

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Модернізація стенду для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	27 «Транспорт»
Спеціальність	274 «Автомобільний транспорт»
Освітня програма	«Автомобільний транспорт»

Шифр КРБАТ 2522013. 000 ПЗ

Виконав студент 3-го курсу
група АТзс 22-2
Шифр



Підпис

Іван БІЛЕЦЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник к.т.н., доц.
Науковий ступінь, звання



Підпис

Олег БАБАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

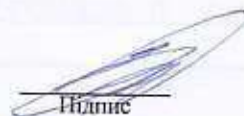
Нормоконтролер



Підпис

Олег МАКОВКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ
Назва



Підпис

Олександр ДИХА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 9.06.25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Духа О.В.

20 02

2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Білецькому Івану Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи « Модернізація стенду для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля »

керівник роботи Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025р. № 23 (Д26)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла дослідження; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Обґрунтування проблеми та постановка задач; 2 Тяговий розрахунок автомобіля; 3. Розробка конструкції; 4. Технологічний процес діагностування; 5. Безпека та екологічність технічного об'єкта ; 6. Економічний розділ проекту

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання _----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	20.05.2025	
2	<i>Технологічний розділ</i>	25.05. 2025	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	30.05. 2025	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	2.06. 2025	
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	5.06. 2025	
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	9.06. 2025	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	10.06. 2025	

Студент


Підпис

Іван БІЛЕЦЬКИЙ
Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Олег БАБАК
Ім'я, прізвище

Реферат

Тема кваліфікаційної проекту "Модернізація стенду для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля".

Кваліфікаційна робота студента гр. АТзс 22-2 Білецького Івана складається з наступних розділів: вступ, шість розділів, які розкривають тему проекту, висновок, список використаних джерел, включаючи іноземні.

Ключовим питанням роботи є сучасні тенденції в автомобілебудування, які пред'являють підвищені вимоги до надійності легкових автомобілів малого та середнього класів.

Метою роботи є розробка стенда для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля, що дає можливість застосування нового функціоналу, що включає додаткові режими роботи, розширені можливості керування процесом випробувань, інтеграцію з іншими системами та пристроями проведення процесу обкатки. Подальша розробка стенду може мати потенціал для подальшого розвитку та модернізації, що зробить випробувальні лабораторії, оснащені цим технічним пристроєм, більш конкурентоспроможними на ринку.

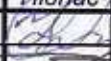




Розроблений у рамках серійного виробництва технологічний процес для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля може бути використаний у практичній діяльності лабораторії.

Наприкінці роботи наведено результати виконаної роботи, які в рамках дипломного проекту мають не тільки теоретичне, але також мають практичне значення. Розроблена конструкція може бути реалізована в рамках серійного виробництва та використана для транспортних засобів.

Ключові слова: СТЕНДА ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ, ВАКУУМНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ГАЛЬМ, ВИПРОБУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Обґрунтування проблеми та постановка задач.....	9
1.1 Аналіз аналогів стенда, що розробляється.....	9
1.2 Ознаки несправності вакуумного підсилювача гальм.....	9
1.3 Принцип роботи вакуумного підсилювача гальм.....	11
1.4 Способи перевірки вакуумного підсилювача гальм.....	12
2 Тяговий розрахунок автомобіля.....	14
2.1 Загальні положення.....	14
2.2 Маса автомобіля.....	16
2.3 Аналіз поступального руху автомобіля.....	18
2.4 Сила опору підйому.....	21
2.5 Сила інерції автомобіля.....	23
2.6 Підготовка вихідних даних для тягового розрахунку.....	25
2.7 Тяговий розрахунок автомобіля.....	29
2.8 Порівняння тягово-швидкісних властивостей автомобілів.....	30
2.9 Тягові характеристики автомобіля.....	34
3 Розробка конструкції.....	37
3.1 Технічне завдання.....	37
3.2 Технічна пропозиція.....	42
3.2.1 Стенд для тестування НР-108п.....	43
3.2.2 Стенд для перевірки F-Sonnax-600I.....	44
3.2.3 Стенд для перевірки [19] SU8437A.....	45
3.3 Конструкція пристрою.....	46
3.4 Посібник з експлуатації.....	47

КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ								
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Модернізація стенду для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Білецький			2013				
Перевір.	Бабак						4	75
Реценз.						ХНУ група АТзс 22-2		
Н. Контр.	Маковкін							
Затверд.	Диха							

4	Технологічний процес діагностування	51
4.1	Принцип дії стенду	51
4.2	Порядок роботи стенду під час проведення випробувань.....	51
4.3	Випробування підсилювача на ефективність	53
5	Безпека та екологічність технічного об'єкта	55
5.1	Конструктивно-технологічна характеристика об'єкту	55
5.2	Рух автомобіля при повороті	56
5.3	Ідентифікація виробничо-технологічних і експлуатаційних професійних ризиків.....	60
5.4	Технічні заходи, які застосовуються для зниження ризиків професійного характеру	61
5.5	Функціонування об'єкта у надзвичайних та аварійних ситуаціях	63
6	Економічний розділ проекту.....	66
6.1	Техніко-економічне обґрунтування об'єкта розробки проекту	66
6.2	Розрахунок витрат та економічної ефективності	67
6.3	Розрахунок економічного ефекту від розробленої конструкції.....	74
	Висновок	78
	Список використаних джерел.....	79
	Додатки	82

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Вступ

Автомобілі з поздовжнім послідовним розташуванням силового агрегату найкраще підходять для створення безпечних зон, що деформуються, оскільки їхні розміри збільшуються зі збільшенням довжини підкапотного простору.

Тензометричні датчики, з'єднані в вимірювальні мости, наклеюються на всі дванадцять балок рівного опору для вимірювання реакції дороги на колесо.

Пасажиromісткість легкового автомобіля залежить від максимального кількості людей, які можуть бути перевозяться одночасно, і визначається розмірами салону та розрахунковою міцністю автомобіля. Ширина салону та місце розташування окремих сидінь, включаючи передні, визначають кількість людей, які можуть сидіти на них. Розташування заднього сидіння по довжині бази щодо колісних ніш задньої осі визначає його пасажиромісткість.

На автомобілях з приводом на передні колеса задні колеса можна змістити в багажне відділення, що дозволяє розмістити заднє сидіння перед багажниками в широкій частині кузова. Це збільшує пасажиромісткість і комфорт у салоні. Тим не менш, ця база автомобілів дещо більша, ніж у автомобілів інших компоновальних схем.

Зважаючи на те, що компактність і комфортабельність автомобіля є важливими характеристиками, вони повинні розглядатися в контексті. Автомобілі з невеликими розмірами зазвичай не забезпечують достатньої комфортабельності, тому необхідно збільшити розміри салону та автомобіля.

Тензометрична платформа занурюється в дорожнє полотно таким чином, щоб проміжки між зварною рамою та стінками поглиблення були відсутні під час процесу випробувань окремої шини або шин, встановлених на автомобілі. Такий монтаж запобігає удару коліс.

Площадка, встановлена на кульках, зафіксована в бічному напрямку

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

чотирма консольними тензометричними балочками рівного опору, і має вільний хід у поздовжньому напрямку з масивної та жорсткої зварної рами. На кінцях балочок є кулькові підшипники, щоб запобігти тертям між балочками та майданчиком під час поздовжнього переміщення.

За основу оцінки обрано ступінь використання об'єму двигуна, а ступінь використання довжини та площі розглядаються як допоміжні для порівняльного аналізу автомобілів різних компоновочних схем. При порівняльних випробуваннях автомобілів зазвичай визначають розмір їхніх багатьох відділень, щоб отримати загальні оцінки. Слід зазначити, що автомобілі класичного дизайну та з заднім двигуном відрізняються невеликим об'ємом багажних відділень, тоді як автомобілі з приводом на передні колеса можуть мати більший салон. Слід зазначити, що немає універсального підходу до визначення розміру багажного відділення.

Дорожні випробування, як відомо, більше наближені до реальних умов експлуатації, і їхні результати відображають, як шини поведуться на конкретній дорозі. Слід зазначити, що вимірювання в лабораторних умовах зазвичай дещо точніші, ніж у дорожніх випробуваннях. Таким чином, під час дослідження характеристик шин проводяться як дорожні, так і лабораторні випробування. Дорожні випробування можна проводити за допомогою шинного тестера та тензометричної платформи.

Статистичні дослідження завантаження легкових автомобілів у міських умовах експлуатації показали, що 75% цих автомобілів експлуатуються з одним водієм, 12% - з одним водієм і кількома пасажирами, а 13% - з кількома водієм. Крім того, у міських районах у середньому на легковий автомобіль припадає 1,2-1,5 пасажирів, а на таксі 1,75-1,8. Легкові автомобілі, володіні індивідуальними власниками, експлуатуються з навантаженням, яке приблизно відповідає нормам, а іноді й перевищує їх. Автомобіль працює з повним навантаженням протягом 5-15% пробігу, протягом 30% пробігу до 30-50% і протягом 5-15% пробігу. Розподіл навантаження по осях змінюється в

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

кожному режимі навантаження.

Дорожні випробування, як відомо, більше наближені до реальних умов експлуатації, і їхні результати відображають, як шини поведуться на конкретній дорозі. Слід зазначити, що вимірювання в лабораторних умовах зазвичай дещо точніші, ніж у дорожніх випробуваннях. Таким чином, під час дослідження характеристик шин проводяться як дорожні, так і лабораторні випробування. Дорожні випробування можна проводити за допомогою шинного тестера та тензометричної платформи.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

1 Обґрунтування проблеми та постановка задач

1.1 Аналіз аналогів стенда, що розробляється

Наразі перед вітчизняними підприємствами наземного транспорту стоїть важливе завдання насичення ринку недорогими та високоякісними автомобілями, а також обладнанням для їхньої діагностики та ремонту. Насамперед необхідно замінити імпортні технології вітчизняними без зниження їх ефективності. Це вимагатиме часу. Нарощування обсягів виробництва більш простого конструктивного обладнання для діагностики та ремонту вузлів і деталей автомобілів – це рішення в цьому випадку.

Вакуумний підсилювач гальм полегшує керування автомобілем, оскільки для зупинки машини не потрібно сильно тиснути на педаль. Зворотний ефект стане результатом несправності вакуумника.

Як можна перевірити вакуумний підсилювач? Для початку ви повинні вивчити пристрій цього вузла, щоб зрозуміти, які деталі та клапани відповідають. Перевірка може бути виконана кількома дуже простими способами. Було проведено пошук аналогів стенду відповідно до теми ВКР та поставлених цілей. [6]

1.2 Принцип роботи вакуумного підсилювача гальм

Рис. 1 демонструє схему роботи підсилювача. На ранніх автомобілях не було вакуумних підсилювачів гальм. Натискання педалі вимагає значного зусилля, приблизно 80 кілограмів.

У сучасних транспортних засобах є вакуумні підсилювачі, які

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

дозволяють колодкам притискатися до дисків, коли ви просто натискаєте педаль ногою.[2]

Щоб зрозуміти, як працює вакуумний підсилювач гальм, вам потрібно знати, як він працює (рис. 1). «ВПГ є металевим циліндром з такими компонентами: діафрагма, яка дозволяє поворотній пружині рухатися. Повітряний клапан, який має канали для атмосфери та вакууму.

Шток підсилювача має педаль гальма та головний гальмівний циліндром з одного кінця.

Патрубок, з'єднаний із зворотним клапаном, забезпечує розрідження впускного колектора двигуна.

Мембрана металевого циліндра ділить його на дві камери: вакуумну та атмосферну. З ними зв'язується канал повітряного клапана. Кожна камера відкривається по черзі, коли ви натискаєте та опускаєте педаль гальма. [37]

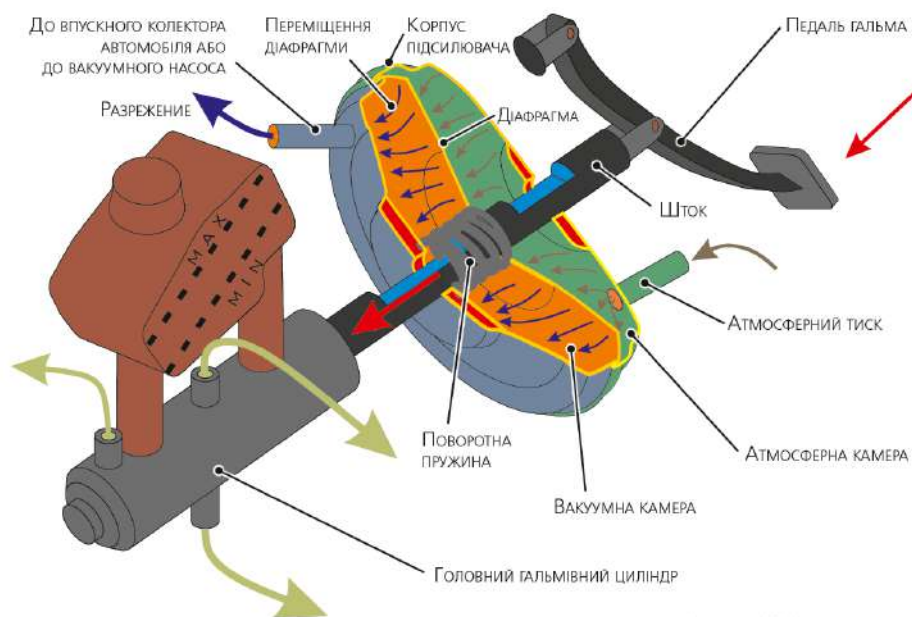


Рисунок 1 – Схема роботи вакуумного підсилювача гальм

Поговоримо більш детально про принцип роботи вакуумного підсилювача гальм, який встановлюється на більшості моделей автомобілів. За відсутності тиску на гальма шток і штовхач статичні, а педаль і вакуумна і атмосферна камери під однаковим тиском. У [37] клапан відкриває прохід, що з'єднує атмосферну камеру та зовнішнє повітря, а шток зміщується, коли натискаєте

педаль гальма. Діафрагма згинається у напрямку розрідження під час падіння тиску. Це полегшує натиск на штовхач і поршень головного гідроциліндра.

Клапан перекриває надходження атмосферного повітря і одночасно відкриває вакуумний канал. Таким чином, коли тиск у обох камерах знову стає однаковим, мембрана під впливом пружини повертається у вихідне положення.

Деякі автомобілі можуть мати окремий вакуумний насос для розрідження. Таке рішення корисне, коли атмосферний тиск низький, особливо в горах. [37]

1.3 Ознаки несправності вакуумного підсилювача гальм

Несправності вакуумного підсилювача гальм дуже шкідливі для комфорту водіння. Ці несправності можуть бути невидимими, але вони виявляються таким чином: натискання педалі гальма вимагає значних зусиль — при справному ВПГ при натисканні на педаль три-чотири рази поспіль знадобиться набагато більше зусиль, ніж при першому натисканні; надмірна м'якість ходу педалі — це проблема, яка вказує [7]

Вакуумний насос може видавати характерний шум або стук, який виникає під час руху приводного штока вакуумного насоса. Ця несправність зазвичай відображається на сканері як помилка р1479.

Використання електричного вакуумного насоса може призвести до перегріву електродвигуна; при різкому гальмуванні ослаблення кріплень мембрани викликає стукіт, який супроводжується вібраціями.

Вакуумний підсилювач впливає на роботу двигуна. При гальмуванні мотор може змінити режим роботи через розрідження вакуумного підсилювача від впускного колектора. причина полягає в тому, що колектор поглинає повітря, що змінює склад паливно-повітряної суміші двигуна. [37]

Наявність будь-якого з цих симптомів вказує на необхідність перевірки

в шлангу між вступним колектором і вакуумним підсилювачем гальм.

