

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного
обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобілів Opel Vectra C з
дослідженням системи розподілу гальм та керованості автомобіля

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Тарас ЧАЙКОВСЬКИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник Тетяна НАВРОЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль Марія П'ЄНТАК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Завідувач кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент Дмитро РАДИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)
« » 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(НАЗВА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Чайковському Тарасу Романовичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобілів Opel Vectra C з дослідженням системи розподілу гальм та керованості автомобіля

Керівник роботи Навроцька Тетяна Дем'янівна, к.т.н., старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року №4/7-972

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес обслуговування автомобілів: Opel Vectra C

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Порівняння характеристик авто та залежність гальмівного шляху від швидкості – 1 аркуш формату А1. ТО гальмівної системи – 1 аркуш формату А1. Деталювання знімача гальмівного барабану автомобілів – 1 аркуш формату А1. Знімач гальмівного барабану автомобілів – 1 аркуш формату А1. Пристосування контрольне – 1 аркуш формату А1. План агрегатно-механічної ділянки – 1 аркуш формату А1. Дослідження – 1 аркуш формату А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

(підпис)

Тарас ЧАЙКОВСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Тетяна НАВРОЦЬКА

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему: «Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи автомобілів Opel Vectra C з дослідженням системи розподілу гальм та керованості автомобіля», виконана студентом групи МАм-62 ТНТУ імені Івана Пулюя Чайковським Тарасом Романовичем. Керівник роботи – к.т.н., старший викладач Навроцька Т.Д.

Пояснювальна записка містить 69 аркушів формату А4, додатки та 8 аркушів формату А1.

Ключові слова: Opel Vectra C, гальмівна система, ABS, ESP, технічне обслуговування, ремонт, розподіл гальмівних зусиль, діагностика.

У роботі розглянуто діяльність автотранспортного підприємства, що виконує обслуговування та ремонт гальмівних систем автомобілів Opel Vectra C. Визначено виробничу програму, обчислено необхідну кількість постів, площі виробничих зон і чисельність персоналу згідно з нормативами.

У технологічному розділі наведено основні операції з технічного обслуговування гальмівної системи, описано методи діагностики ABS і ESP, а також підходи до перевірки ефективності гальмування та технічного стану гідравлічних елементів.

Конструкторський розділ присвячений розробленню стенда для діагностики систем ABS/ESP. Подано його конструкцію, принцип роботи та результати розрахунків, які підтверджують безпечність і надійність застосування на СТО.

У науково-дослідній частині проведено аналіз роботи систем розподілу гальмівних зусиль та їх впливу на керованість автомобіля в різних умовах руху.

В розділі з охорони праці сформульовано вимоги безпеки під час робіт з гальмівними системами та заходи щодо зменшення виробничих ризиків.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Конструктивні особливості автомобіля Opel Vectra C та його гальмівної системи	9
1.2. Принцип роботи гальмівної системи та особливості розподілу гальмівних зусиль	90
1.3. Характерні несправності гальмівної системи Opel Vectra C та їх вплив на безпеку руху	10
1.4. Вимоги до автотранспортного підприємства для технічного обслуговування та ремонту гальмівних систем	11
1.5. Діагностика несправностей	11
1.6. Порівняльний аналіз гальмівної системи Opel Vectra C з аналогічними автомобілями класу D	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Розрахунок річного обсягу робіт	17
2.2 Річна кількість заїздів	18
2.3 Розрахунок трудомісткості допоміжних робіт	19
2.4 Розподіл робіт	19
2.5 Розрахунок виробничих та допоміжних робітників	20
2.6 Розрахунок числа постів і автомобілемісць	22
2.7 Технологічне обладнання	23
2.8 Розрахунок трудомісткості	25
2.9 Розрахунок площ	26
2.10 Планування СТО	27
2.11 Система керування гальмуванням	29
2.12 ТО гальмівної системи	31
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Аналіз існуючих конструкцій стендів для діагностики ABS/ESP	39

3.2 Обґрунтування вибору конструкції стенда для діагностики систем ABS/ESP автомобілів Opel Vectra C	408
3.3 Опис конструкції розроблюваного стенда для діагностики систем ABS/ESP	42
3.4. Розрахунок основних параметрів та елементів стенда	43
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Дослідження систем розподілу гальм та керованості автомобіля	46
4.1.1 Система розподілу гальм	46
4.1.2 Система керованості автомобіля	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Потенційні надзвичайні ситуації, пов'язані з гальмівною системою Opel Vectra C	60
5.2 Заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям	61
5.3 Організація реагування в разі надзвичайної ситуації	62
5.4 Організація системи запобігання НС на АТП	62
5.5 Відновлення роботи після НС	63
5.6 Розрахунок газовиділення при роботі дизельних двигунів	63
5.7 Розрахунок пожежного резервуару на випадок виникнення пожежі	65
ВИСНОВКИ	66
БІБЛІОГРАФІЯ	68
ДОДАТКИ	70

ВСТУП

Сучасні умови експлуатації транспортних засобів (ТЗ) вимагають високої надійності, ефективності та безпеки автомобільних систем, серед яких гальмівна займає ключове місце. Саме вона забезпечує можливість своєчасного зупинення транспортного засобу, стабільність його руху та керованість у різних дорожніх ситуаціях. Для міста Тернополя та області, де характерними є різкі перепади висот, складні погодні умови та високе транспортне навантаження в центральних районах, питання надійності та якісного обслуговування гальмівних систем є особливо актуальним.

Автомобілі Opel Vectra C, які широко представлені на вторинному ринку України, зокрема в Тернопільському регіоні, характеризуються високим рівнем технічного оснащення. Їхні гальмівні системи оснащені комплексом електронних засобів активної безпеки, зокрема ABS, EBD та ESP. Разом з тим, складність конструкції та інтенсивність експлуатації створюють потребу у спеціалізованих автотransпортних підприємствах, здатних виконувати точну діагностику, регулювання та ремонт цих систем.

