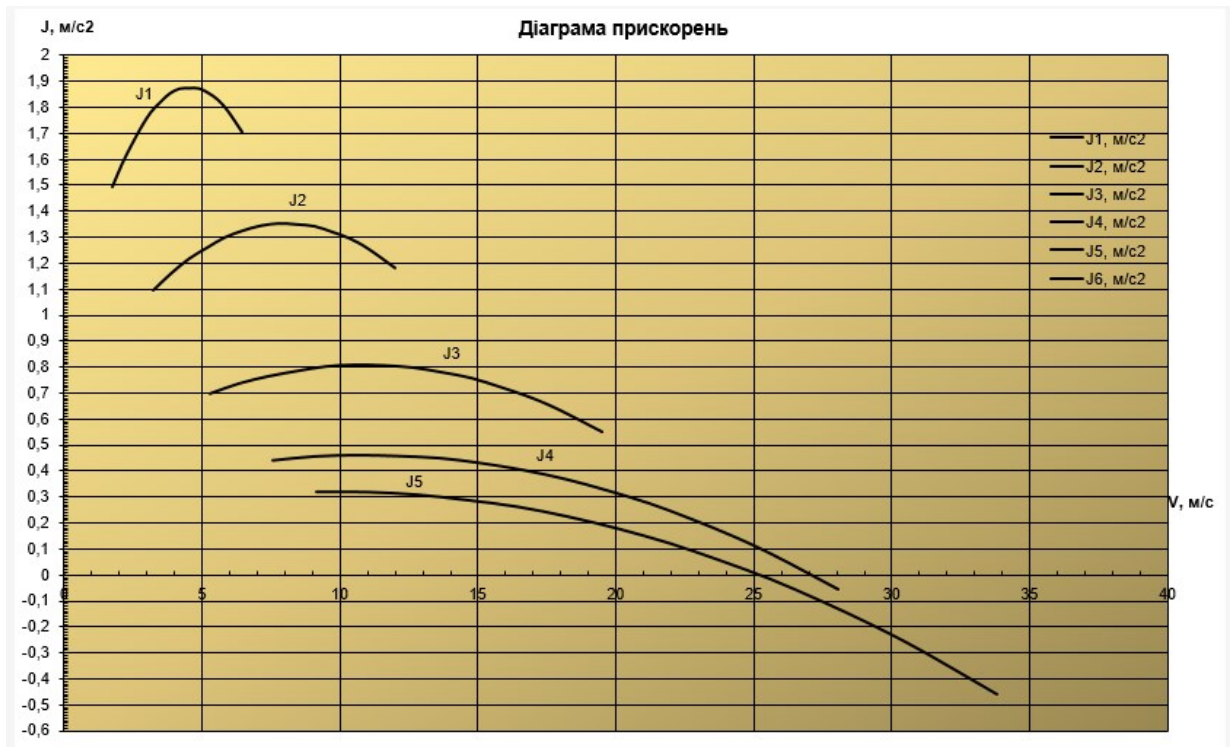


Рисунок 4.5 – Діаграма прискорень побудована за результатами отриманими експериментальним шляхом, малого вантажного автомобіля з двигуном Andoria ADCR 2.6..

Результати досліджень допомагають ідентифікувати слабкі місця конструкції автомобіля та надають виробникам дані для вдосконалення його технічних характеристик. Наприклад, інженери можуть оптимізувати потужність двигуна, тип трансмісії чи алгоритми роботи електронних систем управління. Водночас, дані про прискорення використовуються для створення рекомендацій водіям щодо оптимальних режимів руху, які сприяють економії палива, мінімізації зносу агрегатів і підвищенню довговічності автомобіля. Загалом отримані результати експериментальним

шляхом, співпадають з розрахунковими з незначними відмінностями які допустимі як можлива похибка.