Тестування запобіжника, який проходить від датчика до блоку управління, також корисно. У цьому місці потрібно враховувати певні характеристики схеми бортової електромережі автомобіля; більше інформації можна знайти в посібнику з експлуатації.

Додатковий фактор, який може призвести до несправності електровакуумного насоса. У роботі крильчатки, підшипників, колодки підключення, кріплення, реле або запобіжника можуть бути проблеми. [12].

Висновок: Контроль результатів вимірювання ступеня вакууму датчиком розрідження має вирішальне значення. Проблеми зазвичай виникають, коли вода потрапляє всередину ВПГ або його патрубків. Для ремонту потрібно прочистити та висушити патрубки, але іноді сам датчик потрібно замінити. [17]

2 Тяговий розрахунок автомобіля

2.1 Загальні положення

Статичний розподіл навантаження по осях має становити $b/L = 0,52 \div 0,54$, щоб автомобілі з приводом на передні колеса особливого малого, малого та середнього класів [1] могли рухатися з максимальним прискоренням без буксування провідних коліс. Рішення рівняння (1) визначає найкращий розподіл навантаження по осях стосовно режиму розгону для певного автомобіля. Щоб досягти статичного розподілу навантаження по осях під час розгону автомобіля класичного компонування, необхідно використовувати подібний підхід, щоб досягти максимального прискорення без буксування задніх провідних коліс.

Таблиця 1 - Співвідношення базових розмірів автомобілів

Параметр	Значення прискорень			
j_{max}	2,5	2,5	2	2
δ_i	1,5	1,3	1,5	1,3
b/L	0,65	0,66	0,685	0,73

Коефіцієнти (вимірники) компактності $\eta_{gp}=LaVa/n$ і коефіцієнти довжини $\eta_{Lc}=Lc/La$ використовуються для визначення компактності автомобілів у нашій країні. При співставленні автомобілів, які належать до однієї компоновочної схеми, ці коефіцієнти можна використовувати. Хоча вимірник показує загальну питому площу для одного пасажира, він також показує корисну площу автомобіля, що пояснює його компактність і комфортабельність.

У двох автомобілях питома площа однакова, але у першого довжина більша, а у другого багажне відділення менше. Вимірник показує питому

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

довжину салону в порівнянні з загальною довжиною автомобіля. Хоча цей показник є важливим для оцінки комфортабельності та компактності автомобіля, він недостатньо відображає загальну довжину та, зокрема, компактність автомобіля. Вимірювач не враховує розміри багажника та інших важливих розмірів для оцінки різних схем компоновання автомобіля. Наприклад, коефіцієнт η_{Lc} одного автомобіля становить 0,438, тоді як коефіцієнт η_{Lc} іншого автомобіля становить 0,47. Використовуючи цей вимірювач, ви повинні віддати перевагу другому автомобілю.

Але перший автомобіль має об'єм багажного відділення 0,28 м³, а другий – 0,106 м³, що не враховується цим вимірювачем. Зіставлення легкових автомобілів різних компоновочних схем і розмірів вимагає використання більшої кількості вимірювачів. Коефіцієнт $\eta_{\Pi} = F_c/n$, де F_c — площа салону в горизонтальній площині, а n — число пасажирів, є найбільш простим і доступним методом визначення комфортабельності салону. Тим не менш, цей показник не враховує розміщення приладів керування та сидінь, співвідношення між окремими частинами автомобіля та його габаритних розмірів.

На рис. 3 представлена схема сил, що діють на автомобіль.

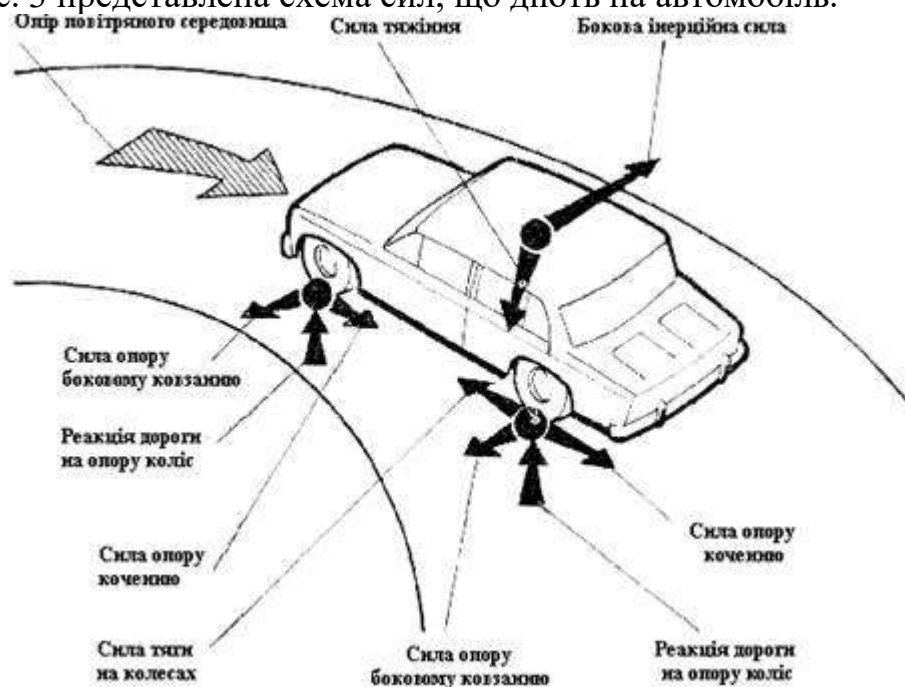


Рисунок 3 – Схема дії сил під час прямолінійного руху

На автомобіль завжди діють сили опору коченню P_f і сили опору

повітря P_w . Однак сила опору підйому P_i і сила інерції P_j можуть бути відсутніми (автомобіль рухається рівномірно горизонтальною дорогою) або змінювати свій знак на зворотний (автомобіль рухається під гору, уповільнений рух).[2] Для оцінки комфортабельності автомобіля під час випробування широко використовуються різні вимірювальні карти; за кордоном найпоширенішою є карта з двадцятьма вимірами.

2.2 Маса автомобіля

Масу сухого автомобіля (m_s) визначають як масу автомобіля, яка не містить інструментів, запасних колес, додаткового обладнання (наприклад, кондиціонера, радіоприймача тощо), а також заправки (палива, рідкого мастильного матеріалу та води). Мастило в агрегатах і шарнірах, електроліт в акумуляторній батареї та рідина в амортизаторах є частиною сухої маси автомобіля. [37]

Маса спорядженого автомобіля m_0 - це маса автомобіля з усіма його приладами та заправкою, але без водія та пасажирів. [20]

Сумарна маса автомобіля, корисне навантаження (m_T), спорядження, водій і пасажир складають повну масу автомобіля.

Сумарна повна маса тягача, а також напівпричепа [9] визначають масу автомобільного поїзда. Використовуючи формулу, можна визначити повну масу легкового автомобіля:

$$m_a = m_0 + m_p \cdot n + \quad (1)$$

де $m_a = \mu_0 + \mu_{\text{зод}} \cdot v + \mu_b$ - Маса водія або пасажирів. При розрахунках приймають $m_{\text{ч}} = 75$ кг;

n – кількість місць для сидіння пасажирів;

m_b - маса багажу. [1]

У число місць для сидіння в легкових автомобілях включається місце водія. Масу багажу водія і пасажирів [8] легкових автомобілів приймають рівною 10 кг на одну особу.

Маса автомобіля значною мірою впливає як на його вартість виготовлення, так і на економічні витрати під час його експлуатації. Збільшення маси спорядженого автомобіля разом із незмінною повною масою зменшує масу вантажу, а також збільшує вартість транспортування металу. З іншого боку, зниження маси спорядженого автомобіля не повинно вплинути на його міцність, надійність та інші характеристики. Розміри автомобіля безпосередньо впливають на масу автомобіля.

Коефіцієнт тари, або маса спорядженого автомобіля, $\eta_{qm} = m_c/m_q$, і питома маса спорядженого автомобіля, що припадає на одного пасажирів, $\eta_{pm} = m_c/n$, є двома коефіцієнтами, які зазвичай використовують для порівняння мас автомобілів.

Для порівняльної оцінки мас легкових автомобілів можна використовувати обидва вимірювачі, тоді як для вантажних автомобілів можна використовувати лише η_{qm} .

Тим не менш, обидва показники не пов'язані з загальними розмірами автомобіля, його комфортабельністю чи компактністю. Це дозволяє провести детальний аналіз різних автомобілів за допомогою складних геометричних параметрів і використання маси. Так, вантаж із низьким питомим обсягом може мати малий обсяг на вантажному автомобілі з низьким коефіцієнтом η_{qm} . При перевезенні вантажів з більшим питомим обсягом не буде забезпечено номінальне навантаження за місткістю, і коефіцієнт η_{qm} не може бути використаний для аналізу.

Дослідження використання маси автомобілів у різних компоувальних схемах вимагає використання додаткових вимірювачів. Вимірювач η_{pm} порівнюється з вимірювачем η_{qm} залежно від маси одного пасажирів (70 кг) і маси багажу (10 кг). Коефіцієнт η_{qm} був замінений на коефіцієнт η_q для

зручності комплексної оцінки використання маси спорядженого автомобіля. У цьому випадку $\eta_{qm} = m_c / m_{сн}$. Після перетворень були отримані наступні комплексні вимірювачі: коефіцієнти використання об'єму та спорядженої маси для вантажних автомобілів і фургонів $\eta_{pm} = \eta_{vm} \eta_{qm}$.

Інші функціональні залежності, такі як $m_{сп}=f(V_a)$, можуть використовуватися як приватні вимірювачі.

2.3 Аналіз поступального руху автомобіля

Дослідження використання маси автомобілів у різних компоувальних схемах вимагає використання додаткових вимірювачів. Вимірювач η_{pm} порівнюється з вимірювачем η_{qm} залежно від маси одного пасажера (70 кг) і маси багажу (10 кг). Коефіцієнт η_{qm} був замінений на коефіцієнт η_q для зручності комплексної оцінки використання маси спорядженого автомобіля. У цьому випадку $\eta_{qm} = m_c / m_{сн}$. Після перетворень були отримані наступні комплексні вимірювачі: коефіцієнти використання об'єму та спорядженої маси для вантажних автомобілів і фургонів $\eta_{pm} = \eta_{vm} \eta_{qm}$.

Інші функціональні залежності, такі як $m_{сп}=f(V_a)$, можуть використовуватися як приватні вимірювачі.

$$P_K = P_f \pm P_n \pm P_B \pm P_U \quad (2)$$

де P_f , P_n , P_B , і P_U – сили опору відповідно до кочення, підйому, повітря та інерції.

Рух забезпечується виконанням умови зчеплення приводних коліс.

Динамічний радіус колеса r_D не залежить від схеми компоування. За винятком автомобілів із приводом на передні колеса, сумарні передавальні числа u_{TP} трансмісії не залежать від компоування схеми автомобіля.

На автомобілях з приводом на передні колеса та поперечним розташуванням двигуна головна циліндрична передача є гіпоїдною та має

нижчий ККД. В результаті загальний ККД η_{TP} трансмісії перших автомобілів на 1-2% нижчий, ніж у других.

Крутний момент M_k при відповідній частоті (або кутовій швидкості ω_e) обертання колінчастого валу є основним вхідним параметром більшості вимірювачів тягово-швидкісних властивостей автомобіля. Параметри, що характеризують тягово-швидкісні властивості автомобіля, є вихідними параметром. Вплив вхідних і вихідних параметрів має бути функціональним і кількісним, що означає, що зовнішня швидкісна характеристика двигуна не повинна бути стабільною для більшості автомобілів, а повинна відповідати потребам конкретних груп автомобілів. Отже, багато дослідників зараз звертаються до виразу характеристики двигуна через момент M_e , коли розглядають тягово-швидкісні властивості автомобілів і розраховують їх. Для цього використовується формула, яка представляє функцію тягово-швидкісних властивостей автомобіля M_e від ω_e через квадратичний тричлен:

$$M_e = a_M \cdot \omega_e^2 + b_M \cdot \omega_e + c_M \quad (3)$$

При необхідності потужність двигуна може бути визначена через момент M_e і кутову швидкість ω_e :

$$N_e = M_e \cdot \omega_e \quad (4)$$

Таким чином, співвідношення $\omega_e N_e / \omega_e M_e$ має значення 2. З іншого боку, дослідження карбюраторних двигунів легкових автомобілів показало, що це співвідношення існує в межах 7–10% двигунів. Середнє значення $\omega_e N_e / \omega_e M_e$ становить 1,67.

Вибір динамічних коефіцієнтів a_M , b_M , + c_M , які забезпечують відповідні вихідні характеристики для одного проєктованого автомобіля або групи автомобілів, робить використання формули (4) складним. Це пов'язано

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

з тим, що значення цих коефіцієнтів коливаються в широкому діапазоні.

Для попереднього вибору таких коефіцієнтів зручно використовувати автомобілі-аналоги, які вже працюють і найкраще відповідають вимогам автомобіля, що проектується. У технічних характеристиках автомобілів зазвичай указуються дві вихідні точки зовнішньої швидкісної характеристики двигуна з координатами NN, ω_N і MM, ω_M . За допомогою цих точок можна з достатньою точністю відтворити повні залежності $N_e = f(\omega_e)$; $M_e = f(\omega_e)$.

У системі координат ω_e рівняння другого ступеня (24) представляє собою симетричну параболу M_e з вершиною в точці A та координатами ω_M, MM . Друга точка параболи має координати ω_N, MN . Це означає, що якщо характеристика асиметрична, її слід розглядати як симетричну щодо правої робочої гілки, а якщо вона асиметрична, слід внести корективи.

Усі сили, які впливають на автомобіль-тягач, поділяються на три категорії: рушійні, опору руху та нормальні до напрямку руху.

Окружна сила на провідних колесах F_K належить до першої групи.

Моменти опору коченню коліс автомобіля M_{f1} і M_{f2} , сила опору повітря F_K , подовжня складова сила тяжіння автомобіля F_i , сила опору поступального прискорення автомобіля F_{jx} і подовжня складова сила опору причепа F_{px} складають другу групу. У одного автомобіля немає сили опору причепа.

Відповідно до третьої групи R_{z1} і R_{z2} є нормальними реакціями дороги, а $G_a \cdot \cos\alpha$ є нормальною складовою ваги автомобіля та F_{pz} є нормальною складовою сили опору причепа. Сили цієї групи спрямовані проти швидкості автомобіля. Отже, їхній вплив не прямий, а непрямої.

Момент, що крутиться від двигуна автомобіля, підводиться до привідних коліс через трансмісію, що створює окружну силу на провідних колесах.

В даний час автомобілі переважно працюють на двигунах внутрішнього згоряння. Використовуючи швидкісні характеристики, які представляють

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

залежність ефективної потужності або крутного моменту на колінчастому валу в режимі роботи, що встановлений від частоти обертання двигуна, вони використовуються для оцінки їх потужності. Зовнішня швидкість — це швидкість, отримана при повній подачі палива. Часткова швидкість — це швидкість, отримана при неповній подачі палива. Спеціальні стенди призначені для швидких характеристик. У цьому зазвичай безпосередньо визначають залежність ефективного моменту двигуна від частоти обертання, а потужність розраховують.