Проблематика технічного обслуговування гальмівних систем охоплює широкий спектр завдань: від виявлення типових несправностей і підбору ефективного обладнання до обґрунтування виробничих процесів і нормування трудомісткості. Важливе значення має також дослідження ефективності розподілу гальмівних зусиль та впливу гальмування на керованість автомобіля, що безпосередньо пов'язано з безпекою руху. Комплексне вивчення цих питань дозволяє проєктувати АТП, яке забезпечуватиме повний цикл робіт – від діагностики до відновлення працездатності гальмівної системи.

Предметом дослідження виступають технологічні процеси діагностики, регулювання та відновлення ефективності гальмівних механізмів, а також робота систем розподілу гальмівних зусиль і керованості під час гальмування.

Виконання кваліфікаційної роботи має практичне значення, оскільки дозволяє сформулювати комплексні технічні рішення для створення ефективного

сервісного центру, здатного виконувати якісне обслуговування авто, що експлуатуються на території Тернопільської області. Розроблені технологічні заходи можуть бути впроваджені на реальних АТП.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Конструктивні особливості автомобіля Opel Vectra C та його гальмівної системи

Належить до популярних моделей, які орієнтовані на універсальне використання в умовах щоденної експлуатації. Автомобіль вирізняється збалансованою конструкцією, містким кузовом і надійною ходовою частиною. Різні модифікації цієї моделі можуть оснащуватися бензиновими або дизельними двигунами, автоматичними чи механічними коробками передач, що забезпечує широкий діапазон технічних характеристик для різних умов руху.

На обох осях застосовані дискові гальмівні механізми, причому спереду – вентильованого типу, що дозволяє зменшити нагрів під час інтенсивних або повторюваних гальмувань. Задні гальмівні механізми можуть бути як суцільнодисковими, так і комбінованими барабанно-дисковими у залежності від комплектації.

Завдяки інтеграції ЕСУ гальмуванням Opel Vectra C показує достатній рівень стабільності та передбачуваності поведінки під час маневрування. Це особливо важливо з огляду на характеристики масорозподілу, конструкцію підвіски та особливості рульового управління.

1.2. Принцип роботи гальмівної системи та особливості розподілу гальмівних зусиль

Система автомобіля функціонує на основі гідравлічного приводу, у якому зусилля від педалі водія підсилюється вакуумним підсилювачем та передається на головний гальмівний циліндр. У середині циліндра створюється тиск, що через трубопроводи надходить до робочих циліндрів коліс, змушуючи колодки притискатися до гальмівного диска з необхідною силою.

Система (ABS) регулює тиск у контурах гальмування з великою частотою, запобігаючи повному блокуванню коліс. Це дозволяє зберегти зчеплення колеса з дорогою та забезпечує можливість маневрування навіть у процесі інтенсивного уповільнення. Поряд із ABS працює система EBD, що змінює розподіл

гальмівного моменту між осями залежно від навантаження, динамічного перенесення маси та стану дорожнього покриття.

В умовах різких маневрів та нестабільних режимів руху активується система ESP, яка аналізує кутову швидкість автомобіля, положення керма, пробуксовку коліс і інші параметри. ESP вибірково пригальмовує ті чи інші колеса, коригуючи траєкторію та запобігаючи заносу. Взаємодія гальмівної системи з підсистемами контролю стійкості підвищує точність реакцій автомобіля та допомагає утримувати запланований напрямок руху.

1.3. Характерні несправності гальмівної системи Opel Vectra C та їх вплив на безпеку руху

У процесі експлуатації можуть виникати різні типові несправності гальмівної системи, які здатні суттєво вплинути на ефективність уповільнення та стабільність автомобіля. Серед найпоширеніших проблем виділяють знос гальмівних колодок та дисків, заклинювання напрямних супорта, корозію гальмівних трубок, зменшення жорсткості педалі гальма та підтікання гальмівної рідини.

Значна частина несправностей пов'язана з природним зношуванням деталей. Зменшення товщини гальмівних колодок або нерівномірне стирання робочої поверхні диска призводить до погіршення якості гальмування та збільшення гальмівного шляху. Порушення роботи супортів може спричинити перегрів дисків, нерівномірний натиск колодок та появу вібрацій при гальмуванні.

Важливою проблемою є погіршення якості гідравлічної рідини. З часом вона вбирає вологу, що зменшує її температуру кипіння та може стати причиною відмови гальм у найвідповідальніший момент. Порушення герметичності магістралей або робочих циліндрів також створює загрозу часткової або повної втрати гальмівного зусилля.

Несправності систем ABS, EBD або ESP здатні проявлятися у вигляді вмикання сигнальних індикаторів, зниження стабільності на слизьких дорогах

або некоректного перерозподілу гальмівного моменту. Ігнорування таких ознак призводить до зростання ризику заносу та неконтрольованої поведінки автомобіля.

1.4. Вимоги до автотранспортного підприємства для технічного обслуговування та ремонту гальмівних систем

АТП, що здійснює обслуговування і ремонт гальмівних систем, повинно мати відповідну матеріально-технічну базу, кваліфікований персонал та сучасне діагностичне обладнання. Це необхідно для забезпечення високої точності перевірок, правильності регулювань і відновлення працездатності гальмівних механізмів. У склад виробничої інфраструктури мають входити пости для діагностики, регулювання та ремонту гальмівної системи, оснащені підйомниками, стендами перевірки гальмівних зусиль, пристроями для прокачування та заміни гальмівної рідини, інструментами для обслуговування супортів і робочих циліндрів. Важливою вимогою є наявність спеціалізованих вимірювальних засобів для контролю товщини колодок, биття гальмівних дисків та рівня вологості гальмівної рідини.

Персонал АТП повинен володіти навичками діагностики систем ABS, EBD, ESP, адже у сучасних автомобілях ці системи тісно інтегровані з механічною частиною гальмівного приводу. Також важливо забезпечити регулярну підготовку фахівців щодо нових методів ремонту та особливостей конструкції конкретних моделей, зокрема Opel Vectra C.