Крім технічних аспектів, ці результати важливі для розробки стандартів і норм безпеки на дорогах. Адекватна оцінка прискорення дозволяє визначити, чи відповідає транспортний засіб вимогам дорожніх умов, і забезпечити зручність його використання у міських чи міжміських маршрутах. У цілому, дослідження прискорень є невід'ємною частиною розвитку сучасних транспортних технологій, орієнтованих на комфорт, ефективність і безпеку.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.**

### **5.1. Загальні вимоги безпеки. Вимоги безпеки при профілактичному обслуговуванні та ремонті транспортних засобів**

Профілактичне обслуговування та ремонт транспортних засобів необхідно виконувати згідно з Положенням про профілактичне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту, Правилами технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту, Правилами охорони праці на автомобільному транспорті.

Профілактичне обслуговування та ремонт / ПО і Р/ т/з проводиться на спеціально відведених дільницях /постах/, які оснащені необхідним устаткуванням, пристроями, інструментом, приладами згідно з нормативно-технологічною документацією.

Розташування постів ПО і Р, відстань між автомобілями, що установлені на цих постах, а також між автомобілями і конструкціями будівель повинні відповідати нормам технологічного проектування /основні відстані наведені в правилах ОП на АТП.

Установлювати автомобілі в кількості, що перевищує норму, порушувати спосіб розстановки, зменшувати відстань між т/з і елементами будівель забороняється.

Виробниче устаткування і робочі місця слід розташовувати з урахуванням безпеки працюючих, зручності при виконанні технологічних операцій згідно з нормами технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту.

Робітники, які проводять ПО і Р т/з, агрегатів, вузлів та деталей, повинні забезпечуватись справним інструментом та пристроями, що відповідають вимогам безпеки, які були попередньо розглянуті.

Пристрої та інструменти, необхідні для виконання робіт, повинні використовуватись за призначенням, їх, слід розміщувати у легкодоступних місцях таким чином, щоб виключалась можливість випадкового переміщення

або падіння. Під час роботи устаткування не допускається його чищення, змащування або ремонт.

Робочі місця, виконання робіт на яких пов'язано з небезпекою для працюючих, повинні позначатися знаками безпеки згідно з вимогами Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників [23,24].

Для зняття, установлення, а в окремих випадках транспортування деталей, вузлів, агрегатів вагою більше 20 кг необхідно використовувати підйомні механізми, які обладнані спеціальними пристроями /захватами/.

У приміщеннях, де виділяється пил або шкідливі речовини, робота повинна виконуватись при увімкнених загальній припливно-витяжній і місцевій вентиляціях. При виконанні робіт на автомобілях із працюючим двигуном повинні застосовуватись пристрої для відведення відпрацьованих газів. Відходи виробництва, відпрацьовані матеріали тощо повинні після кожної зміни прибиратися з робочого місця. Пролиті ЛЗР повинні бути негайно видалені. Прибирати робочі місця від пилу, ошурків, стружки, дрібних металевих обрізків дозволяється тільки щіткою. Забороняється здувати їх стиснутим повітрям.

Пуск двигуна та зрушення автомобіля з місця, його в'їзд і виїзд з виробничих приміщень слід проводити за умови забезпечення безпеки людей. Забороняється знаходження сторонніх осіб на робочих місцях, де виконуються роботи з підвищеною небезпекою. Робітники повинні користуватись ЗІЗ; при роботі на оглядових канавах, підйомниках, естакадах - працювати у захисних касках.

## **5.2. Безпека при перевірці технічного стану транспортних засобів, митті автомобілів, агрегатів, вузлів, деталей.**

У місцях виконання та під час виконання робіт з перевірки технічного стану т/з можуть мати місце такі основні НШВФ: - наїзди автомобілів на працівників; - падіння працюючих з буфера, підніжки, естакади, в оглядову канаву тощо; - падіння деталей, вузлів, агрегатів;- знижена температура повітря у холодний період року; - недостатня освітленість.