2.4 Сила опору підйому

Сила опору підйому P_{Π} виникає, коли автомобіль рухається на підйом, але коли він рухається на спуску, її значення стає негативним. Сила протидії підйому

$$P_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Кут α_{Π} підйому або величина ухилу i , яка виражається відношенням вертикальної проекції дороги до горизонтальної, є показником крутизни дороги.

$$i = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi} \quad (6)$$

На дромах з твердим покриттям кут нахилу підйому зазвичай не перевищує $5\text{--}7^\circ$. Це означає, що $\sin \alpha_{\Pi} \approx \operatorname{tg} \alpha_{\Pi}$ наближено. Таким чином, сили опору коченню та підйому залежать від стану дороги. У більшості випадків ці компоненти розглядаються разом, тобто сумарна сила опору дороги:

$$P_{\psi} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi}) \quad (7)$$

Сила P_{Π} перерозподіляє нормальні реакції по осях. Зменшується реакція передніх колес, що призводить до зменшення сили тяги та зчеплення коліс із поверхнею дороги автомобіля, який має привід на передні колеса.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила опору повітря, що виникає під час руху автомобіля,

$$P_B = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot F_L \cdot V^2, \quad (8)$$

де c_x - безрозмірний коефіцієнт лобового опору повітря;

ρ - щільність повітря;

F_L - площа лобового перерізу, що визначається за фронтальною проекцією автомобіля на площину.

Площа лобового перерізу автомобіля знаходиться приблизно: для вантажних $F_L = 0,9 \cdot l$ і для легкових $F_L = 0,78 \cdot l$.

Дослідження показали, що сила опору повітря змінюється в діапазоні від +9 до 7%, коли кут атаки змінюється в межах $\pm 20^\circ$. Підйомна сила також значно змінюється. Обидві сили зростають, коли кут атаки збільшується.

Збільшення опору повітря на 5% при збільшенні кута обдування на 10° вважається позитивним, а збільшення на 20% вважається незадовільним.

Навантаження на передні колеса зменшує кут атаки та силу опору повітря. [22] Таким чином, «автомобілі з приводом на передні колеса мають менший опір повітря, ніж автомобілі класичного компонування». Крім того, поперечне розташування двигуна цих автомобілів [1] полегшує створення форми кузова з меншими значеннями c_x . Рисунки 4 і 5 показують потоки повітря, що обтікають кузов автомобіля.

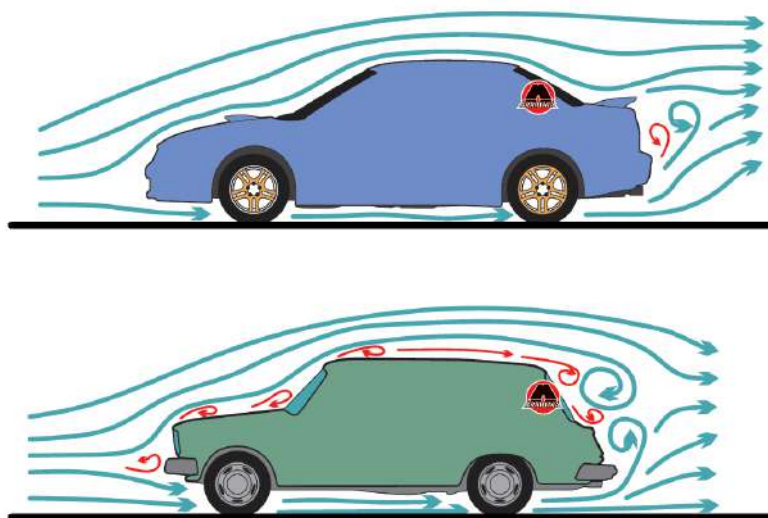


Рисунок 4 – Напрям потоків повітря

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Коефіцієнт опору повітря K сучасних легкових автомобілів нормального типу становить від 0,025 до 0,04, а для вантажних автомобілів — від 0,05 до 0,07 $\text{кг/сек}^2/\text{м}^2$. Фактор опору повітря W легкових автомобілів в середньому становить 0,05–0,1, а вантажних — 0,15–0,3 $\text{кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^2$.

Сила опору повітря прикладена до автомобіля на певній висоті від опорної площини. Це рівнодіюча елементарна сила, яка діють на окремі частини поверхні автомобіля.

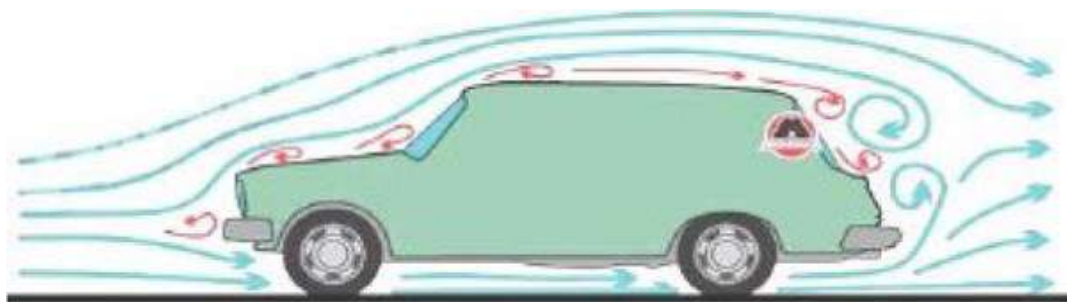


Рисунок 5 – Обтікання кузова потоками повітря

Таким чином, краще перекривати всю передню частину автомобіля кожухом, зменшуючи зазор між ним і землею. Виступаючі частини, такі як колеса та крила, створюють додаткову опір і викликають значне завихрення повітря, тому їх також доцільно закривати одним кожухом. Для цього визначається найкраща «автомобільна» форма, яка повинна бути з нижньої сторони обмежена площиною, яка може бути близькою до землі. [4]

2.5 Сила інерції автомобіля

РІМ маси автомобіля, РІК обертання коліс і РІД частин двигуна складають силу інерції автомобіля.

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

При цьому

$$P_{j0} = M \frac{d\omega}{dt} = \frac{G}{g} \quad (9)$$

В результаті сила P_j , інерції автомобіля визначиться з виразу (без урахування впливу деталей двигуна, що обертаються, і трансмісії автомобіля)

$$P_j = \left(\frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_k^2} \cdot J_{k1} \right) \quad (10)$$

Графіки та таблиці показують результати визначення сил, діючих у трансмісії. [2]

Перерозподіл нормальних реакцій по осях здійснюється силою інерції. При розгоні передні колеса зменшуються, що призводить до зменшення сили тяги по зчепленню.

Таблиця 2 містить вихідні дані, необхідні для проведення тягово-динамічного розрахунку задньопривідного легкового автомобіля. Розрахунки проводилися за допомогою методу, наведеного в джерелі [3].

Таблиця 2 - Вихідні дані щодо тягово-динамічного розрахунку

Параметр	Значення
Колісна формула	4x2
Кількість місць	1
Споряджена маса m_0 , кг	225
Максимальна швидкість V_{\max} , Км/год»[6] (м/с)	268(74,42)
«Кутова швидкість колінчастого валу ω_{\max} , Рад/с (про/хв)	837,76 (8000)
Максимальна потужність двигуна N_{\max} , КВт	43
Максимальний крутний момент двигуна M_{\max} , Н·м	52,2
Тип та розмірність колеса	200/75R13
Коефіцієнт аеродинамічного опору C_x	0,32
Величина максимального долання ухилу i	0,34
ККД трансмісії $\eta_{\text{тр}}$	0,85
Габаритна ширина автомобіля, мм	1456
Габаритна висота автомобіля H , мм	1140

Продовження таблиці 2

Коефіцієнт опору коченню f_0	0,045
Передавальні числа:	
- першою передачею коробки передач U_1	2,5
- другою передачею коробки передач U_2	1,75
- третьою передачею коробки передач U_3	1,33
- четвертою передачею коробки передач U_4	1,095
- п'ятою передачею коробки передач U_5	0,956
- шостою передачею коробки передач U_6	0,869
- головної передачі U_0	3,46

2.6 Підготовка вихідних даних для тягового розрахунку

Повна маса автомобіля:

$$m_a = m_0 + m_{ч} \cdot n + m_б \cdot n, \quad (11)$$

де: m_0 - Споряджена маса автомобіля, кг;

« $m_{ч} = 75$ кг – маса однієї людини;

n - кількість пасажирів;

$m_б$ - вага багажу.

$$m_a = 225 + 75 \cdot 1 = 300 \text{ кг}$$

Повна вага автомобіля:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (12)$$

де: g - прискорення вільного падіння, м/с².

$$G_a = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ Н}$$

Автомобіль має задньопривідну компоновку, тобто ведучі задні колеса, що означає, що вага розподілена на 46% на передні колеса та 54% на задні. [6]

Вага, що припадає на привідні колеса: [4]

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$G1 = 0,50 \cdot Ga = 0,46 \cdot 2943 = 1471,5H;$$

Вага, що припадає на ведені колеса:

$$G2 = 0,50 \cdot Ga = 0,54 \cdot 2943 = 1471,5H$$

Параметри обтічності автомобіля коефіцієнт обтічності

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \quad (13)$$

де: $\rho = 1,293$ – щільність повітря за нормальних умов, [3] кг/м³.

Лобова площа автомобіля = 0,206

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (14)$$

де: B - габаритна ширина автомобіля, м;

H - габаритна висота автомобіля, м.т.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,14 = 1,332 \text{ м}^2$$

Радіус кочення цієї шини 200/75R13 визначається за допомогою цієї формули: [15]

$$rk = 0,5 \cdot d + \lambda z \cdot H, \quad (15)$$

де: d - діаметр шини, дюйм;

$\lambda z = 0,85$ - коефіцієнт вертикальної деформації;

H - висота профілю шини. [4]

Розподіл навантаження між передньою та задньою осями (M1/MA) становить від 0,53 до 0,56 у споряджених автомобілів класичного компонування, а при повному навантаженні M1/MA становить від 0,50 до 0,52. Надалі прийнемо, що M1/MA = 0,5.

Автомобілі з приводом на передні колеса мали спочатку розподіл навантаження по осях M1/MA=0,48–0,6. Так, розподіл навантаження M1/MA

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

було 0,49 на Рено-4, а М1/МА було 0,51 на Рено-16. Дослідження, у яких розглядаються екстремальні випадки руху автомобіля, включають як експериментальні, так і теоретичні дослідження, спрямовані на розробку ідеального розподілу навантаження по осях автомобілів з приводом на передні колеса:

- розгін без буксування провідних коліс при максимальному прискоренні на горизонтальній ділянці дороги із сухим асфальтованим або цементним покриттям;

- встановлений з максимальним підйомом без буксування провідних коліс на сухому асфальтованому або цементованому покритті; або

- встановлений на сухому щільному трав'яному ґрунті.

Результати показали, що при виборі найкращого розподілу навантаження по осях для автомобіля з приводом на передні колеса слід прагнути до тягово-швидкісних характеристик, подібних до тих, які є в автомобілях класичного компонування.

Рівність сил тяги, визначеної по моменту двигуна, і зчеплення провідних коліс з дорогою використовуються в трьох випадках, що розглядаються, щоб визначити ідеальний розподіл навантаження [9] по осях автомобіля з приводом на передні колеса. Сила тяг може бути визначена або за максимальним динамічним фактором сучасних автомобілів, де $D = 0,25-0,35$, або за рівняннями (2) і (4). Сила тяги зі зчеплення може бути визначена за допомогою формул (3) і (9).

Для режиму розгону з максимальним прискоренням рівняння (10) приймаємо $P_f=0$, $P_w=0$. Тоді після спільного вирішення рівнянь отримаємо:

$$P_p = P_f + P_w + P_i + P_j \quad (16)$$

$$f + \delta I \cdot f_{imax} / g = (\varphi + f) \cdot (b - \delta I \cdot h_D \cdot j_{imax} / g) / L \quad (17)$$

У правій частині рівності динамічний фактор, а в лівій – умови

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		27

зчеплення провідних коліс із поверхнею дороги. Для випадку розгону на хороших дорогах $\varphi > f$ після деяких перетворень отримуємо

$$b/L = \delta I \cdot j_{\max} (1/\varphi + h_D/L)/g \quad (18)$$

Хоча це незначно, величини в правій частині формули (21) відрізняються для різних автомобілів. Таким чином, легкові автомобілі малого та середнього класів мають менші значення $j_{\max} = 2-2,5 \text{ м/с}^2$.

Для сухих асфальтованих доріг можна встановити постійний коефіцієнт зчеплення провідних коліс з дорогою, якщо $\delta I = 1,2-1,5$, $h_D = 0,5-0,55 \text{ м}$ і $L \approx 2,2-2,5 \text{ м}$.

Згідно з розрахунковими залежностями відносного розподілу навантаження автомобіля з приводом на передні колеса по осях (b/L) від максимального прискорення, можна зробити висновок, що значення b/L змінюються в широких межах при порівняно невеликій зміні максимального прискорення j_i , а також коефіцієнтів δI обліку обертових мас.

Рис. 6 показує графік зміни крутного моменту та потужності двигуна відповідно до зміни частоти обертання.

Сили P_f і P_w завжди позитивні. Сила P_i позитивна, коли автомобіль рухається на підйом, а негативна, коли він рухається під ухил. Сила P_j позитивна, коли автомобіль швидко рухається, а негативна, коли він уповільнюється.[33]

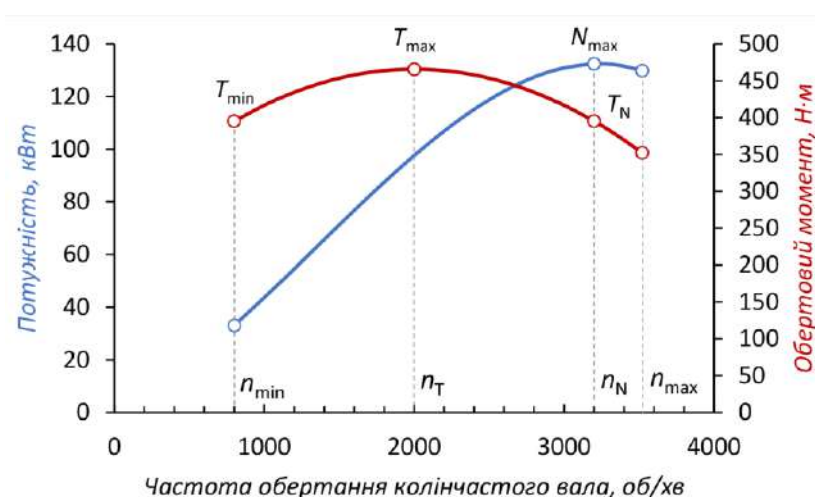


Рисунок 6 – Зовнішня швидкісна характеристика [1] двигуна

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.7 Тяговий розрахунок автомобіля

Розрахунок тяги двовісного автомобіля проводиться за тими ж рівняннями, що й для автомобіля з причепом або напівпричепом. Очевидно, що висновки, зроблені вище для двовісних автомобілів, також є справедливими для автомобілів з причепом або напівпричепом, оскільки динамічні характеристики двовісних автомобілів відрізняються лише за розміром. У всіх рівняннях необхідно вставити повну вагу агрегату $G + G'$, де G' - вага причепа або напівпричепа. Тим не менш, при розрахунку тяги автомобіля з причепом можуть виникнути нові питання, які вимагають додаткового розгляду. Такі проблеми повинні включати:

- визначити максимальну повну вагу причепа або напівпричепа G' , яка допустима для певного автомобіля-тягача;

- визначити нове передавальне число в головній передачі i_0 або редукторі i_R , які необхідно вибрати, щоб забезпечити наявний автомобіль причепом або напівпричепом.