Таким чином, автотранспортне підприємство повинно забезпечити комплексний підхід до обслуговування гальмівних систем автомобілів Opel Vectra C, поєднуючи механічну, гідравлічну та електронну діагностику для отримання якості.

1.5. Діагностика несправностей

Перед тим як робити висновки про несправність гальмівної системи, спочатку перевіряють прості речі. Дивляться на стан шин, рівномірність їх зносу,

тиск, а також чи правильно відрегульовані кути встановлення передніх коліс і чи немає перекосу в завантаженні автомобіля. Лише після цих базових перевірок має сенс шукати несправності безпосередньо в гальмах, бо від цього залежить і ефективність гальмування, і керованість ТЗ.

Коли хід педалі гальма стає занадто великим, це часто свідчить про порушення герметичності гідравлічного приводу. У такій ситуації оглядають гальмівні трубки, шланги, супорти та головний гальмівний циліндр, щоб виявити можливі підтікання рідини. Якщо педаль відчувається «м'якою», пружинить або провалюється донизу, зазвичай у систему потрапило повітря. Тоді проводять прокачування гальм і перевіряють рівень гальмівної рідини в бачку, за потреби доливають її до норми та знову видаляють повітря з магістралей.

При тривалому або інтенсивному гальмуванні гальмівна рідина може перегріватися й закипати. Утворені парові пробки знижують ефективність гальмування і можуть спричинити тимчасову відмову гальм. У такому випадку рідину змінюють повністю, уважно оглядають систему та знову проводять прокачування. Якщо гальмо спрацьовує слабо, навіть коли водій сильно тисне на педаль, причиною можуть бути замаслені або затверділі колодки, їх надмірний знос, використання невідповідного матеріалу тертя, а також несправність вакуумного підсилювача. Тоді оглядають робочі механізми коліс, очищують або замінюють колодки, перевіряють підсилювач і вакуумні шланги.

Відведення автомобіля вбік під час гальмування є небезпечним для стійкості та керованості. Такий ефект може бути наслідком різного тиску в шинах, неоднакового зносу протектора, потрапляння мастила на колодки, встановлення різних типів колодок на одній осі, а також нерівномірного зносу колодок або заклинювання супорта. У цьому випадку потрібно відновити однаковий тиск у шинах, перевірити стан гальмівних механізмів обох коліс, очистити і, за потреби, замінити колодки, а також переконатися, що супорти працюють вільно.

Якщо відчувається, що колеса неначе трохи загальмовані, а гальмівні колодки нагріваються навіть без натискання на педаль, значить гальма частково залишаються ввімкненими. Це може бути засмічення компенсаційного отвору в головному гальмівному циліндрі або неправильним зазором між штовхачем і поршнем. Потрібно перевірити регулювання приводу, стан поршнів та переконатися, що вони можуть вільно повертатися у вихідне положення. Заклинювання поршнів у супортах, корозія напрямних або бруд також призводять до того, що колодки не відходять від диска, і колесо обертається з великим опором.

Нерівномірний або клиноподібний знос гальмівних колодок свідчить про неправильну роботу гальмівного механізму. Якщо один край колодки зношується більше, ніж інший, часто це означає, що гальмівний диск обертається не паралельно площині супорта або супорт деформований і працює перекошено. До нерівномірного зносу також призводять закоксування напрямних, ураження корозією, а інколи і використання невідповідного типу колодок. У разі виявлення таких дефектів проводять контроль геометрії диска, огляд супорта, очищення та заміну пошкоджених деталей.

Скрип гальм не завжди є ознакою поломки. Якщо звук з'являється після тривалої стоянки у вологу погоду й швидко зникає при рухові, втручання зазвичай не потрібне. Однак постійний скрип часто вказує на проблеми: встановлення невідповідних колодок, забруднення супорта, іржу на краях диска, деформацію пружин кріплення колодок або непаралельне обертання диска. У таких випадках гальмівний механізм розбирають, очищують, перевіряють пружини і за потреби змінюють колодки та диск.

Пульсація педалі гальма при різкому гальмуванні на автомобілі з ABS може бути нормальним проявом роботи цієї системи. Водій при цьому відчуває швидкі поштовхи педалі, але це означає, що система запобігає блокуванню коліс. Якщо ж пульсація відчувається постійно, навіть при легкому натисканні, це може свідчити про надмірне биття гальмівного диска або неправильне його встановлення. У такому разі диск перевіряють на биття індикатором, оцінюють

стан ступиці, поверхню тертя та, при необхідності, проточують або замінюють диск.

Загоряння контрольної лампи ABS при рухові означає, що система фіксує несправність. Причиною може бути знижена напруга в бортовій мережі, проблеми з генератором, погані контакти живлення або маси, а також пошкодження датчиків чи гідромодулятора. Спочатку перевіряють напругу, переконуються, що після запуску лампа зарядки генератора гасне, оглядають клемні з'єднання і проводку. Працездатність ABS дуже важлива для стійкості та керованості автомобіля, особливо на слизьких дорогах, тому ігнорувати індикатор не можна.

Усі описані ознаки несправностей — збільшений хід педалі, провал педалі, увод автомобіля вбік при гальмуванні, перегрів окремих гальмівних механізмів, скрип, тремтіння, нерівномірний знос колодок та поява вібрацій — безпосередньо впливають як на ефективність гальмування. Своєчасна діагностика, правильне технічне обслуговування та використання якісних матеріалів дозволяють підтримувати гальмівну систему в надійному стані, забезпечувати стабільну траєкторію руху, скорочувати гальмівний шлях і підвищувати загальну безпеку експлуатації ТЗ.

1.6. Порівняльний аналіз гальмівної системи Opel Vectra C з аналогічними автомобілями класу D

Автомобілі сегмента D традиційно оснащуються дисковими гальмами на всіх колесах та комплексом електронних систем активної безпеки. Opel Vectra C, який експлуатується доволі широко у Тернопільському регіоні, конкурує з такими моделями, як Volkswagen Passat B5/B6, Ford Mondeo Mk3, Toyota Avensis II. Порівняння їхніх гальмівних систем дозволяє оцінити технічний рівень конструкції, її ефективність та ремонтпридатність.