Перевірку технічного стану при випуску т/з на лінію та поверненні їх з лінії необхідно проводити при непрацюючому двигуні та загальмованих колесах. Виняток - випробування гальм та рульового керування.

Входити в оглядову канаву для перевірки технічного стану т/з та виходити з неї необхідно через тунель, розташований збоку від проїзду.

Для огляду т/з при недостатньому освітленні необхідно користуватися переносним світильником, який відповідає вимогам безпеки, що були розглянуті раніше.

На території КТП не повинно бути пролитих ПММ та льоду. У холодний період року температура повітря в оглядових канавах КТП повинна бути не нижче +16° С.

Ворота КТП відчиняються тільки для в'їзду /виїзду/ автомобілів. Забороняється утримувати ворота відчиненими та проходження людей через них. Швидкість руху автотранспорту через КТП - не більше 10 км/год.

Випробування гальм на ходу проводять на спеціально обладнаній площадці. Для регулювання гальм після їх перевірки необхідно зупинити автомобіль і виключити двигун. При випробуванні гальм на стенді необхідно вжити заходи, що виключають самовільне скочування автомобіля з валиків стенда.

У місцях миття т/з, агрегатів, вузлів і деталей можуть мати місце такі основні НШВФ: - падіння працівників, а також падіння деталей, вузлів, агрегатів; - наїзди т/з на працівників; - термічні фактори /опіки гарячою рідиною, концентрованими лужними розчинами, полум'ям; - наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин; - підвищена відносна вологість повітря.

Миття автомобілів, агрегатів, вузлів та деталей повинно проводитися у спеціально відведених приміщеннях або на відкритих площадках. Для миття та знежирення повинні застосовуватись негорючі суміші, пасти, розчинники та емульсії, а також ультразвукові та інші безпечні у пожежному відношенні установки.

Підлога на постах миття повинна мати шорстку /рифлену/ поверхню. Робоче місце машиніста мийних машин при механізованому митті автомобілів повинне розташовуватися у водонепроникній кабіні. Перед в'їздом до приміщення механізованої мийки повинна бути обладнана світлова сигналізація, яка сповіщає, що дозволяється заїзд автомобілів на пост; Під час роботи механізованої мийки забороняється знаходитися на шляху руху автомобілів. Пост відкритого шлангового /ручного/ миття повинен розміщуватись в зоні, ізольованій від відкритих струмонесучих провідників та обладнання, що знаходяться під напругою[24].

Миття деталей, які контактують з етилованим бензином, здійснюють тільки після нейтралізації відкладень тетраетилсвинцю. Концентрація лугових розчинів повинна бути не більше 2-5 %; після миття ними потрібне обов'язкове промивання гарячою водою. Забороняється застосовувати бензин та інші ЛЗР невідомого складу для протирання автомобілів, знежирення і миття деталей, вузлів і агрегатів.

### **5.3. Безпека виконання обов'язкових робіт профілактичного обслуговування та ремонту.**

Основні НШВФ, які можуть мати місце при виконанні таких видів робіт: - падіння вивішених частин т/з; - падіння кузова автомобіля-самоскида при обслуговуванні та ремонті гідروпідйомника;- падіння перекидної кабінки вантажного автомобіля;- падіння деталей, вузлів, агрегатів, інструменту; - падіння працюючих; - наїзд автомобіля; - термічні фактори, в т.ч. пожежі; осколки металу, що відлітають; - наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин; - недостатнє освітлення; знижена температура повітря у холодний період року.

Автомобіль на оглядовій канаві повинен бути установлений так, щоб був вільним не тільки основний, а й запасний вихід.

В'їзд - виїзд у приміщення і постановка автомобілів на пости ПО і Р здійснюється з дозволу та під керівництвом відповідальної особи - майстра чи начальника дільниці.



Автомобілі, агрегати та деталі, що направляються на пости ПО і Р, повинні бути вимиті, очищені від бруду і снігу.