Допустима тяга (G') причепа або напівпричепа - це максимальна тяга, яка може бути отримана на провідних колесах автомобіля-тягача. Максимальне значення ваги G' причепа або напівпричепа обмежується величиною зчеплення провідних коліс з дорогою, оскільки необхідне передатне число завжди можна змінити, щоб забезпечити відповідну тягу на провідних колесах у той момент, коли двигун МТ обертається.

Нехтуйте зміною радіальних реакцій, яка відбувається під час передачі через автомобіль-тягач тягової сили, щоб спростити завдання. При цьому весь розрахунок стає простішим, а помилка невелика. Схема автомобіля з причепом показана на рис. 10. Тягова сила $P_{f\max}$ на задніх провідних колесах автомобіля-тягача є максимальною, згідно з формулою: [21]

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$P_{fmax} \approx \phi \cdot G_2 = \phi \cdot G \quad (19)$$

де G – повна вага автомобіля.

Зважаючи на те, що швидкість автомобіля дуже низька, ми нехтуємо опором повітря:

$$P_{Pmax} = G_a = \varphi \cdot G_a = \varphi(G \cdot \dots) \quad (20)$$

де G' - повна вага причепа.

2.8 Порівняння тягово-швидкісних властивостей автомобілів

Сила тяги на провідних колесах автомобіля з приводом на передні колеса з таким же двигуном, як і автомобілі класичного компонування, може бути визначена за допомогою рівняння (24). Тягова характеристика автомобіля сприяє вирішенню цього рівняння в межах можливих швидкостей руху.

Динамічний фактор D зазвичай використовується для зіставлення різних компоновочних схем за тягово-швидкісними властивостями, і визначення рівняння (24) перетворюється на вид:

$$D = [(\alpha M_{am} \cdot 0,5 c_x \cdot \rho \cdot F_L) \cdot v^2 + b_M \cdot b_v \cdot v + c_M \cdot c_v] / G_a \quad (21)$$

Рівняння (27) використовується для отримання динамічної характеристики. Прискорення, яке створює автомобіль під час розгону

$$J_a = (a_j \cdot v^2 + b_j \cdot v + c_j) / (\delta I \cdot M_a) \quad (22)$$

Кожна передача представлена своєю параболою в графіку рівняння (28). Координати v , J_{amax} визначають верхню межу парабол.

Першу похідну правої частини рівняння можна прирівняти нулю, щоб створити подібні рівняння. У всьому діапазоні швидкостей і прискорень

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнти a_j негативні. Внаслідок незручності використання прискорення зазвичай не використовується як оцінний параметр, хоча воно показує швидкість автомобіля. Час t і шлях S розгону автомобіля були найбільш поширеними вимірювачами динаміки розгону.

Тяговий баланс автомобіля характеризує розподіл тягової сили за різними видами опору руху. Аналогічно це може бути розподілено відповідно до різних типів опору руху автомобіля та потужності N_m , що виробляється двигуном. Потужний баланс автомобіля — це розподіл потужності двигуна за різними видами опору.[40]

$$N_m == N_t + N_f + N_w + N_i + N_j \quad (23)$$

$$N_m == N_t + N_f + N_w \quad (24)$$

$$N_t = (1 - \eta_m) \cdot N_m \quad (25)$$

де η_m — коефіцієнт навантаженості.

Незважаючи на те, що рівняння балансу потужності описують потенційні тягово-швидкісні властивості за характеристиками двигуна та трансмісії, ефективне використання цих властивостей вимагає зчеплення провідних коліс з дорогою, що призводить до статичного розподілу навантаження по осях. Для порівняльної оцінки автомобілів слід розглянути динаміку руху автомобіля на підйомі та при подоланні підйомів на вищій передачі. Розподіл нормальних реакцій відбувається під час руху. Реакції збільшуються на задніх колесах і зменшуються на передніх, коли кут підйому збільшується. Автомобілі з задніми провідними колесами починають втрачати керованість і поздовжню стійкість після досягнення певного кута підйому. Це відбувається, коли на провідних колесах залишається достатньо місця для зчеплення цих коліс з дорогою [46]. У всіх режимах привідного руху втрата зчеплення привідних коліс випереджає перекидання, що гарантує поздовжню стійкість.

Коли розробляються автомобілі з приводом на передні колеса,

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження на передні колеса в статичному стані зазвичай більше, ніж на задні, щоб забезпечити зчеплення привідних коліс з дорогою. Хоча збільшення навантаження на передні колеса покращує зчеплення коліс з дорогою [7], під час руху горизонтальною дорогою передні колеса піддаються певному навантаженню.

Розглянемо залежність швидкості руху від кута підйому та максимального кута підйому дороги, по якій автомобіль може рухатися з встановленою швидкістю на нижчій передачі, як оцінювані параметри, що характеризують здатність автомобіля рухатися на підйом. За формулою (26) сила РК тяги, що виражається моментом двигуна, визначає здатність автомобіля підніматися.

З боку дороги на передні колеса автомобілів з приводом [13] визначаються типові реакції на рух на підйом:

$$Rz1 = Ga (f_0 \cos \alpha\Pi + \sin \alpha\Pi)/L \quad (26)$$

І на задніх колесах автомобілів класичного компоновання:

$$Rz2 = Ga (a \cos \alpha\Pi + hД \sin \alpha\Pi)/L \quad (27)$$

Сила зчеплення привідних коліс з дорогою пропорційна звичайній реакції, що діє на ці колеса, і коефіцієнту зчеплення шин з дорогою. У процесі розгону горизонтальною дорогою, коли ми нехтуємо опір коченню та повітря, реакція на передні ведучі колеса зменшується.

$$N_m \cdot \eta_m = \psi Gv^2 + W \cdot v^2 + \delta \frac{G}{g} \quad (28)$$

$N_f = F_f \cdot V$ – потужність, витрачена подолання сил опору коченню коліс, Вт; [3]

« $N_T = F_T \cdot V$ – потужність, витрачена на подолання сил опору підйому ($N_T=0$), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$ – потужність, витрачена подолання сил опору повітря, Вт;

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_D = F_i \cdot V$ - потужність, витрачена на подолання сили інерції автомобіля [9] ($N_B = 0$), Вт.

Відповідно до рівнянь (24) і (25), коли розгін здійснюється з повним використанням можливостей двигуна та зчеплення коліс з дорогою, слід підставляти максимальне прискорення, щоб розглянути екстремальний випадок. Для того, щоб автомобілі обох схем компоновки з різними масами та одним і тим же двигуном мали рівні реакції передніх і задніх коліс, необхідно забезпечити рівність реакцій.

$$\eta_m = \frac{M_p}{M \cdot i_v \cdot i} \quad (29)$$

$$P_p = \frac{M_m \cdot i_K \cdot i_o \cdot v}{r} \quad (30)$$

Рисунок 7 – Потужний баланс

На рис. 7 наведено результати випробування коробки передач автомобіля під час включення передач.[2]

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.9 Тягові характеристики автомобіля

Автомобілі з приводом на передні провідні колеса можуть досягти таких же максимальних підйомів, як автомобілі класичного компонування, за умови, що їхній центр мас зміщений до осі передніх коліс. Прави частини рівнянь (21) і (22) прирівнюються, щоб визначити величину зміщення центру мас і ступінь впливу компоновочної схеми автомобіля на максимальний кут підйому. Якщо автомобіль із приводом задніх колес має рівномірне розподіл навантаження по осях, то $a = 0,5 L$ відповідно до рівняння (23). Координати центру мас після перетворення показують, що автомобілі з приводом на передні колеса долають такі самі максимальні підйоми, як і автомобілі з задніми привідними колесами при рівному розподілі навантаження по осях [13]:

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_D + 2f \cdot r_D - f \cdot h_D \quad (31)$$

Для того, щоб автомобілі, що розглядаються, мали однакові максимальні кути підйому за умовою зчеплення, центр мас автомобіля з приводом на передні колеса був зміщений вперед на величину $\Delta a = \varphi \cdot h_D + 2f \cdot r_D - f \cdot h_D$. З цього рівняння випливає, що максимальний кут підйому за умовою зчеплення провідних коліс [10] залежить від конструктивних параметрів L , b , h_D , r_D та дорожніх умов f . Розрахунки показали, що рівняння можна представити як $b = 0,5L + \varphi h_D$ з достатнім ступенем точності.

Зчіпні властивості двох розглянутих автомобілів приблизно рівні при $\varphi = 0,4$, а їхні максимальні кути підйому приблизно 10° . Залежність $\alpha_{\text{П}} = f(\varphi)$ автомобілів, що розглядаються, значно відрізняється при великих коефіцієнтах зчеплення. Аналіз руху на підйом був правильним для автомобілів з повним навантаженням. Тим не менш, легкові автомобілі використовуються здебільшого з частковим навантаженням, тому дослідження тягово-динамічних властивостей при русі автомобілів на підйом

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

при неповному навантаженні є важливим.

Відношення правої та лівої частин формули (17) можна використовувати для визначення максимального кута підйому при неповному навантаженні та заданої швидкості руху з урахуванням можливостей двигуна $\alpha_{ПДМАХ}$. При повному навантаженні масу автомобіля M_a слід підставляти, а при частковому навантаженні масу автомобіля M_i . Обидві компоновочні схеми автомобілів зазвичай демонструють не повністю завантажені задні сидіння та багажне відділення. При частковому навантаженні абсолютне та відносне навантаження на задніх колесах зменшується, а відносне навантаження збільшується на передніх колесах. Центр мас обох автомобілів зміщується до осі передніх коліс, тому вони мають рівні можливості подолання підйомів [37]. Результати розрахунків зводимо в таблицю 3 і будуємо графіки та рис. 8.

Таблиця 3 - Результати розрахунку паливно-економічної характеристики автомобіля

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
314,16	27,91	0,53
366,52	32,56	0,81
418,88	37,21	1,17
523,60	46,51	2,38
575,96	51,16	3,28
628,32	55,82	4,31
680,68	60,47	5,72
733,04	65,12	7,54
837,76	74,42	15,98

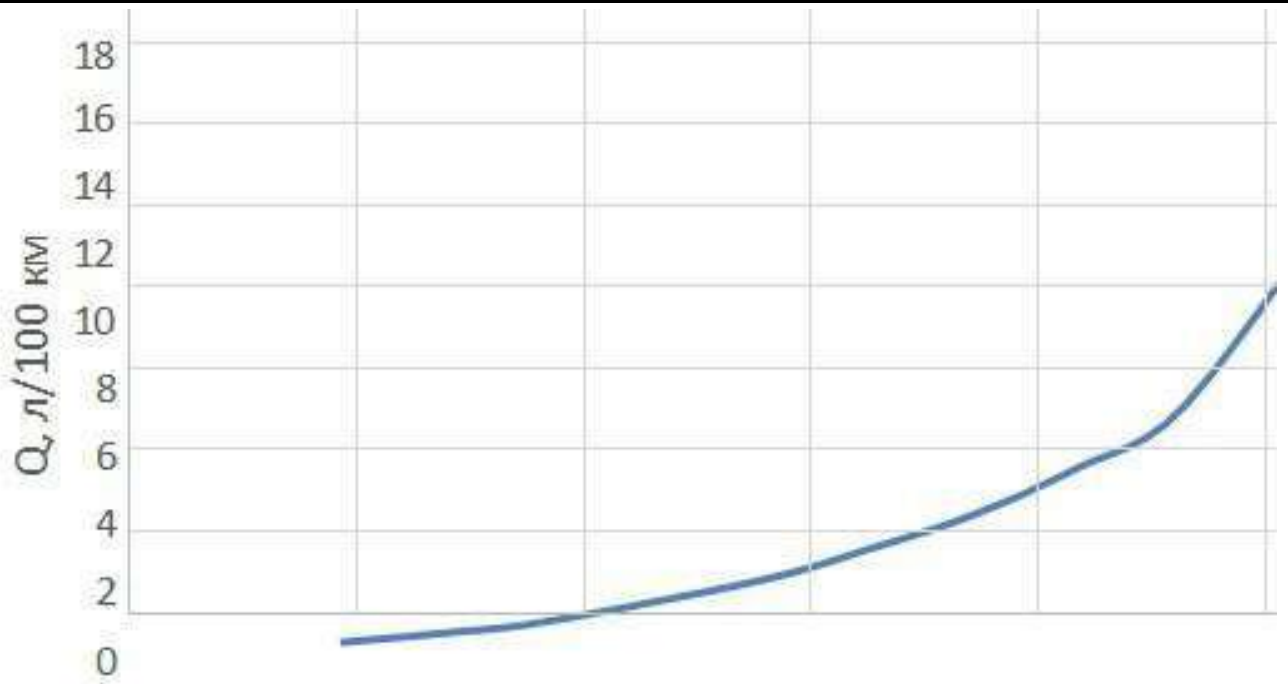


Рисунок 8 – Дорожня витрата палива [1]

Висновок:

Компонування вузлів і агрегатів, які забезпечують зручність розміщення пасажирів у салоні, посадку та вихід, керованість і стійкість, а також тягово-зчіпні властивості, особливо для автомобілів з приводом на передні колеса, визначають розподіл навантаження по осях для автомобілів усіх схем компонування.

3 Розробка конструкції

3.1 Технічне завдання

Назва та область застосування

Стенд, призначений для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля. Призначений для перевірки герметичності та ефективності вакуумних підсилювачів гальм легкових автомобілів. Пристрій, також відомий як стенд, є корпусом, який конструктивно поєднаний з насосом, який створює розрідження в ресивері для виконання операцій з перевірки технічного стану гальмівного приводу. Для зменшення трудомісткості та механізації процесу перевірки працездатності вакуумного підсилювача гальм інжекторних двигунів легкових автомобілів стенд призначений для розміщення на ділянці діагностики СТО (рис. 9). Умови роботи стенду: стенд розташований у закритому приміщенні зі штучним освітленням, примусовою вентиляцією, температурою від +15°C до +40°C, відносною вологістю повітря не більше 75%. У приміщенні є джерело електроживлення.

Підстава для розробки

Кафедра трибології, автомобілів і матеріалознавства розробляє стенд як частину кваліфікаційної роботи на тему «Модернізація стенду для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля».

Розробка має мету та призначення.

Розробити стенд для випробувань вакуумного підсилювача гальм. На станціях технічного обслуговування стенд слід використовувати для очищення від забруднень і перевірки вакуумного підсилювача гальм легкових автомобілів.

Джерела розробки.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Стенд для перевірки пневмосистем [6] «SW-2 представлений рис. 10». Компресор служить створення запасу розрядженого повітря під певним тиском (розрядженням).

Основні технічні вимоги

Відповідно до параметрів, наведених у таблиці 6, стенд повинен складатися з рами, ресивера для запасу розрядженого повітря, що відкачує компресор або насос, фільтруючого елемента, манометрів, приводу для установки гальмівної педалі, головного гальмівного циліндра та панелі, на якій встановлюються манометри пульта управління. Коли елемент розряджається на 0,2 атм, надлишковий тиск скидається через редуційний клапан, а робочий тиск залишається на гальмівній магістралі 0,08–0,12 атм.

Стенд повинен мати можливість перевіряти кілька параметрів одночасно, щоб прийняти об'єктивне рішення щодо дефекту випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля.