Нижче подано порівняльну характеристику основних параметрів (для базових модифікацій із бензиновими ДВЗ 1,8–2,0 л).

Гальмівна система Opel Vectra C відповідає сучасним вимогам до автомобілів класу D та навіть перевищує деякі моделі за ефективністю гальмування і діаметрами дисків.

У порівнянні з конкурентами Vectra C займає провідні позиції за збалансованістю конструкції, термостійкістю та рівнем активної безпеки, хоча потребує уваги до стану задніх гальмівних механізмів.

Таблиця 1.10 – Порівняльні технічні характеристики систем авто класу D

Параметр	Opel Vectra C	VW Passat B5/B6	Ford Mondeo Mk3	Toyota Avensis II
Тип гальм передніх	Дискові, вентильовані	Дискові, вентильовані	Дискові, вентильовані	Дискові, вентильовані
Тип гальм задніх	Дискові (частково вентильовані на топ-версіях)	Дискові	Дискові	Дискові
Діаметр передніх дисків, мм	285–302	288–312	278–300	276–295
Діаметр задніх дисків, мм	278–292	245–286	253–280	260–276
Підсилювач гальм	Вакуумний, двокамерний	Вакуумний	Вакуумний	Вакуумний
ABS	Є (Bosch 5.3/8.0)	Є	Є	Є
EBD (розподіл гальмівних зусиль)	Є	Є	Є	Є
ESP / ESC	Є на більшості комплектацій	Є	Є	Є
Середня маса авто, кг	1450–1500	1440–1550	1440–1500	1380–1450
Особливості приводу	Гідравлічний з електронним керуванням модуля ABS/ESP			

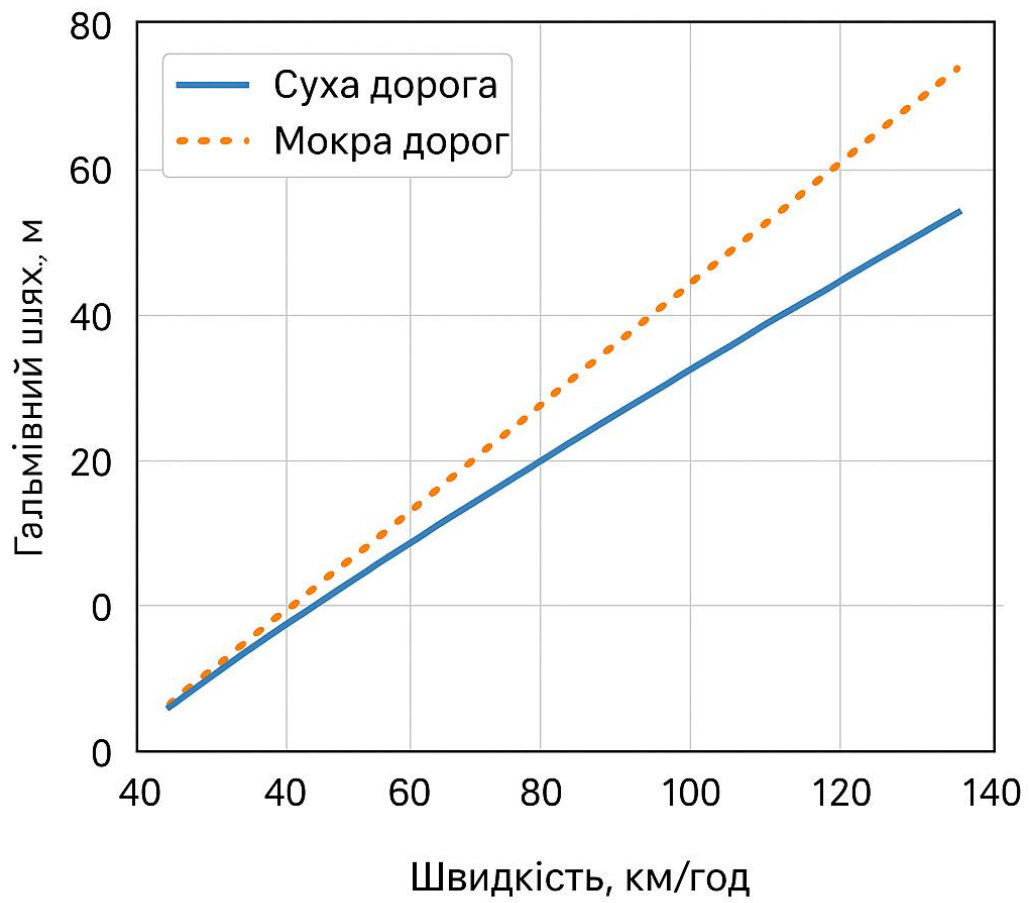


Рисунок 1.1 – Залежність гальмівного шляху від швидкості

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок річного обсягу робіт

Річний обсяг робіт я визначається сумарною трудомісткістю операцій, що виконуються протягом року для заданого парку автомобілів. До цього обсягу входять роботи з ТО і ТР, приймально-видавальні операції, протикорозійна обробка кузова, а також допоміжні роботи, такі як прибирально-мийні операції, якщо вони входять до технологічного процесу.

Основою виробничої програми є річна трудомісткість ТО і ТР, яка визначається:

$$T_{\text{ТО-ТР}} = N_{\text{СТО}} \cdot L_{\Gamma} \cdot t_{\text{ТО-ТР}} / 1000 \quad (3.1)$$

Таблиця 3.1 – Трудомісткості ТО і ТР

Тип СТО / рухомий склад	Питома трудомісткість ТО і ТР, люд · год/1000 км	Разова трудомісткість, люд · год
	ТО і ТР	Мийка
Особливо малий клас	2,0	0,15
Малий клас	2,3	0,20
Середній клас	2,7	0,25

Оскільки Opel Vectra C та Suzuki Jimny відносяться саме до малого класу щодо нормування робіт ТО і ТР.