При обслуговуванні автомобіля на підйомнику на пульті управління підйомником повинна бути вивішена табличка з написом "Підйомник не включати - працюють люди". Плунжер підйомника у робочому /піднятому/ положенні повинен надійно фіксуватися упором /штангою/що гарантує неможливість довільного опускання підйомника.

У приміщеннях ПО і Р з потоковим рухом автомобілів обов'язкове улаштування сигналізації яка своєчасно попереджує працюючих на лінії обслуговування про момент початку руху автомобіля з поста на пост або про виїзд автомобіля. Переміщення здійснюється тільки після подання сигналу.

Перед вивішуванням частини автомобіля підйомними механізмами /крім стаціонарних/ необхідно спочатку встановити т/з на рівній поверхні, зупинити двигун, загальмувати стоянкове гальмо, підставити під колеса, що не підіймаються, упорні колодки у автобуса перевірити стан опорної площадки кузова. Під вивішені частини т/з повинні бути встановлені підставки /козелки/ у місцях, вказаних в технологічній документації.

У виконанні робіт, пов'язаних із зняттям та установленням агрегатів, повинні брати участь два слюсарі з ремонту автомобілів /або замість одного слюсаря - водії, після проходження відповідного інструктажу/.

При підніманні перекидної кабіни, вона повинна бути надійно зафіксована. Забороняється підіймати кабіну з несправним запірним механізмом, упором-обмежувачем, страховим пристроєм [25].

При виконанні робіт на висоті понад 1 м робітники повинні бути забезпечені і користуватися спеціальними помостами, естакадами, площадками або драбинами - стрем'янками. Застосовувати приставні драбини не дозволяється. Забороняється виконувати одночасно роботи в одній площині на декількох рівнях. При проведенні робіт на висоті інструмент, деталі чи матеріали повинні знаходитись у сумці або спеціальних ящиках.

При використанні перекидача попередньо надійно укріплюють на ньому автомобіль, зливають паливо, охолоджувальну рідину, щільно закривають маслоналивну горловину двигуна, знімають акумуляторну батарею.

Забороняється пуск двигуна автомобіля на постах ПО і Р працівникам, які не мають на це права. При включенні двигуна необхідно передбачати відведення вихлопних газів за межі приміщення.

При необхідності виконання робіт під автомобілем, що перебуває поза межами оглядової канави, підйомника, естакади, робітники повинні забезпечуватися і користуватися лежаками.

Для роботи попереду та позаду автомобіля і для переходу через оглядову канаву необхідно користуватися перехідними містками.

Усі регулювальні роботи на двигуні, за винятком регулювання карбюратора та кута випередження запалювання, повинні проводитися при виключеному двигуні.

При проведенні ремонту паливних баків, а також паливо проводів, через які може витікати паливо із баків, останні перед ремонтом повинні бути повністю звільнені від нього. Зливання палива здійснюється у місцях, що виключають можливість його загорання.

Важкодоступні точки мащення необхідно змащувати за допомогою наконечників з гнучким шлангом або наконечників з шарнірами.

При ПО і Р т/з забороняється:

- виконувати будь-які роботи на автомобілі, який вивішений тільки на одних підйомних механізмах;
- підкладати під вивішені частини замість підставок диски коліс, цеглу та інші випадкові предмети;
- установлювати домкрат на випадкові предмети або підкладати їх під плунжер домкрата;
- знімати і ставити ресори на т/з без попереднього їх розвантаження від маси кузова шляхом його вивішування;

- підіймати /вивішувати/ автомобіль за буксирні пристрої /гаки/ шляхом захоплення їх тросами, ланцюгами або гаком підйомного механізму;
- підіймати /навіть короткочасно/ вантажі масою більше підйомності механізму;
- знімати, установлювати та транспортувати агрегати при зчлюванні їх тросами або канатами без спеціальних захватів;
- транспортувати агрегати на візках, не обладнаних пристроями, що запобігають їх падінню;
- працювати без упору під піднятим кузовом автомобіля-самоскида, або використовувати замість упора випадкові підставки;
- запускати двигун та переміщувати автомобіль при піднятому кузові.