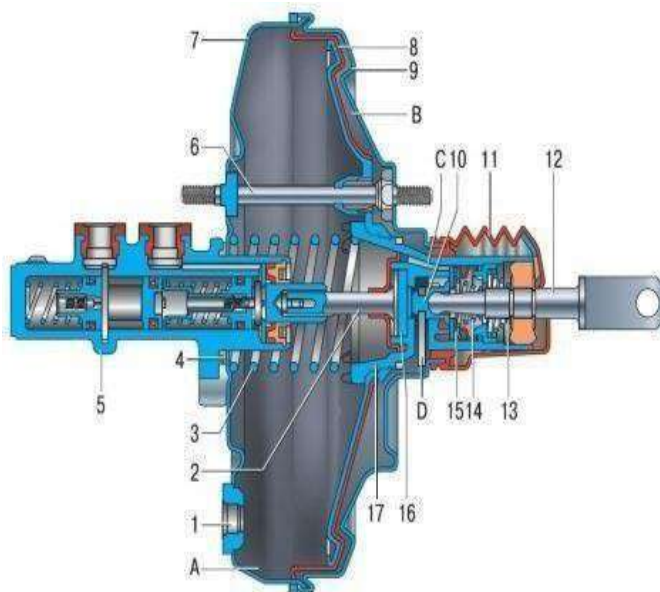


Рисунок 9 - Схема вакуумного підсилювача

Насос, що відкачує, повинен створювати розрядження, як у впускній системі автомобіля 0,08÷0,12 атм.

Зовнішній вигляд і розташування основних компонентів показані на

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зразку вакуумного підсилювача на малюнку 9. Діафрагма ділить корпус підсилювача на дві камери. Вакуумна камера знаходиться біля головного гальмівного циліндра. Камера, розташована з боку педалі гальма, є атмосферною.

Вакуумна камера з'єднана з джерелом розрядження через зворотний клапан. Після дросельної заслінки область у впускному колекторі двигуна зазвичай служить джерелом розрядження. Вакуумний електронасос може використовуватися для безперебійної роботи вакуумного підсилювача на всіх режимах роботи автомобіля. При зупинці двигуна зворотний клапан відключає вакуумний підсилювач і джерело розрядження. Діафрагма з'єднана зі штоком поршня головного циліндра гальмівного з боку вакуумної камери. Рух діафрагми переміщує поршень і нагнітає гальмівну рідину до колісних циліндрів.[27]

Стенд повинен бути встановлений на верстат із твердим гумовим або сталевим покриттям, як показано в таблиці 4.

Стенд має мати переваги перед аналогічними прототипами, такими як простота виготовлення, обслуговування та робота. Усе це Щоб зменшити витрати, стенд повинен мати можливість виготовлення самостійно в умовах СТО. Для того, щоб стенд міг бути переміщений і встановлений у найкращому місці для планування, його вага не повинна перевищувати 15 кг. З метою підвищення безпеки [27] роботи зі стендом і запобігання псування майна та шкоди здоров'ю робочого персоналу форсунка повинна бути виключена.

Вакуумний підсилювач з головним гальмівним циліндром, який є об'єктом випробувань, встановлюється в робочому положенні відповідно до технічної документації на поперечну раму.

Форма устаткування повинна бути тектонічно ясною, тобто містити інформацію про те, як працює конструкція. Композиція повинна бути рівною завдяки пропорціям контурів обладнання. Обладнання має бути пофарбовано в біло-синій колір, щоб воно гармонійно вписувалося в інтер'єр приміщення.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дрібні деталі обладнання не повинні бути хаотично розташовані, а при необхідності повинні бути закриті декоративними панелями. Крім того, стенд повинен мати функцію автоматичного відключення живлення форсунок для безпеки та зменшення людського впливу.

Таблиця 4 – Технічні характеристики стенду

Найменування показників	Значення
Число підсилювачів, що перевіряються	1 шт
Типи підсилювачів, що перевіряються	1-2
Об'єм ресивера	25 л;
Напруга живлення	12 В / 220 В
Потужність	не більше 150 Вт
Габаритні розміри	не більше 600x500x300 мм
Маса	не більше 150 кг
Тиск насоса, що подає	6 атм
Робочий тиск	0,08÷0,12 атм
Таймер для перевірки	5 сек

Економічні показники

Бюджет проекту розробку документації становить 60.000 грн.

Вимоги до надійності.

Напрацювання на відмову не менше 10000 годин.

Вимоги до стандартизації та уніфікації.

Всі деталі стенду крім корпусу, гідروпроводу та електропроводки повинні бути з числа застосовуваних на автомобілях всіх марок.

Вимоги до безпеки:

Можливість встановлювати у приміщеннях із класом пожежонебезпеки В2.

Вимога до чисельності та кваліфікації персоналу.

Обслуговування стенда повинно проводитися одним слюсарем з розрядом не нижче третього.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Вимоги до технічного обслуговування.

Технічне обслуговування стенда повинно проводитися робітником персоналом СТО не частіше ніж один раз на шість місяців.

Стенд для перевірки та випробувань вакуумного підсилювача гальм "SW-2" (прототип) представлений на рис. 10.



Рисунок 10 – Стенд для перевірки «SW-2»

«Стадії та етапи розробки.

- Розробка технічного завдання;
- Розробка технічної пропозиції;
- Розробка ескізного проекту;
- Розробка робочого проекту;
- Розробка комплексної конструкторської документації;
- Порядок та контроль приймання.

Виробляється після кожної стадії чи етапу розробки.»[24]

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3.2 Технічна пропозиція

Відповідно до технічного завдання необхідно створити стенд для вакуумних підсилювачів гальм на станціях технічного обслуговування та на автомобільних підприємствах. Запропоновано використовувати стенд для перевірки та випробувань вакуумного підсилювача гальм «SW-2» як перший варіант.

Нині без спеціального обладнання неможливо обслуговувати та ремонтувати автомобілі.[2]

Застосування технологічного обладнання підвищує якість виконуваних робіт, скорочує час, необхідний для обслуговування автомобіля, і підвищує продуктивність праці.

При технічному обслуговуванні та поточному ремонті автомобілів діагностичні роботи є одними з найскладніших (близько 10-16% трудомісткості всіх робіт). Діагностичні роботи включають перевірку стану деталей і вузлів гальм легкових автомобілів [16]. Складність діагностичних робіт вимагає використання спеціального обладнання. Обладнання, яке входить до цієї категорії, включає [6] тестери моторів, тестери виконавчих механізмів, сканери, розрядники та імітатори датчиків.

Відмінність удосконаленого об'єкта від прототипу, вибраного з аналогів, полягає в тому, що стенд є недорогим, простим у виготовленні, обслуговуванні та використанні. Невелика маса конструкції дозволяє її переміщувати та встановлювати в ідеальному місці для планування. [6]

Машина для компресора Він складається з коромисел, двох плунжерів, двох шатунів, колінчастого валу, двох нагнітальних і двох впускних клапанів з пружинами, головки, двох поршнів, шатунів і картера[4].

Завдяки запобіжному клапану пневматична система захищена від несправності регулятора тиску. Він встановлюється на правому повітряному балоні та регулюється на тиск повітря в системі, який становить від 0,01 до

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

0,02 МПа.

Повітряний балон зберігає стиснуте повітря, що надходить від компресора. У них є запобіжний клапан і крани для зливу води та олії. Кран відбору повітря, отвір якого закривається ковпачковою гайкою, використовується для накачування стисненим повітрям шин. Автомобілі мають кілька балонів.

3.2.1 Стенд для тестування НР-108п



Рисунок 11 - Стенд для тестування НР-108п

Установка вакуумних підсилювачів гальм легкових автомобілів для тестування (рис. 11). дозволяє моделювати будь-які параметри роботи двигуна під час процесу тестування, адаптуючи їх до системи управління двигуном.

Характеристики гальмівного тестера включають діапазон обертів від 19990 об/хв до 9990 об/хв, діапазон вимірювання тиску від 0-7 бар і час циклу від 1 до 30 секунд. Тестер може працювати з різними підсилювачами гальм, включаючи найновіші типи (GDI, HPI та FSI). Набір перехідників для вакуумних підсилювачів гальм легкових автомобілів (а також впускних клапанів і золотників) за допомогою спеціального реагенту без знімання штуцерів входить до комплекту постачання; робота установки не вимагає багато спеціальних рідин; і витратні матеріали та спеціальні рідини завжди

доступні.[16]

Переваги установки:

- Надійність - установки працюють на сервісах вже понад 7 років.
- Інструкція українською – книжка
- Виробництво LANTECH,

3.2.2 Стенд для перевірки F-Sonpax-600I



Рисунок 12 - Стенд для перевірки

Призначення та переваги F-Sonpax-600I (рис. 12).

Манометр можна використовувати для перевірки тиску повітря в повітряних балонах і гальмівних камерах системи пневматичного приводу. Він має для цього дві шкали та дві стрілки. Нижня шкала показує тиск у гальмівних камерах, а верхня шкала показує тиск у повітряних балонах.

Повітряний фільтр служить для очищення вологи та олії з повітря, що надходить від компресора в пневматичну систему. Встановлено його на поперечній балці повітряних балонів.

Антифризійний насос запобігає замерзанню пневматичної системи взимку через конденсат.

Робота пневматичної системи гальм: компресор виробляє повітря під тиском і зберігає його в повітряних балонах. Гальмівний кран реагує на натискання педалі гальма, що призводить до тиску в гальмівних камерах [4].

Стенд від аналогів відрізняється тим, що він має режим «ОР», який запобігає виходу з ладу. Алгоритм, спеціально розроблений для контролю робочої напруги регулятора.

3.2.3 Стенд для перевірки [19] SU8437A



Рисунок 13 - Стенд для перевірки

Найпоширенішими стендами для випробувань пневмоапаратури є стенди SU8437A (рис. 13), які також можуть використовуватися для підсилювачів вакуумних гальм легкових автомобілів. Випробування герметичності включає створення та стабілізацію розрідження у вакуумній камері підсилювача при тиску $0,075 \pm 0,005$ МПа, а потім витримування розрідження протягом одного хвилини при різних статичних зусиллях на вхідному штоку. Значення зусиль на гальмівній педалі базового автомобіля можуть становити 0%, 20% і 120% максимального зусилля, помноженого на передавальне відношення педалі. При цьому фіксують випробувальний тиск, розрідження та тиск на виході з робочих порожнин циліндра ГГС, час

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

витримування, переміщення штока та зниження розрідження під час витримування, а також наявність або відсутність витоку рідини.[16]
Випробування герметичності у ненавантаженому стані та під навантаженням:

3.3 Конструкція пристрою

Зусилля передається до клапана, що стежить, через штовхач, коли ви натискаєте педаль гальма. Клапан перекриває канал, який з'єднує атмосферну камеру з вакуумною. При подальшому русі клапана атмосферна камера з'єднується з атмосферою через відповідний канал. Зменшується зарядження атмосферної камери. Різниця тисків діє на діафрагму, яка переміщує шток поршня головного гальмівного циліндра, долаючи зусилля пружини. Вигляд стенду можна побачити на рис. 14.

Конструкція вакуумного підсилювача збільшує зусилля на штоку поршня головного циліндра гальмівного, пропорційне силі натискання на педаль гальма. Іншими словами, підсилювач працює краще, коли водій натискає на педаль більше.

Після завершення гальмування атмосферна камера з'єднується з вакуумною камерою, що призводить до вирівнювання тиску між двома камерами. Під дією зворотної пружини діафрагма переміщується у вихідне положення.

Вакуумний підсилювач гальм зазвичай три-п'ять разів перевищує зусилля від ноги водія. Збільшення кількості камер вакуумного підсилювача та діафрагми призводить до збільшення додаткового зусилля. Гальмівний кран регулює стиснення повітря з балонів до гальмівних камер, керуючи гальмами автомобіля. Гальмівний кран також забезпечує постійне гальмівне зусилля при незмінному положенні гальмівної педалі. Крім того, при припиненні натискання на педаль він швидко розгальмовує.

Повітропровід з'єднується між окремими елементами за допомогою

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

з'єднувальної головки, розташованої на задній поперечці рами.

Магістраль відокремлюється від причепа за допомогою роз'єднувального крана, який встановлюється перед сполучною головою. Після підключення пневматичної системи причепа кран відчиняють. [12]

У комплекті зі стендом є набір перехідників і адаптерів, які дозволяють обслуговувати механічні підсилювачі гальм. Цей стенд є новим поколінням і має нові функції:

- Гарантія якості та авторитет компанії Launch
- Надійність та довговічність
- Максимальна функціональність та технологічність
- Мінімальний термін окупності

3.4 Посібник з експлуатації

Об'єкт випробувань розташовується на громадській рамі. Відповідно до конструкторської документації на об'єкт випробувань, положення об'єкта є робочим.

Об'єкт кріпиться до рами за допомогою болтів з гайками та пружинних (гровірних) шайб. Круті перехідні штуцери підключають об'єкт до гальмівної системи стенду.

Щоки вакуумного підсилювача та силового циліндра з'єднуються болтами М8.

Підключення до гальмівної системи стенду виконується відповідно до КД на об'єкті випробувань. У випадку, якщо принцип роботи об'єкта випробувань вимагає наявності розширювального бачка, у гальмівній системі стенда передбачено кріплення, яке можна встановити.[20]

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



Рисунок 14 - Зовнішній вигляд стенду

У стенді є гідравлічний контур для перевірки працездатності гальм і кермо.

Після того, як об'єкт встановлюється на стенд і підключений до гальмівної системи стенду, повітря видаляється з об'єкта випробувань і гідравлічних магістралей. Це робиться для заповнення системи гальмівної рідини.

Створення тиску в гальмівній системі стенду та об'єкті випробувань, а також візуальний контроль місць з'єднання магістралей стенду з об'єктом випробувань є двома способами перевірки герметичності системи. [24]

Послідовність робочих операцій

Рекомендується наступна послідовність дій:

- Перевірка герметичності;
- Перевірка продуктивності.

Перевірка герметичності.

Випробування герметичності включає створення та стабілізацію розрідження у вакуумній камері підсилювача при тиску $0,075 \pm 0,005$ МПа, а потім витримування розрідження протягом одного хвилини при різних статичних зусиллях на вхідному штоку. Значення зусиль відповідають нулю,

двадцяти і сто відсотків максимального зусилля на гальмівній педалі стандартного автомобіля, помноженого на передавальне відношення педалі. При цьому фіксують випробувальне зусилля, розрідження та тиск на виході з порожнин циліндра ГГЦ, час витримки, переміщення штока та зниження розрідження під час витримування, а також наявність або відсутність витoku рідини. [18]

Технічне обслуговування стенду: Заміна рідини для перевірки

Проводиться регулярно, коли поточна порція рідини забруднюється.

Послідовність операцій:

- відключити стенд тумблером напруги; [21]
- відкрутити болт для зливу рідини, злити рідину в тару для рідини, що відпрацювала;
- закрутити болт для зливу рідини;
- залити нову рідину.

Гарантійні зобов'язання.

Прилад має гарантію на усунення несправностей і заміну складових частин, що вийшли з ладу, протягом 24 місяців від дати продажу, за умови дотримання вимог з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування, викладених у цьому документі. Гарантія не стосується компонентів, які схильні до природного зносу; вона стосується лише дефектів у матеріалах і вузлах.

Виробник несе відповідальність за усунення дефектів протягом гарантійного строку.

При виявленні заводського дефекту терміни гарантійного ремонту визначаються залежно від виду ремонту та трудомісткості, а гарантійний період продовжується тимчасово, поки стенд ремонту працює.

Термін гарантійного ремонту визначається відповідно до існуючих законів.

Виробник не несе відповідальності за матеріальні та моральні збитки за

просте обладнання під час ремонту.

Гарантія не включає роботи з технічного обслуговування, які вказані в цьому документі та повинні бути суворо виконані.

Виробник не несе юридичної відповідальності за наслідки експлуатації у випадках: самовільного розбирання вузлів і агрегатів, внесення змін до конструкції,

Якщо під час розгляду reklamaciji з'ясується, що немає заводського дефекту, власник зобов'язаний сплатити витрати, пов'язані з розглядом reklamaciji, відповідно до чинного тарифу.[15]

Висновки по розділу: Проведено дослідження та аналіз технологічного обладнання, включаючи стенди для перевірки вакуумних підсилювачів гальм. Виконано огляд існуючих конструкцій, проаналізовано переваги та недоліки різних альтернатив. Вибрано конструктивну схему стенду з необхідним описом.