Отже, приймаємо:

$$t_{\text{ТО-ТР}} = 2,3 \text{ люд} \backslash \text{год} / 1000 \text{ км.}$$

У реальних умовах норм. трудомісткість ТО і ТР коригується низкою коефіцієнтів.

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт за кількістю постів K_n .

Кількість постів	K_n	Кількість постів	K_n
До 5	1,05	15–25	0,90
5–10	1,00	25–35	0,85
10–15	0,95	Понад 35	0,80

Попередньо приймається до 5 постів, тому: $K_n=0,95$.

Для м. Тернополя та Тернопільської області коеф. K_K : $K_K = 1,0$.

Враховується реальна частка робіт, що виконується на СТО:

- 1-ша група – 90%
- 2-га група – 90%
- 3-тя група – 40%
- 4-та група – не виконується.

Розрахунок:

$$K_y = 0,6 \cdot 0,9 + 0,2 \cdot 0,9 + 0,13 \cdot 0,4 = 0,772 \approx 0,77.$$

Фактичне виконання:

- Opel Vectra C: $K_\Phi = 0,8$.
- Suzuki Jimny: $K_\Phi = 0,35$.

Таблиця 3.3 – Річної трудомісткості

Показник	Формула	Результат, люд · год
Нормативна трудомісткість Opel	$1600 \cdot 18000 \cdot 2,3/1000$	66240
Нормативна трудомісткість Suzuki Jimny	$3200 \cdot 15000 \cdot 2,3/1000$	110400
Фактична трудомісткість Opel	$66240 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,8$	38763
Фактична трудомісткість Suzuki Jimny	$110400 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,35$	28265

Отже,

$$T_{TO-TP}^{\Phi} = 67028 \text{ люд}\backslash\text{год.} \quad (3.2)$$

2.2 Річна кількість заїздів

Формула:

$$N_3 = \frac{T_{\text{факт TO-TP}}}{t_{\text{заср}}} \quad (3.3)$$

$$N_3 = \frac{67028}{3,27} \approx 20498 \text{ заїздів/рік.}$$

2.3 Розрахунок трудомісткості допоміжних робіт

1. Мийні роботи.

$$T_{\text{ум}} = N_3 \cdot t_{\text{ум}} = 20498 \cdot 0,5 = 10249 \text{ люд\год.}$$

2. Приймання та видача.

$$T_{\text{пв}} = 20498 \cdot 0,2 = 4099,6 \text{ люд\год.}$$

3. Протикорозійна обробка.

$$T_{\text{пк}} = N_3 \cdot 0,25 \cdot t_{\text{пк}} = 20498 \cdot 0,25 \cdot 3 = 15373,5 \text{ люд\год.}$$

Загальна виробнича програма СТО.

$$T = T_{\text{ТО}} - T_{\text{рф}} + T_{\text{ум}} + T_{\text{пв}} + T_{\text{пк}} \quad (3.4)$$

$$T = 67028 + 10249 + 4099,6 + 15373,5 = 96750 \text{ люд\сгод.}$$

2.4 Розподіл робіт

Таблиця 3.4 – Розподіл трудомісткості робіт

Вид робіт	Частка, %	Трудомісткість, люд · год
Діагностичні	5	4120
ТО в повному обсязі	25	20434
Змащувальні	5	4120
Ремонт і регулювання гальм	6	4944
Роботи по системі живлення	5	4120
Електротехнічні	6	4944
Шиномонтажні	4	3296
Ремонт систем та агрегатів	8	6592
Кузовні та арматурні	8	6592
Протикорозійні	18	15000
Слюсарно-механічні	4	3296

Таблиця 3.5 – Розподіл робіт на постові та ділянкові

Вид робіт	Постові, люд·год	Ділянкові, люд·год
Діагностика	4120	—
ТО в повному обсязі	20434	—
Змащування	4120	—
Ремонт і регулювання гальм	4944	—
Кути встановлення коліс	4944	—
Система живлення	2884	1236
Електротехніка	3955	989
Шиномонтаж	989	2307
Ремонт агрегатів	3296	3296
Кузовні роботи	4944	1648
Протикорозійні	15000	—
Слюсарно-механічні	—	3296
Уборочно-мийні	10249	—
Приймання та видача	4100	—

2.5 Розрахунок виробничих та допоміжних робітників

До виробничих робітників належать працівники постів і спеціалізованих дільниць СТО, які безпосередньо виконують технологічні операції з ТО та ремонту.

Необхідна чисельність виробничих робітників.

Технологічно необхідне число робітників розраховується за формулою:

$$R_T = \frac{T}{F_T} \quad (3.5)$$

- з нормальними умовами праці приймається:

$$F_T = 2020 \text{ год/рік},$$

- із шкідливими умовами – 1780 год.

Враховуючи умови:

$$R_T = \frac{96750}{2020} = 48 \text{ чол.}$$

Штатна чисельність враховує відпустки, можливі неявки на роботу тощо:

$$R_{III} = \frac{T}{F_{III}} \quad (3.6)$$

- нормальні умови:

$$F_{III} = 1770 \text{ год/рік.}$$

- шкідливі умови – 1560 год.

Для СТО приймаємо:

$$R_{III} = \frac{96750}{1770} = 54,7 \approx 55 \text{ чол.}$$

Допоміжні робітники.

$$R_B = (0,15 \div 0,20) \cdot R_{III}. \quad (3.7)$$

Приймаємо значення 15 %:

$$R_B = 0,15 \cdot 54,7 \approx 8 \text{ чол.}$$

Персонал адміністрації встановлюється у межах 20 ... 25% від робітників:

$$R_A = (0,20 \div 0,25) \cdot R_{III}. \quad (3.8)$$

При мінімальному значенні:

$$R_A = 0,20 \cdot 54,7 \approx 10 \text{ чол.}$$

Таблиця 3.6 – Підсумкова чисельність персоналу

Категорія персоналу	Розрахунок	Кількість, чол.
Технологічно необхідні виробничі робітники	$R_T = 96750/2020$	48
Штатні виробничі робітники	$R_{III} = 96750/1770$	55
Допоміжні робітники	$R_B = 0,15 \cdot 54,7$	8
Адміністративний персонал	$R_A = 0,20 \cdot 54,7$	10

2.6 Розрахунок числа постів і автомобілемісць

Річний фонд часу поста:

$$F_{\Pi} = D_{\text{річн}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot S \cdot \eta \quad (3.9)$$

Підставимо значення:

$$F_{\Pi} = 305 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 0,9 = 3568,5 \text{ год.}$$

Отже, річний фонд часу одного поста становить 3568,5 год.