Виконання робіт в ємностях /цистернах/ з-під небезпечних вантажів дозволяється тільки після проведення цільового інструктажу і оформлення наряд-допуску. Перед роботою ємність очищається від залишків цих речовин і заземлюється. Робітники повинні бути забезпечені спецодягом, шланговим протигазом, рятувальним поясом з мотузкою. При цьому один робітник виконує роботи в середині ємності і два помічники перебувають зовні.

Зняті з автомобіля вузли й агрегати слід установлювати на спеціальні стійкі підставки, а довгі деталі - тільки на горизонтальні стелажі.

## **6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ**

Економічна ефективність роботи ремонтних майстерень полягає в оцінці їх здатності забезпечувати оптимальні витрати при максимальному досягненні результатів, пов'язаних з ремонтом та обслуговуванням техніки, обладнання чи інфраструктури. Для визначення цієї ефективності важливо враховувати кілька ключових аспектів, таких як рівень продуктивності, витрати на ресурси, використання трудових та матеріальних ресурсів, а також час виконання ремонту. Успішна робота майстерні повинна забезпечувати не лише зниження витрат на ремонт, але й скорочення часу, необхідного для відновлення технічної справності об'єктів.

Одним із факторів, що визначають економічну ефективність, є впровадження сучасних технологій і обладнання, що дозволяють підвищити якість ремонту та зменшити витрати на матеріали і робочу силу. Наприклад, застосування автоматизованих систем управління чи спеціалізованих інструментів може значно прискорити процес, знизити кількість помилок і, відповідно, скоротити витрати.

З іншого боку, важливим є питання організації робочих процесів у майстерні. Раціональний розподіл завдань між працівниками, оптимізація використання матеріальних запасів і впровадження ефективних методів контролю якості дозволяють зменшити затрати і підвищити загальну ефективність.

Крім того, важливим аспектом є аналіз витрат на підтримку ремонтної інфраструктури, включаючи обслуговування обладнання, закупівлю запчастин, оплату праці майстрів та інші операційні витрати. Всі ці фактори разом можуть допомогти сформулювати комплексну оцінку економічної ефективності роботи ремонтних майстерень, що дозволяє управляти ними більш ефективно та досягати кращих фінансових результатів [27, 28].

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для проведення економічної оцінки роботи ремонтної майстерні

Показники	
Вартість основних виробничих фондів, тис. грн. (Фосн.)	950
Виробнича площа, м <sup>2</sup> (S)	300
Кількість робітників, чол. (Рср.)	5
в т.ч. на механізованих робочих місцях (Рм)	4
Валова продукція (вартість ремонтів по відповідній ціні), тис.грн. (ВП)	200
Експлуатаційні витрати – всього, тис. грн. (Ев)	120
Кількість умовних ремонтів (Ру)	50
Капіталовкладення, тис. грн. (К)	300

### Методика розрахунку показників

Продуктивність праці (Пп) – відношення вартості валової продукції ремонтної майстерні до середньорічної кількості робітників визначається за формулою:

$$П_{п} = \frac{ВП}{Р_{ср}} = \frac{200}{5} = 40 \text{ тис. грн./роб.} \quad (6.1)$$

де ВП – вартість валової продукції ремонтної майстерні, тис. грн.;

Рср. – середньорічна кількість робітників ремонтної майстерні, чол.

Фондовіддача (Фв) – відношення вартості валової продукції ремонтної майстерні до вартості основних виробничих фондів визначається за формулою:

$$Ф_{в} = \frac{ВП}{Ф_{осн}} = \frac{200000}{950000} = 0,21, \text{ грн./грн.} \quad (6.2)$$

де  $Ф_{осн.}$  – вартість основних виробничих фондів, тис. грн.