Складається стенд із зварної коробчастої рами-бака. На рамі закріплена нерухомо стійка, в яку встановлюється вакуумний підсилювач гальм.

Вдосконалений стенд є кращим, ніж прототип, обраний з аналогів, тому що він недорогий, простий у виготовленні, обслуговуванні та використанні. Невелика маса конструкції дозволяє її переміщувати та встановлювати в ідеальному місці для планування.

- встановлення об'єкта випробувань на стенд та підключення до гідравлічної та гальмівної систем стенду;

- контроль герметичності;
- зняття силових показників;
- зняття гідровакуумних характеристик;
- зняття об'єкта випробувань зі стенду.

встановлення об'єкта випробувань на стенд і підключення його до гальмівної системи стенду

Об'єкт випробувань прикріплюється до спеціальної рами. Відповідно до конструкторської документації на об'єкт випробувань, положення об'єкта є робочим.

Об'єкт кріпиться до рами за допомогою болтів з гайками та пружинних (гроверних) шайб. Перехідні штуцери забезпечують підключення об'єкта до гальмівної системи стенду.

Щоки вакуумного підсилювача та силового циліндра з'єднуються болтами М8.

Підключення до гальмівної системи стенду виконується відповідно до КД на об'єкті випробувань. У випадку, якщо принцип роботи об'єкта випробувань вимагає наявності розширювального бачка, у гальмівній системі стенда передбачено кріплення, яке можна встановити.

Після того, як об'єкт встановлюється на стенд і підключений до гальмівної системи стенду, повітря видаляється з об'єкта випробувань і гідравлічних магістралей. Це робиться для заповнення системи гальмівної рідини.

Створення тиску в гальмівній системі стенду та об'єкті випробувань, а також візуальний контроль місць з'єднання магістралей стенду з об'єктом випробувань є двома способами перевірки герметичності системи.

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

4.3 Випробування підсилювача на ефективність

Випробування на ефективність включають створення стабілізованого розрідження у вакуумній камері при тиску рідини на вході в робочий циліндр $0,065 \pm 0,003$ МПа (ТУ) і досягнення від 0 до 120 відсотків максимального зусилля на гальмівній педалі стандартного автомобіля, помноженого на передатне відношення педалі.

Фіксуються значення зусилля на штовхачі ВПГ (на вході - $N_{вх}$) і тиску $P_{вх}$ (зусилля $N_{вх}$) з головного гальмівного циліндра ГГЦ при значенні розрідження $0,065 \pm 0,003$ МПа. Щонайменше п'ять значень повинні бути записані.

Будують графіки залежностей тиску на виході апарата від зусиль або тиску на його вході на основі результатів випробувань, які повинні бути середньоарифметичними для кожного з трьох вимірювань. Результати випробувань повинні відрізнятися від ТД лише на 10%.

З'єднати підсилювач безпосередньо з джерелом розрядження (без зворотного клапана), дати вакуум і відрегулювати розрядження до певного рівня $0,065 \pm 0,003$ МПа.

Метод випробування підсилювача залежить від того, які прилади використовуються. Безперервний підхід Використовується за наявності самописця та датчика навантаження.

Завантажте вхідне навантаження. Збільшуйте вхідне навантаження поступово та плавно від нуля до 1770 Н. Потім поступово та плавно зменшуйте навантаження до нуля. Операція триває від шести до десяти секунд.

Метод розширення використовується, коли є кільцеві динамометри. Розподіліть вхідне навантаження 1770 Н на рівні інтервалів збільшення. Збільшуйте навантаження на вході в певні інтервали та записуйте вихідне навантаження, коли ви збільшуєте навантаження. Зменшіть його за тими ж

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

інтервалами, коли буде досягнуте максимальне вхідне навантаження. Результати тестів ефективності повинні бути показані на графіку [24] (рис. 16). На графіку вхідні навантаження відображаються по горизонталі, а вихідні навантаження — по вертикалі. [3, 6].

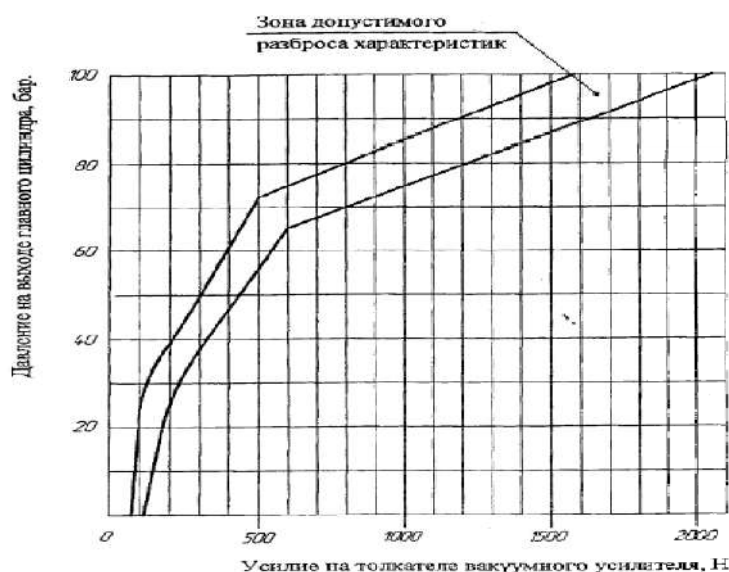


Рисунок 16 – Графік зусиль

Висновки по розділу: якщо під час випробувань один із зразків не відповідає вимогам справжніх технічних умов, підприємство-виробник має вжити заходів щодо усунення дефекту, а зразок, який виявлено дефект, буде визнано ВТК підприємства-виробника неприйнятним виробом, що може призвести до відмови в роботі вузлів, агрегатів, систем автомобіля під час випробувань або протягом гарантійного періоду експлуатації автомобіля [44, 22]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ

Арк.

54

5 Безпека та екологічність технічного об'єкта

5.1 Конструктивно-технологічна характеристика об'єкту

Розгляд динаміки системи водій-автомобіль-дорога має багато проблем. Водії мають різні фізичні та психологічні характеристики, а також різні рівні професійної підготовки. Як механічна система, автомобіль складається з багатьох вузлів і механізмів, які мають різні взаємні зв'язки та пов'язані між собою через колеса з дорогою. З іншого боку, автомобільні дороги відрізняються великою різноманітністю мікро- та макронерівності, закруглень у плані, зчіпних властивостей з колесом та інших факторів. Надалі оцінюється динаміка руху автомобіля з приводом на передні колеса, порівнюючи її з динамікою автомобілів класичного компонування, а іноді і з розташуванням двигуна ззаду. [2] Аналітичні дослідження керованості та стійкості автомобілів проводяться за допомогою математичних моделей різної складності. Створення п'яти масових моделей, які складаються з маси кузова та чотирьох коліс з безпружинними частинами, призводить до складної та складної системи рівнянь, яка негативно впливає на стійкість і керованість автомобіля. Для вирішення такої системи часом складно підібрати відповідні вхідні параметри, тому зараз широко використовується одна масова модель з шістьма ступенями свободи. Лінійні переміщення моделі розглядаються в нерухомій системі координат X_0 , Y_0 і Z_0 . З іншого боку, кутові переміщення кузова автомобіля розглядаються в системі координат, яка переміщується разом з автомобілем і закріплена в центрі мас.[24]

Закономірність зміни стабілізуючих моментів за наявності реакцій від сил тяги чи гальмівних сил є протилежною бічним реакціям. Стабілізуючі моменти зменшуються за лінійним законом за наявності гальмівних сил. Це зменшується швидше з більшим кутом відведення. Стабілізуючі моменти

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

можуть бути негативними, коли кут відведення та гальмівна сила збільшуються. Стабілізуючі моменти зростають (до певного рівня сили потягу), а потім падають. Зі збільшенням загального навантаження на колесо максимум стабілізуючого моменту зміщується у бік високих значень R_z . [7]

Результати випробувань, проведених на досліджених шинах у різних режимах руху колеса, показують, що в наближених розрахунках експлуатаційних властивостей автомобіля за відсутності ковзання та кутів відведення $\delta \leq 4^\circ$ коефіцієнти опору відведення в гальмівному режимі залишаються постійними, а в ведучому режимі зменшуються лінійно із збільшенням сили тяги. Складні залежності необхідні для більш точних розрахунків [4, 5]. У провідному режимі стабілізаційні моменти залишаються приблизно постійними, але коли гальмівні сили збільшуються, вони зменшуються по лінійній залежності. Точність розрахунку та нормальне навантаження колеса визначають поздовжні реакції, які обмежують застосування таких закономірностей. Так, для нормальних навантажень колеса $GK \geq 3$ кН при коефіцієнті зчеплення $\varphi = 0,65$ та гальмівній силі 750 Н близька сталість коефіцієнта відведення зберігається. Відхилення стають значними при менших нормальних навантаженнях. Бічні реакції постійно знижуються, коли є поздовжня тягова реакція R_{zx} . Такі закономірності зберігаються, коли кути відведення $\delta = 6^\circ$. За наявності реакцій гальмівних сил або сил тяги різниця бічних реакцій зменшується при $\delta = 8^\circ$, а при $\delta = 10^\circ$ практично відсутня.

5.2 Рух автомобіля при повороті

Повертання автомобіля є однією з ключових характеристик, яка визначає керованість автомобіля та значно впливає на його стійкість. Керованість автомобіля визначається траєкторією його руху та залежить від багатьох його конструктивних і експлуатаційних характеристик.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Повертаємо автомобіль як ідеальний, якщо його траєкторія руху відповідає кінематиці рульового приводу при рівності кутів відведення δ_p передніх і задніх коліс. Незалежно від конструктивних і експлуатаційних параметрів цього автомобіля радіус повороту $R_0 = L/\text{tg}\theta_0 \approx L/\theta_0$. У процесі експлуатації неможливо забезпечити рівність кутів відведення ($\delta_p = \delta_z$) при реальних конструктивних параметрах. Отже, траєкторії руху реального та «ідеального» автомобіля поєднуються $R = L/(\theta - \delta_p + \delta_z)$, а значущість багатьох параметрів, що впливають на траєкторію руху, виражається кутами відведення δ_p і δ_z .

Недостатня, надмірна та нейтральна повертаємість є трьома поняттями, які широко використовуються для оцінки повертаємість. Дослідники по-різному визначають ці ідеї. Так, деякі дослідники досліджують повертаємість транспортного засобу за допомогою співвідношення кутів відведення передньої та задньої осей. Повертаємість недостатня при $\delta_p > \delta_z$, надлишкова при $\delta_p < \delta_z$, нейтральна при $\delta_p = \delta_z$. Іноді обертання можна визначити за допомогою співвідношення між дійсним R радіусом кривизни траєкторії руху автомобіля та теоретичним R_0 . Якщо немає кутів відведення, це називається $R = R_0$, якщо є надлишкова повертаємість, а якщо є нейтральна, то $R = R_0$.

Недостатня, нейтральна та надмірна повертаємість – це властивість автомобіля відповідно збільшувати, не змінювати або зменшувати радіус повороту при підвищенні швидкості руху по колу із закріпленим кермовим керуванням. Ці визначення відомі як галузева норма. Перші два визначення повертаємість пов'язані один з одним, і те, чому вони звучать по-різному, залежить від методу випробувань автомобілів на повертаємість. Зверніть увагу, що ці визначення є специфічними для конкретного режиму руху та не забезпечують функціональної залежності або достатності переходу від недостатньої до надлишкової (від надмірної до недостатньої) повертаємість автомобіля. Крім того, вони не можуть описати повертаємість автомобіля в усіх режимах швидкості та навантаження. Останнє визначення більш детально

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

описує повертаємість і добре описує зміну повертаємісті для конкретного автомобіля. Воно приймається у наступному описі. Крім того, через податливість рульового приводу шинні, кренові та іноді обертальні характеристики відрізняються. Шинна повертаємість — це повертаємість, яка виникає, коли шини передніх і задніх коліс відводяться. Кренову повертаємість можна виміряти, розвалюючи колеса при крені кузова та незалежних підвісках або розвертаючи мости при залежних підвісках.

Дорожні випробування макета повнопривідного автомобіля проводилися з відключенням переднього або заднього ведучого мосту, зміною нормальних навантажень на мости, тиску повітря в шинах і кутів нахилу шворнів, щоб визначити ступінь впливу кожної компоненти на загальну повертаємість автомобіля:

$$J_{\text{ПП}} \cdot \gamma_{\text{КР}} + 0,5 \gamma_{\text{КР}} \sum k_{\text{КРi}} B^2 + 0,5 \gamma_{\text{КР}} \sum C_{\text{КРi}} \quad (32)$$

де J - момент інерції кузова щодо центру крену;

k - Коефіцієнт демпфування в підвісці i -го колеса. [43]

КРi

Функціональні залежності кутів повороту керованих коліс залежать від бокового прискорення та швидкості руху, тоді кут крену:

$$\gamma_{\text{КР}} = \gamma m_0 h_{\text{кр}} / (C_{\text{v1}} + \dots) \quad (33)$$

Хоча існує велика кількість можливостей для створення автомобілів з такою обертальністю для певного режиму руху, неможливо зберегти цю характеристику в різних умовах експлуатації. Крива 1, яка характерна для автомобілів з початковою та постійно зростаючою недостатньою повертальністю, показує прогресивне зростання кута повороту керованих коліс від бокового прискорення або швидкості руху при постійному радіусі. Завдяки збільшенню бічного прискорення кут повороту зростає разом із

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різницею кутів відведення ($\Delta = \delta_p - \delta_z$). Точка Б на цій кривій показує подвоєне збільшення кута повороту рульового колеса. Крім того, у порівнянні зі швидкістю руху вона відповідає «характерній» швидкості (коли $\theta = 2L/R$), що обмежує недостатнє обертання автомобіля загального призначення.

Можливість збільшити швидкість руху обмежена «критичною» швидкістю, коли кут повороту $\theta = 2L/R=0$ і коли кут відведення передніх і задніх коліс $\Delta = \delta_p - \delta_z$.

Рівновага сил, що діють на автомобіль у поздовжній площині симетрії, визначається рівновагою $m\ddot{u} = \sum R_x$. Можна припустити, що характеристики автомобіля змінюються через зміну нормальних і поздовжніх реакцій, що діють на колеса з боку дороги. Коефіцієнти опору відведення та стабілізуючих моментів можна врахувати. Тоді рівняння, яке було аналізовано, можна виключити з системи. [24]

$$K_v = K_{v0} (1 \pm c_h R_x) (1 \pm c_f) \quad (34)$$

$$K_M = K_{M0} (1 \pm c_M R_x) (1 \pm c_M) \quad (35)$$

де K у і K_{y0} - коефіцієнти опору відведення шин відповідно при статичних навантаженнях та відсутності поздовжніх реакцій, а також за наявності поздовжніх реакцій та зміні нормальних навантажень;

K і K_{M0} - коефіцієнти стабілізуючих моментів шин відповідно при статичних нормальних навантаженнях і відсутності поздовжніх реакцій;

c і c_M - величини, враховують зміна коефіцієнтів опору відведення і стабілізуючих моментів в залежності відповідно від зміни поздовжніх та нормальних реакцій;

Δp_z - Зміна нормальних реакцій на колесах автомобіля;

R_x - Поздовжня реакція на колесах автомобіля. [12]

На кривій 2 показано початкову недостатню повертаємість, яка потім переходить у надлишкову, а на кривій 4 показано перехід від надлишкової

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повертанності до недостатньої аналогічної точки. [24] У процесі експлуатації такий перехід зазвичай відбувається при збільшенні бічних прискорень, які також називають швидкістю руху, а також при певному поєднанні конструктивних і експлуатаційних параметрів, таких як зміна кутової жорсткості та кінематики підвісок із зміною бічних прискорень, режими руху, перерозподіл нормальних реакцій тощо [24].