Необхідна кількість робочих постів:

$$X = \frac{T_{\Pi} \cdot \varphi}{F_{\Pi} \cdot R_{\text{ср}}} \quad (3.10)$$

Підставимо значення:

$$X = \frac{82402 \cdot 1,15}{3568,5 \cdot 2} = 13,3.$$

Оскільки кількість постів повинна бути цілим числом, приймаємо:

$$X = 14 \text{ робочих постів.}$$

Така кількість відповідає рівню завантаження й забезпечує оптимальну роботу СТО.

Допоміжні пости (приймання та видача):

$$X_{\text{В}} = \frac{T_{\text{В}} \cdot \varphi}{F_{\Pi} \cdot R_{\text{ср}}} \quad (3.11)$$

$$X_{\text{В}} = \frac{4100 \cdot 1,15}{3568,5 \cdot 1} = 1,3.$$

Приймаємо:

$$X_{\text{В}} = 2 \text{ пости приймання/видачі.}$$

Для ефективної роботи СТО необхідно, щоб 70 ... 80% постів були оснащені підйомниками.

Беремо 14 постів.

$$10 \text{ підйомників} \Rightarrow \frac{10}{14} = 0,71 = 71\%.$$

Це означає, що оснащеність – достатня.

Рекомендовано приймати 3 автомобілемісця очікування на 1 робочий пост.

Відповідно: $M = 14 \cdot 3 = 42$ автомобілемісця.

Таблиця 3.7 – Підсумкова кількість

Показник	Значення
Річний фонд часу одного поста	3568,5 год
Робочі пости	14 постів
Допоміжні пости (приймання/видача)	2 пости
Пости з підйомниками	10 (71 %)
Необхідні автомобілемісця	42 місця

2.7 Технологічне обладнання

Використовується обладнання сучасних виробників, таких як:

- Launch (Китай – ЄС); Ravaglioli (Італія);
- Trommelberg (Німеччина/Китай); Elektron, Jonnesway, APAC, Nordberg, Force, Werk; Українські виробники обладнання та інструменту.

Основним обладнанням зони ТО і ТР є підйомники, які визначають пропускну здатність постів.

Таблиця 3.8 – Основне технологічне обладнання, інструмент, інвентар

Найменування	Модель / тип	Габарити, мм	Потужність, кВт	Виробник	Кількість	Площа, м ²	Прийн. ціна, грн
Двостійковий підйомник	Launch TLT-240SC	3430 × 2800	2,2	Launch	7	5,0	85000
Чотиристійковий підйомник	Ravaglioli RAV 4401	5200 × 3100	3×4	Італія	3	15	240000
Гідравлічний домкрат	Trommelberg T830018	720×330	–	Німеччина / Китай	1	0,6	7000

Слюсарний верстак з тисками	Werk W3918	1200×800	—	Werk	5	1,0	6500
Шафа для інструменту металева	—	800×500	—	Україна	14	0,4	4000
Гідравлічний прес	Nordberg N36120	600 × 400	—	Nordberg	1	0,2	16000
Настільний точильний станок	Einhell TH- BG 150	450 × 300	0,35	Німеччина	1	0,16	3200
Гідравлічна стійка	Jonnesway JAH-0801	—	—	Тайвань	2	—	9800
Набір інструментів	Jonnesway S04H52486	—	—	Тайвань	14	—	6800
Пневмогайковерт	Chicago Pneumatic CP 7748	—	—	США/ Китай	4	—	9500
Ящик для ветоші	—	500×400	—	Україна	3	—	1200
Вогнегасник порошковий	ОП-5, ОП- 10	—	—	Україна	4	—	800
Ящик із піском	—	700×500	—	Україна	3	0,35	1400
Пожежний щит	Настінний	1500×150 0	—	Україна	3	—	2000
Ванна для миття деталей	—	700×300× 300	—	Україна	1	0,2	2400
Настільний свердлильний станок	Proma E- 1516B	700×400× 980	0,75	Чехія	1	0,25	18000
Транспортний візок	Werk TW7020	1000×700	—	КНР	1	0,7	3200
Контейнер для відходів	—	500×400	—	Україна	4		

Таблиця 3.9 – Додаткове обладнання для забезпечення нового робочого поста

Найменування	Модель	К-ть	Ціна, грн	Вартість	Призначення
Двостійковий підйомник	Launch TLT-240SC	1	85000	85000	Зменшення трудомісткості та покращення доступу до вузлів
Гідравлічна стійка	Jonnesway JAH-0801	1	9800	9800	Монтаж/демонтаж вузлів
Спецінструмент у мобільному візку	Jonnesway S04H52486	2	6800	13600	Підвищення швидкості та точності ремонтних робіт
Пневмогайковерт	CP 7748	1	9500	9500	Прискорення кріпильних операцій
Пожежне обладнання	Щит + ящик із піском + 2 ОП-10	–	3500	3500	Забезпечення пожежної безпеки

2.8 Розрахунок трудомісткості

Розраховується згідно:

$$T_{\Phi} = T_{\text{розрах}} + T_{\text{розрах}} \cdot \frac{\%C}{100} \quad (3.12)$$

Таблиця 3.10 – Трудомісткість робіт

Вид робіт	Трудомісткість, постові	Участкові роботи
Діагностика	4120	–
ТО	20434	–
Змащування	4120	–
Ремонт гальм	4944	–
Мийні роботи	10249	–
Приймання/видача	4100	–
Кути встановлення коліс	4944	–
Система живлення	2884	1236