Коефіцієнт фондovіддачі (Кфв) – відношення прибутку ремонтної майстерні до 100 грн. вартості основних виробничих фондів визначається за формулою:

$$K_{\text{фв}} = \frac{\Pi}{\Phi_0} \times 100 = \frac{80000}{950000} \times 100 = 0,08 \times 100 = 8 \text{ грн./100грн.}, \quad (6.3)$$

де:  $\Pi$  – прибуток ремонтної майстерні, тис. грн.

Прибуток ремонтної майстерні ( $\Pi$ ) – різниця між вартістю валової продукції та експлуатаційними витратами ремонтної майстерні, визначається за формулою:

$$\Pi = \text{ВП} - E_v = 200 - 120 = 80, \text{ тис. грн.} \quad (6.4)$$

де:  $E_v$  – експлуатаційні витрати ремонтної майстерні за рік, тис. грн.

Приведені витрати ( $\Pi_v$ ) – сума експлуатаційних витрат ремонтної майстерні за рік і капітальних вкладень в її розвиток, помножених на нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень визначаються за формулою:

$$\Pi_v = E_v + K \times E_n = 120 + 300 \times 0,15 = 165, \text{ тис. грн.} \quad (6.5)$$

де:  $K$  – капітальні вкладення в розвиток ремонтної майстерні, тис. грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$E_n = 0,15.$$

Питомі приведені витрати ( $\Pi_{\text{вп}}$ ) – відношення питомих витрат до кількості умовних ремонтів, визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{вп}} = \frac{\Pi_v}{P_y} = \frac{165}{50} = 3,3, \text{ тис. грн./1 ум.рем.}, \quad (6.6)$$

де:  $P_y$  – кількість умовних ремонтів.

Собівартість умовного ремонту ( $\text{Су.р.}$ ) – відношення експлуатаційних витрат за рік до кількості умовних ремонтів визначається за формулою:

$$\text{Су. р.} = \frac{E_v}{P_y} = \frac{120000}{50} = 2400, \text{ грн.} \quad (6.7)$$

Коефіцієнт комплексної механізації праці ( $k_m$ ) – відношення кількості робочих, виконуючих роботи механізованим способом, до загальної кількості робочих, визначається за формулою:

$$K_M = \frac{P_M}{P_{cp}} = \frac{4}{5} = 0,8, \quad (6.8)$$

де:  $P_M$  – кількість робітників, виконуючих роботи механізованим способом, чол.;

$P_{cp}$  – загальна кількість робітників ремонтної майстерні, чол.

Рівень рентабельності ремонтної майстерні ( $P_p$ ) – відношення прибутку до експлуатаційних витрат, визначається за формулою:

$$P_p = \frac{\Pi}{E_B} \times 100, \% = \frac{80000}{120000} \times 100\% = 67\% \quad (6.9)$$

Таблиця 6.2 - Економічна оцінка роботи ремонтної майстерні

ПОКАЗНИКИ	Значення
Продуктивність праці, грн./чол. (Пп)	40 000
Фондовіддача, грн.(Фвд)	0,21
Прибуток, тис. грн. (П)	80
Коефіцієнт фондовіддачі (прибуток на 100 грн. основних виробничих фондів), грн. (Кф)	8
Приведені витрати, грн. (Пв)	165000
Питомі приведені витрати, тис. грн./1 ум. рем. (Пвп)	3,3
Собівартість умовного ремонту, грн. (Су.р.)	2400
Коефіцієнт комплексної механізації праці, (Кп)	0,8
Рівень рентабельності, % (Pp)	67

Ремонтна майстерня демонструє доволі високі економічні показники. Продуктивність праці становить 40 000 грн на одного працівника, що свідчить про ефективне використання людських ресурсів. Фондовіддача на рівні 0,21 означає, що кожна гривня, вкладена в основні виробничі фонди, приносить 21 копійку доходу, а коефіцієнт фондовіддачі 8 вказує на здатність генерувати прибуток із кожних 100 грн основних фондів.