Лінійну залежність між доцентровим прискоренням $j\delta$ і кутом повороту рульового колеса θ . [31]

5.3 Ідентифікація виробничо-технологічних і експлуатаційних професійних ризиків

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на посаді збирання. Фізичні фактори можна розділити на наступні:

- рухомі машини та механізми;
- рухливі частини виробничого обладнання та технічного оснащення;
- вироби, що пересуваються, деталі, вузли, матеріали;
- підвищену запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищену або знижену температуру поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищену або [46] знижену температуру повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень ультразвуку і інфразвукових коливань; підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні та його різка зміна; [61]
- підвищену чи знижену вологість повітря, іонізацію повітря у робочій зоні; [26]
- відсутність чи нестача природного світла;
- недостатню освітленість робочої зони;

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- знижену контрастність;
- підвищену яскравість світла;
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та всього обладнання.

Хімічні [46] фактори ділять залежно від характеру та ступеня

Вплив на організм людини:

- токсичні;
- дратівливі;
- сенсibiliзуючі;
- канцерогенні;
- мутагенні.

Вплив хімічних факторів на репродуктивну функцію людини Крім того, коли вони потрапляють в організм людини, вони впливають на її шкірні покриви, слизові оболонки, шлунково-кишковий тракт і органи дихання.

Психофізіологічні фактори включають фізичні навантаження, які можуть бути як статичні, так і динамічні; нервово-психічні навантаження, такі як перенапруга розуму, перенапруга аналізаторів, монотонність роботи та емоційні навантаження [2] [46].

5.4 Технічні заходи, які застосовуються для зниження ризиків професійного характеру

Щоб визначити робочі умови, необхідно визначити, які шкідливі та (або) небезпечні виробничі фактори впливають на працівників і на умови праці на робочому місці за ступенем шкідливості та ризику.

У процесі технічного обслуговування та поточного ремонту транспортних засобів можуть виникнути такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, як рух транспортного засобу, відкриті частини виробничого обладнання, висока загазованість автомобільними газами,

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>61</i>

небезпека отримання пошкоджень при роботі з інструментами та ін. Це [29]

Процеси виконуються на спеціально обладнаних постах з витягами зі стопорами, щоб забезпечити безпеку автослюсарів і підвищити якість і продуктивність роботи [3].

Весь процес діагностики проводиться за допомогою двигуна, тому на ділянці діагностики є спеціальні місцеві відсмоктувачі газів, які вже працюють. Крім того, на робочі місця електрика підводяться відсмоктувачі припливно-витяжної вентиляції, які розташовані на місці. Електричний пересувний вентилятор також використовується для охолодження двигуна автомобіля [1].

Забезпечте своєчасне постачання спеціального бавовняного одягу, спеціального взуття з металевою вставкою, комбінованих рукавичок і запобіжного поясу, а також зберігання, прання, сушіння, ремонт і заміну відповідно до встановлених стандартів [25].

Всі електричні кабелі (силові та дроти вторинних ланцюгів) проведені в ізольованих кабельних каналах [4], щоб захистити людей у ремонтній зоні від електричного струму. Всі технологічні пристрої занулені в нульову жилу кабелю живлення. Якщо лінія замикається, несправне обладнання буде живитися автоматично [4].

Заборонено використовувати при несправності штепсельного з'єднання; несправності вимикача або іншої комутаційної апаратури; витікання мастила; дим або запах; тріщини на корпусі або рукоятці; підвищений шум або вібрація; або слабкий електричний струм.

При напрузі мережі вище 42 В корпуси електроінструментів заземлені, незалежно від частоти. [41]

Періодичний огляд електроінструменту проводиться з записом у журналі оглядів та перевірок ізоляції (мегомметром) не рідше одного разу на три місяці.

Розрядні струми статичної електрики на ділянці найчастіше виникають,

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

коли персонал доторкається до елементів. Такі розряди не загрожують життю людини. Підйомники заземлюють, щоб запобігти впливу електричного струму на працюючих [4].

Металеві частини електроустановок, які знаходяться в безпосередній близькості від людини, повинні бути захищені від заземлення або занулення, оскільки вони не мають інших засобів захисту електробезпеки.

5.5 Функціонування об'єкта у надзвичайних та аварійних ситуаціях

Пожежна безпека

Підвищення енергоємності виробництва, висока концентрація потужностей і матеріалів, використання полімерних синтетичних будівельних матеріалів і збільшення площ і поверхів виробничих будівель є результатом зростання технічного оснащення АТП і ускладнення виробничих процесів. У таких ситуаціях порушення правил пожежної безпеки завдає значних економічних збитків, а також людських жертв.

Пожежна небезпека виробничих будівель і приміщень залежить від характеристик технологічного процесу, застосовуваних речовин і матеріалів і умов обробки [3]. За ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки будівлі та приміщення поділяються на чотири категорії. Пожежа на СТО може статися через:

- порушення технологічного режиму роботи устаткування;
- самозаймання деяких матеріалів та речовин;
- несправність електропроводки та приладів;
- коротке замикання електричної мережі;
- погана підготовка обладнання для ремонту;
- розряд статичної електрики.

Термінологія речовин і матеріалів у приміщенні включає рідини, які горять і важко горять, тверді матеріали, які горять і важко горять [2], а також

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

матеріали, які можуть горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.

Заходи активного пожежного захисту та профілактики пожеж забезпечують пожежну безпеку. Пожежну профілактику можна визначити як сукупність дій, необхідних для запобігання або зменшення наслідків пожежі. Активний пожежний захист означає ефективну боротьбу з вибухонебезпечними ситуаціями або пожежами. [28]

Пожежна безпека повинна відповідати стандартам пожежної безпеки ДСТУ 12.1.004-91, які включають:

- застосування електричного обладнання, відповідного вимогам ДСТУ 12.1.011;
- виключення перегріву технологічного обладнання та контакт його з легкозаймистими матеріалами;
- утилізація відпрацьованих легкозаймистих матеріалів;
- наявність установок пожежогасіння (порошкові вогнегасники);
- максимально можливим [4] обмеженням маси та (або) обсягу горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечним способом їх розміщення.

Пожежні крани встановлюють в [3] доступних і помітних місцях в нішах на висоті 1,35 м, де також знаходиться пожежний ствол із напірним рукавом з тканинного матеріалу [3] завдовжки 10-20 м.

Висновки по розділу:

- Об'єкт провів аналіз поста поточного ремонту за видами технічних впливів і типами операцій у розділі «Безпека та екологічність технічного» [8]. Це призвело до досягнення наступних цілей:
 - зафіксовано шкідливі виробничі фактори, що мають місце на ремонтній ділянці;
 - визначено заходи щодо зниження шкідливих впливів на навколишнє середовище та людей, а також заходи щодо створення безпечних умов праці;
 - визначено категорію пожежонебезпечності – категорію «Д», визначено

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

вогнегасне обладнання необхідне для виробничого приміщення;

- визначено шкідливі впливи на навколишнє середовище з боку ремонтного виробництва та процесу експлуатації пристрою у складі обладнання;

- вивчено питання щодо організації безпеки на виробничій ділянці у разі виникнення НС чи аварії.» [3]

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Економічний розділ проекту

6.1 Техніко-економічне обґрунтування об'єкта розробки проекту

Техніко-економічне обґрунтування є важливою частиною будь-якого проекту, включаючи проектування технічного устрою для дипломної роботи. В ньому міститься аналіз економічної та технічної доцільності виконання проекту.

Об'єктом дипломного проектування є новий тип випробувального стенду з унікальними функціями та покращеними технічними та експлуатаційними характеристиками. Розроблений стенд є складним технічним пристроєм, призначений для проведення ресурсних випробувань з метою покращення функціональності, технічних і експлуатаційних характеристик. Стенд, який було розроблено в рамках дипломного проекту, має нові технічні можливості, такі як більш ефективна робота, що дозволяє зменшити витрати на тестування, надійність і довговічність. Випробувальний стенд, який було розроблено в рамках дипломного проекту, дає можливість використовувати нові функції, такі як додаткові режими роботи, більше можливостей для управління процесом випробувань, можливість інтеграції з іншими системами та пристрої для проведення процесу обкатки. Подальша розробка стенду може призвести до більшого прогресу та модернізації, що зробить випробувальні лабораторії, які мають доступ до цього технічного обладнання, більш конкурентоспроможними на ринку. Таким чином, створення та впровадження нового випробувального стенду з більш досконалими функціями може призвести до створення продукту, який виділятиметься на ринку. технологічний прогрес і привабливий для користувачів і дослідників випробувальних пристроїв.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Розробка нового типу конструкції технічно доцільна через вимоги до сучасних зразків техніки. Таким чином, конструкція стенду використовує конструкторські рішення, які дозволяють зменшити вагу конструкції, в основному завдяки використанню легших матеріалів і конструкторським рішенням, які дозволяють зменшити масу деталі без зниження її міцності. У результаті кращого компоновання деталей загальна вага конструкції була зменшена.

У процесі конструкторської розробки було додано функції, які раніше не використовувалися в цьому типі пристроїв стендових випробувань, що дозволило розширити можливості випробувального стенду.

6.2 Розрахунок витрат та економічної ефективності

У рамках розгляду економічної ефективності дипломного проектування необхідно визначити вартість проектованої конструкції стенду та відпускну ціну.

$$C = M + \Pi_i + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + I_{цех} + I_{зав} + НР \quad (36)$$

де M - Витрати на матеріали конструкції стенду, грн.;

Π_i - Витрати на закупні стенда, що використовуються в конструкції, грн.;

$Z_{осн}$ - основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{ДОП}$ - додаткова заробітна плата робітників, грн.;

CC - відрахування на соціальне страхування, $CC = 30\%$;

$I_{цех}$ - загальноцехові витрати, $I_{цех} = 85\%$;

$I_{зав}$ - загальнозаводські витрати, $I_{зав} = 110\%$;

$НР$ - накладні витрати, $НР = 7,5\%$.

Виконаємо розрахунок витрат на виготовлення проектованої конструкції за кожною із статей витрат. Таблиця 5 містить розрахунок витрат на матеріали, що використовуються в конструкції стенду. Для розрахунку матеріальних витрат використовується формула:

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M \quad (37)$$

де M_n - кількість матеріалу, од.;

C_n - вартість матеріалу за одиницю, грн.;

k_3 - коефіцієнт витрат на транспортування та доставку, $k_3 = 0,15$

Таблиця 5 - Розрахунок витрат на матеріали

Найменування матеріалу	Кількість матеріалу	Ціна одиниці матеріалу, грн.	Сума, грн.
Заготівля поковка	16	230,20	3683,20
Чавун ливарний	35	180,00	6300,00
Грунтівка	3,5	150,00	525,00
Фарба	4	725,00	2900,00
Кругляк сортовий Сталь 45, d = 120	10	125,00	1250,00
Кругляк сортовий Сталь 45, d = 40	12	120,00	1440,00
Кругляк сортовий гарячекатаний, d = 25	12	120,00	1440,00
Кругляк сортовий, бронза	3	750,50	2251,50
Листовий метал, h = 6	8	110	880,00
Листовий метал, h = 2	18	110	1980,00
Літол	1	125	125,00
Трубний прокат, d=25x20	10	300,00	3000,00
Швелер гнутий	20	160	3200,00
Інші	-	-	2500,00
РАЗОМ			31 827,20
Транспортно-заготівельні витрати			4 774,08
ВСЬОГО			35 501,28

Цей формуляр використовується для розрахунку статті, яка враховує витрати на покупні стенди та напівфабрикати, які використовуються в

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

конструкції, що виготовляється:

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n \Gamma \quad (38)$$

де $П_i$ - кількість покупних виробів, од.;

C_n - ціна за одиницю покупного стенду, грн.;

k_3 - коефіцієнт витрат на транспортування та доставку, $k_3 = 0,1$

Для зручності проведення розрахунків із витрат на закупівлю та доставку покупних виробів конструкції, зведемо їх до таблиці 6.

Таблиця 6 - Розрахунок витрат на покупку стенду

Найменування та вид покупного стенду	Кількість покупних виробів	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Болти М10	40	8,00	320,00
Болти М6х15	24	6,50	156,00
Болт фундаментний	4	350,00	1 400,00
Гвинти М10	50	10,00	500,00
Вал карданний	2	2 200,00	4 400,00
Вимикач автоматичний	4	450,00	1 800,00
Датчик ЕП-35 ТУ 38769-85	2	3 500,00	7 000,00
Двигун 4А160М6УЗ ДЕРЖСТАНДАРТ 19523-81	2	32 500,00	65 000,00
Кільце стопорне	8	0,80	6,40
Кнопка пускова	2	250,00	500,00
Лампа контрольна	4	85,00	340,00
Манжети для гідравлічних пристроїв ГОСТ 14896-78 d = 52	6	125,00	750,00
Муфта МУВП ГОСТ 13254-75	2	780,00	1 560,00
Підшипник 305 ГОСТ 5720-75	8	750,00	6 000,00

Продовження табл. 6

Підшипник 302	6	550,00	3 300,00
Підшипник 46310 ГОСТ 8338-75	12	750,00	9 000,00
Пульт керування	1	11 200,00	11 200,00
Інші	-	-	6 000,00
РАЗОМ			153 232,40
Транспортно-заготівельні витрати			4 596,97
ВСЬОГО			115 629,37

Поряд із витратами на матеріали та покупні стенди, підприємство також несе витрати на заробітну плату, як основну, так і додаткову. Розрахунок заробітної плати здійснюється за допомогою наступної формули:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot$$
(39)

де T_i - трудомісткість виконання і-тої операції, чол-годину;

C_{Ti} - годинна тарифна ставка робітника, зайнятого на виконанні і-тої операції, грн.;

$k_{чi}$ - коефіцієнт доплат заробітної плати до годинного фонду працюючих, $k_{чi} = 1,05 \dots 1,15$;

$k_{пр}$ - коефіцієнт преміювання, $k_{пр} = 1,24$.

Розраховується додаткова зарплата разом із основною зарплатою.

Додаткова заробітна плата – це змінна частина загальної заробітної плати, яка виплачується працівнику за певні умови праці та як гарантія роботодавця.

Таблиця 7 містить розрахунок основної заробітної плати працівників.