Електротехніка	3955	989
Шиномонтаж	989	2307
Кузовні	4944	1648
Протикорозійні	15000	—
Слюсарно-механічні	—	3461
Ремонт агрегатів	3296	3296

2.9 Розрахунок площ

Орієнтовна площа визначається:

$$S_H = S_{\text{пост}} \cdot N_{\text{постів}} \quad (3.13)$$

$$SH = 40 \cdot 14 = 560 \text{ м}^2,$$

$$SH = 60 \cdot 14 = 840 \text{ м}^2.$$

Отже, орієнтовна вир. площа повинна знаходитися в межах:

$$560 - 840 \text{ м}^2.$$

Площа виробничого боксу СТО становить:

$$S_B = 45 \text{ м} \times 20 \text{ м} - 2 \cdot (7 \times 8 \text{ м}) = 900 - 112 = 788 \text{ м}^2.$$

Таблиця 3.11 – Площі СТО

Категорія	Необхідна площа	Фактична площа	Висновок
Виробнича зона	560–840 м ²	788 м ²	Достатньо, потребує перепланування
Складські приміщення	60–80 м ²	~60 м ²	Тематично достатньо, потребує організації
Адміністративно- побутові	40–70 м ²	Недостатньо	Потрібне розширення
Клієнтська зона	20–40 м ²	Обмежена	Бажане розширення
Автомобілемісця	42	~20	Компенсується прилеглою територією

2.10 Планування СТО

Структура приміщень.

До складу входять:

- приміщення приймання та видачі авто;
- виробничі зони (пости ТО і ремонту, діагностика, шиномонтаж, електротехнічна дільниця, кузовна дільниця);
- складські приміщення;
- технічні приміщення;
- адміністративно-побутовий блок;
- зона для клієнтів;
- приміщення для продажу запасних частин та автоприладдя.

Таке зонування дозволяє забезпечити зручну логістику транспортних потоків, ізоляцію шумних та пилових процесів і оптимальний рух персоналу.

Будівельні конструкції та характеристика:

- одно поверхова, цегляна;
- габаритні розміри виробничої частини – 20×45 м;
- перекриття виконані з залізобетонних балок, що несуть легку теплоізольовану покрівлю без горищного простору;
- висота стін – 5–6 м;
- товщина зовнішніх стін – 51 см, в опорних зонах – до 72 см;
- внутрішній адміністративно-побутовий блок виконаний у двох рівнях.

Перевагою такої конструкції є можливість організації великої відкритої виробничої площі без внутрішніх колон, що суттєво спрощує розміщення постів ТО і ТР. Недоліком є те, що внутрішні двоповерхові побутові блоки займають частину цінної виробничої площі.

Виробнича зона включає 14 постів:

- підйомникові пости (двостійкові та чотиристійкові);
- пости механічних робіт; пост діагностики;
- пости обслуговування гальмівної системи;
- шиномонтажний пост; електротехнічний пост; кузовна дільниця.

- на СТО з кількістю постів до 10 – суміщення кузовного ремонту зі слюсарними роботами, за умови встановлення вогнестійких перегородок висотою не менше 2,5 м;
- розміщення мийних камер у межах виробничої зони.

Оскільки реконструйована СТО має 14 постів, її планувальне рішення повинно відповідати вимогам для підприємств збільшеної пропускну здатності: зокрема, зонування процесів повинно бути чіткішим, а шляхи руху автомобілів – розділеними на вхід, вихід та внутрішні переміщення.

Правильно організована логістика автомобілів – ключовий фактор ефективної роботи СТО. Планувальне рішення передбачає:

- в'їзд автомобілів з передньої частини будівлі до приміщення приймання.
- розподіл по постах, залежно від виду роботи;
- Вихід після завершення робіт через окремі ворота, що мінімізує перехрещення потоків;
- збереження та очікування автомобілів на зовнішньому майданчику (потреба – 42 місця, наявні – близько 20, але компенсуються прилеглою територією).