Прибуток майстерні складає 80 тис. грн, а рентабельність на рівні 67% демонструє ефективне управління витратами та високий рівень фінансової стійкості. Приведені витрати становлять 165 000 грн, а собівартість умовного ремонту – 2400 грн, що вказує на конкурентоспроможність на ринку послуг. Питомі приведені витрати в розмірі 3,3 тис. грн на один умовний ремонт свідчать про прийнятний рівень витратності виробничого процесу.

Коефіцієнт комплексної механізації праці 0,8 підкреслює сучасний рівень механізації, що забезпечує підвищення ефективності виробничих процесів. Загалом, ремонтна майстерня має позитивну динаміку розвитку та демонструє високу ефективність своєї діяльності.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Обраний двигун для малого вантажного автомобіля виявляє себе як потужне та ефективне рішення для виконання транспортувальних задач. Важливою особливістю цього двигуна є здатність забезпечити максимальну потужність на високих обертах (до 3700 об/хв), проте його найбільша ефективність проявляється в діапазоні середніх обертів, де досягається пік крутного моменту (238 Нм на 2400-2800 об/хв). Цей діапазон обертів є оптимальним для вантажного транспорту, оскільки забезпечує хорошу тягу та ефективність на економічних обертах, що знижує витрати пального та збільшує тривалість експлуатації транспортного засобу.

Прискорення на низьких швидкостях (до 10 м/с) показує добрі стартові характеристики автомобіля, що є важливим в умовах міського руху, де часто необхідні короткі зупинки і старт з місця. Високе прискорення на низьких передачах дозволяє автомобілю швидко виходити на необхідну швидкість навіть при значних навантаженнях. Зі зростанням швидкості та переходом на вищі передачі прискорення поступово зменшується через зростаючий аеродинамічний опір, а також внутрішні механічні втрати в двигуні та трансмісії.

У діапазоні середніх швидкостей (10-20 м/с) спостерігається поступове зниження прискорення, що є результатом підвищеного аеродинамічного опору та інших механічних втрат. Це типова поведінка для вантажних автомобілів, де на цих швидкостях більша частина потужності спрямовується на подолання опору повітря та механічних втрат, що призводить до зменшення можливості для подальшого збільшення швидкості.

На високих швидкостях (понад 20 м/с) прискорення наближається до нуля, а на деяких етапах навіть стає негативним, що свідчить про зниження швидкості. Це означає, що автомобіль досягає своїх динамічних меж, коли потужність двигуна вже недостатньо для подальшого збільшення швидкості і починає використовуватись переважно для подолання опору повітря. В таких

умовах вантажний автомобіль більше орієнтований на підтримку стабільної швидкості, а не на розгін.

Отже, цей двигун є оптимальним для малих вантажних автомобілів, що працюють в умовах міського транспорту, де важливими є не тільки потужність і динаміка, а й ефективність при перевезенні вантажів на низьких і середніх швидкостях. Його здатність забезпечувати високу тягу на середніх обертах і хорошу економічність на низьких швидкостях робить його ефективним для вантажних перевезень у міських умовах, де часто змінюється швидкість і транспортному засобу необхідна стабільність і надійність.