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Таблиця 7 - Розрахунок основної заробітної плати

Види операцій	Трудомісткість, чол-година	Годинна тарифна ставка, грн.	Тарифна зарплата, грн.
Ливарна	18,00	210,30	4 050,38
Гнучка	12,50	210,30	2 812,76
Зварювальна	10,50	210,30	2 362,72
Токарна	8,25	250,50	2 211,29
Фрезерна	16,00	250,50	4 288,56
Шліфувальна	6,00	250,50	1 608,21
Довжина	4,50	210,30	1 012,59
Термічна	12,00	210,30	2 700,25
Свердлильна	8,00	185,25	1 585,74
Слюсарна	12,50	185,25	2 477,72
Складальна	22,50	185,25	4 459,89
Фарбувальна	6,00	160,45	1 030,09
Випробувальна	12,00	210,30	2 700,25
РАЗОМ			33 300,46
Преміальні доплати			7 992,11
Основна заробітна плата			41 292,57

Розрахунок заробітної плати провадиться за формулою:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (40)$$

де $k_{доп}$ - Коефіцієнт додаткової заробітної плати, $k_{доп} = 0,25$.

$$З_{доп} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ грн.}$$

Відрахування на фонд соціального страхування є важливою частиною формування зарплати. На відміну від основної та додаткової заробітної плати, ця частина фонду оплати праці виплачується роботодавцем безпосередньо у фонд соціального страхування. Таким чином можна визначити суму

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

відрахувань до фонду соціального страхування:

$$ЗФСС = (З_0 + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (41)$$

$$ЗФСС = (41\,292,57 + 10\,323,14) \cdot 0,3 = 15\,484,71 \text{ грн.}$$

Крім того, компанія несе відповідальність за обслуговування та ремонт обладнання. Таким чином, ця стаття витрат повинна визначити, як вона відноситься до структури собівартості. Втрати на утримання та експлуатацію обладнання можна розрахувати як відсоток від витрат на основну заробітну плату. Відповідно до загальноприйнятих методів розрахунків, витрати на утримання та експлуатацію становлять 104% від витрат на основну заробітну плату. Розрахунок виконується за допомогою наступної формули:

$$Р_{об} = З_0 \cdot 1,04 \quad (42)$$

$$Р_{об} = 41\,292,57 \cdot 1,04 = 42\,944,27 \text{ грн.}$$

Витрати на цех, зайнятий у виробничому процесі, називають господарськими витратами. Це, як правило, витрати, пов'язані з підтримкою роботи цеху, транспортуванням і переміщеннями технологічного обладнання та зарплатою допоміжного персоналу. Загальногосподарські витрати розраховуються як відсоток від основної заробітної плати. Відповідно до загальноприйнятої практики розрахунків ми виділяємо 25% від основної заробітної плати на загальногосподарські витрати. Розрахунок виконується за допомогою наступної формули:

$$Р_{ох} = З_0 \cdot 0,25 \quad (43)$$

$$Р_{ох} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ грн.}$$

Загальні витрати підприємства, пов'язані з випуском продукції та

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

здійсненню комерційної та комерційної діяльності, називають виробничими витратами. Згідно з прийнятою практикою розрахунків, витрати на загальновиробничі витрати становлять тридцять відсотків основної заробітної плати. Розрахунок проводиться за допомогою наступної формули:

$$P_{op} = Z_o \cdot 0,30 \quad (44)$$

$$P_{op} = 41\,292,57 \cdot 0,30 = 12\,387,77 \text{ грн.}$$

Ви можете дізнатися, скільки коштує виготовлення товару, з'єднавши всі статті витрат у загальну суму. Це витрати підприємства, пов'язані з виробництвом продукції. Додавання до виробничої собівартості поза виробничими витратами дозволяє визначити повну собівартість, коли продукт просувається на ринку. Таблиця 8 містить всі статті витрат, щоб зробити процес простішим і простішим для розуміння.

Таблиця 8 - Розрахунок собівартості конструкції

Найменування статті витрат	Сума, грн.	%
Витрати на матеріали	2 875,00	0,95%
Витрати на покупні стенди	157 829,37	52,22%
Зарплата основна	41 292,57	13,66%
Зарплата додаткова	10 323,14	3,42%
Відрахування на соцстрах	15 484,71	5,12%
Витрати на утримання обладнання	42 944,27	14,21%
Загальновиробничі витрати	10 323,14	3,42%
Загальногосподарські витрати	12 387,77	4,10%
Виробнича собівартість	293 459,98	97,09%
Поза виробничі витрати	8 803,80	2,91%
Повна собівартість	302 263,78	100,00%

Розрахунок повної собівартості дозволяє розрахувати ціни стенду та оцінити економічний ефект їх впровадження. Підрозділ економічного розділу

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

дипломного проекту буде присвячений розрахунку ціни та оцінці економічного ефекту.

6.3 Розрахунок економічного ефекту від розробленої конструкції

Екологічний ефект від створення нової конструкції є складним показником, який показує загальну успішність проекту. Збільшення відпускної ціни приносить додатковий прибуток, що є економічним ефектом. Це може бути результатом високих витрат на виготовлення конструкції, а також підвищеного попиту на розроблені конструкції через кращі експлуатаційні характеристики.

Для визначення економічного ефекту потрібно визначити відпускну ціну продукту. Відпускна ціна включає не тільки ПДВ, але й прибуток від продажу стенду. Рівень рентабельності має бути лише 15%, а ПДВ 20%. Розрахунок виконується за допомогою наступної формули:

$$Ци = Cп + Cп \cdot 0,15 + Cп \cdot 0,20 \quad (45)$$

$$Ци = 302\,263,78 + 302\,263,78 \cdot 0,15 + 302\,263,78 \cdot 0,20 = 108056,10$$

Відпускна ціна $Ци = 125\,000$ грн. Збільшення цін для кінцевих споживачів матиме економічний ефект, а компанія отримає прибуток.

Розрахунок виконується за допомогою наступної формули:

$$E = Ці - Ц \quad (46)$$

де $Ц$ - середня ціна стенду до модернізації, грн.

Відповідно до проведеного аналізу, виявлено ціну на виріб на ринку у різних продавців. Аналіз середньої вартості наведено у таблиці 9.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Таблиця 9 - Розрахунок середньої ціни стенду

Найменування фірми	Ціна стенду, грн.
ТОВ «Сфера-Авто»	160 000
ТОВ «Техпостач»	175 000
ТОВ «Базис»	150 000
Середня ціна по компаніям	163 333

Розрахуємо економічний ефект для одного стенду, використовуючи певну середню ціну.

$$E = 433\,350 - 381\,333 = 43\,667,00 \text{ грн.}$$

Передбачається обсяг реалізації у кількості щонайменше 50 виробів.

Тоді річний економічний ефект становитиме:

$$E_{\Gamma} = E \cdot N \quad (47)$$

де N - обсяг реалізації продукції, од.

$$E_{\Gamma} = 43667,00 \cdot 50 = 2373450 \text{ грн.}$$

Розрахований економічний ефект можна використовувати для більш детального опрацювання ефективності впровадження стенду. Це дозволить розрахувати термін окупності проекту, соціальний ефект та багато інших показників, що лежать поза межами виконання економічного розділу випускної кваліфікаційної роботи.

Розрахунок вартості виготовлення нової конструкції та визначення економічного ефекту були результатами виконання економічного розділу випускної кваліфікаційної роботи.

Новий тип випробувального стенду є об'єктом дипломного проектування. Він має унікальні функції та покращені технічні та

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційні характеристики. Розроблений стенд є складним технічним пристроєм, призначений для проведення ресурсних випробувань з метою покращення функціональності, технічних і експлуатаційних характеристик. Випробувальний стенд, який було розроблено в рамках дипломного проекту, дає можливість використовувати нові функції, такі як додаткові режими роботи, більше можливостей керування процесом випробувань, інтеграція з іншими системами та пристрої для проведення процесу обкатки. Подальша розробка стенду може призвести до більшого прогресу та модернізації, що зробить випробувальні лабораторії, оснащені цим технічним обладнанням, більш конкурентоспроможними на ринку. Таким чином, створення та впровадження нового випробувального стенду з покращеними функціями може призвести до створення продукту, який виділятиметься на ринку технічною новизною та буде привабливим як для користувачів, так і для користувачів, які використовують випробувальні пристрої.

Розрахунок ціни стенду та оцінка економічного ефекту їх впровадження можна виконати за допомогою розрахунку повної собівартості. Підрозділ економічного розділу дипломного проекту буде присвячений розрахунку ціни та оцінці економічного ефекту. Через розрахунки було встановлено, що загальна вартість стенду становить 302 263,78 грн. За допомогою визначення собівартості можна було визначити відпускну ціну розробленого продукту. Відпускна ціна включає не тільки ПДВ, але й прибуток від продажу стенду. Відпускна ціна $C_{\text{в}} = 126\ 000$ грн. Економічний ефект, який можна отримати від створення нової конструкції, є комплексним показником загальної успішності проекту. Збільшення відпускної ціни та попит споживачів на розроблену конструкцію з найкращими експлуатаційними характеристиками є прикладами економічного ефекту.

Передбачається обсяг реалізації у кількості щонайменше 50 виробів. Тоді річний економічний ефект складе, $E_{\text{г}} = 2373450$ грн..

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Висновок:

Розрахований економічний ефект можна використовувати для більш детального опрацювання ефективності впровадження стенду; це дозволить розрахувати термін окупності проекту, соціальний ефект та багато інших показників, що лежать поза межами виконання економічного розділу випускної кваліфікаційної роботи.

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Кваліфікаційна робота на тему «Модернізація стенду для випробувань вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля» включала технологічні розрахунки конструктивних елементів, аналіз і вибір складових частин пристрою, як вироблених самостійно, так і закуплених. Зазвичай при проектуванні автомобілів з приводом на передні колеса передні колеса отримують більше навантаження в статичному стані, ніж задні колеса, щоб збільшити силу тяги, яка зчепляється з дорогою. Хоча збільшення навантаження на передні колеса покращує зчеплення коліс з дорогою, під час руху горизонтальною дорогою передні колеса стикаються з деякою кількістю навантаження.

Результати тягового розрахунку показують технічні можливості та експлуатаційні характеристики автомобіля, включаючи динаміку розгону, максимальну швидкість, економічність і поведінку на різних ділянках дороги. Щоб забезпечити ідеальне співвідношення потужності та моменту на колесах, важливо враховувати як тягові характеристики двигуна, так і передачі, диференціал та інші частини трансмісії.

Розрахунки є важливою частиною проектування та оптимізації ходових якостей автомобіля. Зрештою це вплине на ефективність, надійність і задоволеність користувачів автомобіля. У сучасному ринку транспортних засобів можна покращити якість і конкурентоспроможність автомобіля шляхом постійного вдосконалення методів розрахунку та аналізу результатів розрахунків.

Технологічний процес встановлення перевірки вакуумного підсилювача гальм легкового автомобіля розроблений для експериментального виробництва та може бути використаний у практичній діяльності станцій технічного обслуговування та лабораторій кафедри трибології, автомобілів і матеріалознавства.

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Список використаних джерел

- 1 Арінін І. н. та ін. Технічне діагностування автомобілів/І. н. Арінін. - Київ.: "Думка", 1978. - 164 с.
- 2 Анур'єв В.І. Довідник конструктора - машинобудівника: У 3т. Т.1. - К: Машинобудування, 2001. - 920 с.
- 3 Беляєв В. М. Автомобілі: Випробування: навчальний посібник для вузів/В. М. Беляєв, М. З. Висоцький, Л. Х. Гіллес. - К: Вища школа, 1991. - 187 с.
- 4 Борця А. Д. Діагностика технічного стану автомобіля/О. Д. Норц, Я. До. Закін, Ю. Ст. Іванов. - Х.: Транспорт, 1979. - 160 с.
- 5 Бродський Ст. Ст. - К: Наука, 1976. - 224 с.
- 6 Бухарін Н. А. Гальмівні системи автомобілів / І. А. Бухарін. - М.-Л.: Машгіз, Львівське відд-ня, 1950. - 292 с.
- 7 Вахламов В.К. Автомобілі: Експлуатаційні властивості: Підручник для студентів вищих навчальних закладів – К. Видавничий центр "Академія", 2005 - 240 с.
- 8 Веденяпін Г.В. Експлуатація машинно-тракторного парку/Г. Ст. Веденяпін, Ю. До. Кіртбая, М. П. Сергєєв. - К.: Колос, 1968. - 342 с.
- 9 Веденяпін Г. М. Загальна методика експериментального дослідження та обробки дослідних даних/Г. М. Веденяпін. - Вид. 3-тє, перераб. та дод. - К.: Колос, 1973. - 195 с.
- 10 Верзаков Г. Ф. Введення в технічну діагностику/Г. Ф. Верзаков, Н.В. Ст. Кіпшт, Ст. І. Рабінович, Л. З. Тимонії. - З.: Енергія. 1968. - 219 с.
- 11 Генбом Б.Б. Питання динаміки гальмування та теорії робочих процесів гальмівних систем автомобілів/Б. Б. Генбом. – Львів: Вища школа, 1974. – 234 с.
- 12 Гернер ВС Дослідження режимів контролю за ефективністю дії

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

гальмівних механізмів: дис. канд. техн. наук/ВС Гернер. – Харків, 1970. – 153 с.

13 Говорущенко М. Я. Діагностика технічного стану автомобілів. - К. Транспорт. 1970.

14 Говорущенко М. Я. Діагностика технічного стану автомобілів/Н. Я. Говорущенко. - К.: Транспорт, 1970. - 254 с.

15 ДСТУ 52302-2004. Автотранспортні засоби. Стійкість та керованість. Технічні вимоги Методи випробування. - К.: Вид-во стандартів, 2005.

16 Грачов Ю. П. Математичні методи планування експерименту/Ю. Л. Грачів. - К., 1979. - 195 с.

17 Гредескул А. Б. Динаміка гальмування автомобіля: дис докт. техн. наук/А. Б. Гредескул. - Харків, 1963. - 271 с.

18 Дік А. Б. Опис характеристик прослизання гальмівного колеса / А. Б. Дік // Надійність та активна безпека автомобіля: зб. наук. тр. / ХМ. - ХМ, 1985. - с. 205-216.

19 Дімов М. н. Оцінка можливості відтворення реальних режимів гальмування автомобіля на стендах з біговими барабанами н. Дімов. - Харків, 1987. - 20 с.

20 Джонсон М. Статистика та планування експерименту в техніці та науці/М. Джонсон, Ф. М. Ліон. - Світ, 1981. - 610 с.

21 Єнаєв А. А. Основи теорії коливань автомобіля при гальмуванні та її застосування. - М.: Машинобудування, 2002. - 341 с.

22 Єчеїстів Ю. А. Гальмування автомобільного колеса, що не встановилося / Ю. А. Єчеїстів, Ст. Ст. Бернацький // Безпека та надійність автомобіля: зб. наук. тр. - М: МАМІ, 1981. - с. 16-23.

23 Короткий автомобільний довідник./НДІАТ. К. Транспорт, 1988 - 224 с.

24 Конструкція автомобіля. Шасі: навч. для вузів/під ред. А. Л. Каруніна. - Х. : МДТУ МАМІ, 2000. - 528 с.

25 Ніргер І. А. Технічна діагностика/І. А. Біргер. - М.:

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Машинобудування, 1978. - 239 с.

26 Теорія автомобіля та автомобільного двигуна: М.Д. Артомонов, В.В. Ларіонов, М.М. Морін. К., Машинобудування, 1968 - 283 с.

27 Фалькевич Б.С. Теорія автомобіля. З.: Машгіз, 1963 - 263 с.

28 Каталін, Alexandru. Vlad, Totu, Метод для multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - Ingeniería e Investigación, 2016. - 137s.

29 Dainius, Luneckas. Vilius Bartulis, Research on Probability for Failures in VW Cars Під час Warranty and Post-Warranty Periods / Luneckas, Dainius. Bartulis, Vilius;. - Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. -85с.

30 Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) для design passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - International Journal of Energy and Environment, 2016. - 97s.

31 Jan, Ziobro. Аналіз Analysis of element car body on example silentblock / Ziobro Jan;. - Advances in Science and Technology Research Journal, 2015. - 37s.

32 Lucian, Roman, Mathematical model i software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. -77s.

33 Расејка НВ деякі пізнання в динаміках i frictional behavior of pneumatic tires / НВ Расејка // Phys. - York – London, 1974.

34 Rabiner R. Theory i Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

					<i>КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Додаток

					КРБАТ 25. 22013. 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		