Зважаючи на дані характеристики, можна впевнено стверджувати, що такий двигун забезпечить ефективну роботу малого вантажного автомобіля, оптимізуючи баланс між економічністю, динамічними характеристиками і вантажопідйомністю, що робить його підходящим вибором для різних транспортних завдань у міських умовах з врахуванням можливих обмежень за потужністю та ефективністю..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гащук П.М. Автомобіль: теорія колісного рушія: навчальний посібник. – Київ: Кондор, 2018. – 328 с.
2. Шевчук Р. С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник. – Львів: Львівський національний аграрний університет, 2016. – 236 с.
3. Шевчук Р. С. Експлуатаційні показники тракторів і автомобілів: практикум з розрахунку показників. – Львів: Львівський національний аграрний університет, 2018. – 173 с.
4. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навчальний посібник для ВНЗ. – Арістей, 2010. – 155 с.
5. Коробко А.І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів: дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / Андрій Іванович Коробко. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 176 арк.
6. Босюк П.В., Левкович М.Г., Клендій В.М. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. Частина I для студентів спеціальності 6.070106 «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання: конспект лекцій. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 123 с.
7. Біліченко В. В., Добровольський О. Л., Огневий В. О., Смирнов Є. В. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 163 с.
8. Рудасьов В.Б., Редчиць В.В., Коробочка О.М. Автомобіль. Теорія експлуатаційних властивостей. – навчальний посібник для студентів вузів фаху «Автомобілі і автомобільне господарство». – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2000. – 287 с., іл.
9. Сахно В.П., Костенко А.В., Загороднов М.І., Сакно О.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. Динамічність та

- паливна економічність автотранспортних засобів. Частина 1. – Д.: Видавництво Ноулідж, 2014. – 444 с.
10. Хоменко І. М. Про побудову зовнішньої швидкісної характеристики автомобільного двигуна розрахунковим методом. URL: <https://cutt.ly/hyICVOW> (дата звернення: 23.09.2019).
  11. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: навчальний посібник. – К.: Арістей, 2011. – 356 с.
  12. Волков В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів напрямку "Інженерна механіка" / В. П. Волков. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 292 с.
  13. Гринів О. І. Покращення тягово-швидкісних властивостей легкового автомобіля визначенням оптимальної швидкісної характеристики двигуна: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02 / Олександр Іванович Гринів. – К. НТУ, 2004. – 177 арк.
  14. Сахно В.П. Автомобілі: тягово-швидкісні властивості та паливна економічність / навч. посіб. – К., 2003. – 200 с.
  15. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник / Кисликов В.Ф., Лущик В.В. – 6-те вид. – К.: Либідь, 2006. – 400 с.
  16. Грубель М.Г., Назаркевич С.М., Зіркевич В.М. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. Курс лекцій. – Львів: Вид-во Академії сухопутних військ, 2011. –153 с.
  17. Крайник Л. В. Алгоритм моделювання руху автобусів у типових їздових циклах та особливості розрахунку лінійної витрати палива / Л. В.
  18. Крайник, М. Ф. Боднар // Вісник НУ"ЛП" Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2011. – №701. – С. 38-42.
  19. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник / О. А. Лудченко. – К.: Знання – Процес, 2003. – 511 с.

20. Пахарєва С.О. Посібник з дисципліни «Автомобільна техніка». Загальна будова автомобіля: навчальний посібник / За ред. С.О. Пахарєва. – К.: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2010. – 392 с.
21. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринєць А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. – Кн. 1 : Теоретичні основи. Технологія: Підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринєць. – К.: Вища школа, 1994. – 384 с.
22. Вахламов В.К. Техніка автомобільного транспорту / Володимир Кирилович Вахламов. – М.: «Академія», 2004. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.
23. ДСТУ ОHSAS 18001:2010 «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги»
24. ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку”.
25. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".
26. ДСН 3.3.6.039-99 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу".
27. Андрійчук В.Г. Ефективність діяльності аграрних підприємств: теорія, методика, аналіз: Монографія. – К.: КНЕУ, 2005. – 292с.
28. Петрович Й.М., Кіт А.Ф., Кулі шов В.В. та ін. Економіка підприємства: Підручник / За загальною редакцією Й.М. Петровича. – Львів: „Магнолія плюс”, видавець В.М. Піча.- 2004.-680с.
29. Харчишина О.В. Напрями підвищення економічної ефективності галузі скотарства // Економіка АПК – 2002 - №11.