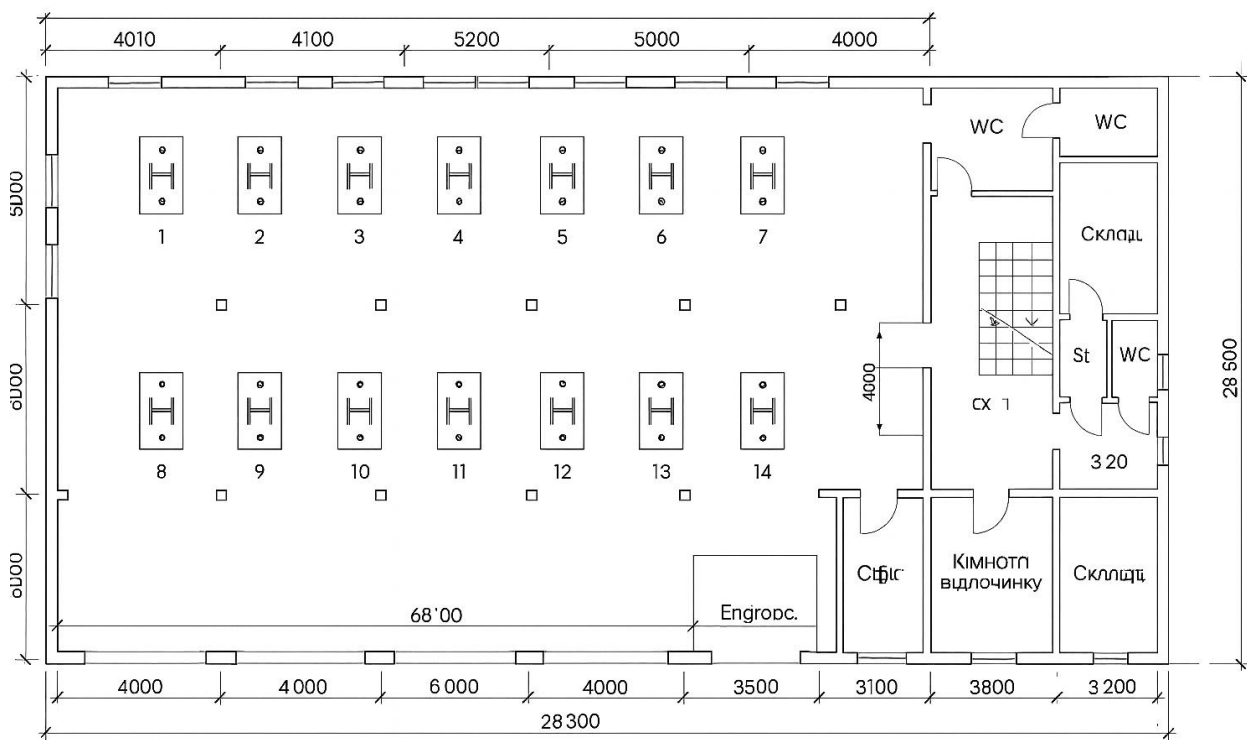


Рисунок 2.1 – Планувальна схема СТО

2.11 Система керування гальмуванням

Електронні системи керування гальмуванням, що застосовуються на автомобілях Opel Vectra C, істотно впливають на рівень активної безпеки, ефективність уповільнення та стабільність ТЗ. У сучасних легкових автомобілях гальмівна система вже не обмежується лише механічними та гідравлічними компонентами. Вона інтегрує комплекс електронних модулів, які працюють у реальному часі та забезпечують оптимальний розподіл гальмівного моменту, контроль зчеплення та стабілізацію руху. Для Opel Vectra C характерним є використання антиблокувальної системи ABS, електронного розподілу гальмівних сил EBD, антипробуксовочного модуля та системи стабілізації траєкторії ESP.

Антиблокувальна система ABS виконує ключову роль у збереженні керованості автомобіля під час інтенсивного гальмування. Вона запобігає блокуванню коліс шляхом циклічної зміни тиску в гідравлічних магістралях кожного гальмівного механізму. Внаслідок цього забезпечується максимальне зчеплення шин із дорожнім покриттям, скорочується гальмівний шлях і зберігається можливість керування автомобілем, навіть якщо гальмування відбувається на слизькій чи нерівній поверхні. На Vectra C система ABS також поєднана з функціями екстреного гальмування, які дозволяють збільшити тиск у гальмівному приводі при різкому натисканні на педаль.

Електронний розподіл гальмівних зусиль EBD є логічним доповненням до ABS. На відміну від механічних пропорційних клапанів, які реагують лише на зміну навантаження осі, електронна система аналізує швидкість обертання коліс, динамічний перерозподіл маси та інші параметри руху. Завдяки цьому EBD коригує тиск у задньому контурі, запобігаючи ранньому блокуванню задніх коліс і підвищуючи стійкість на гальмуванні, особливо при завантаженні багажника або пересуванні з пасажиром.

Антипробуксовочна система запобігає втраті зчеплення ведучих коліс на етапі розгону. При фіксації пробуксовки система знижує крутний момент двигуна та вибірково пригальмовує відповідне колесо. Це сприяє стабільному

набору швидкості в умовах низького коефіцієнта зчеплення, наприклад на мокрому асфальті, ґрунтовій дорозі або під час руху взимку.

Система стабілізації ESP є найбільш складним електронним модулем у структурі гальмівних систем. Вона контролює траєкторію руху автомобіля та запобігає заносу або зриву в некерований поворот шляхом аналізу різниці між фактичним рухом транспортного засобу та бажаним, який визначається кутом повороту керма. У разі виявлення тенденції до нестабільності ESP миттєво втручається в роботу гальмівної системи та силового агрегату: пригальмовує одне або кілька коліс і коригує тягу двигуна. Завдяки цьому водій отримує додаткову можливість зберігати контроль над автомобілем у складних дорожніх умовах.

Попри високу ефективність електр. сист., вони є вразливими до некваліфікованого втручання. Будь-які спроби самостійного ремонту або втручання в електронні модулі, проводку чи програмну складову можуть спричинити некоректну роботу або повну відмову систем. Усі роботи з діагностики та ремонту мають виконуватися на спеціалізованих сервісних центрах із використанням відповідного діагностичного обладнання.

Електронні системи мають вбудовані функції самодіагностики. При зниженні напруги живлення, обриві датчиків або неправильній роботі підвіски, що впливає на коректність показників, блок керування переводить систему в аварійний режим. У такому разі електронні функції відключаються, однак базове гальмування залишається доступним. На панелі приладів загоряються попереджувальні індикатори, які інформують водія про відмову функцій ABS, ESP, EBD або інших модулів. Найчастішими причинами таких ситуацій є недостатній заряд акумуляторної батареї та поганий контакт у проводці, що вимагає своєчасного контролю стану електричних з'єднань.

У комплексі електронні системи гальмування Opel Vectra C дозволяють забезпечити високу ефективність уповільнення, стабільність траєкторії та підвищену безпеку руху в різноманітних умовах експлуатації. Їхня робота тісно пов'язана з механічними елементами гальмівної системи, геометрією підвіски

та станом шин, тому своєчасне технічне обслуговування та грамотна діагностика є ключовими факторами підтримання надійності автомобіля.

2.12 ТО гальмівної системи

Гальмівні лінії

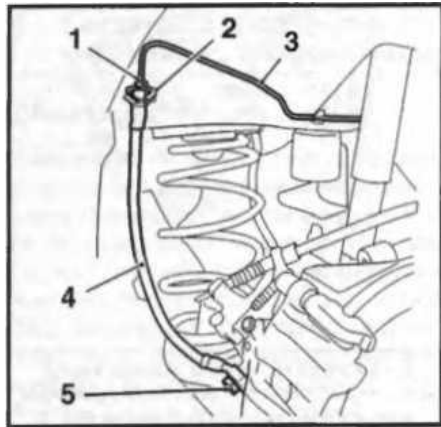
Робоча гальмівна система Opel Vectra C працює під високим тиском гальмівної рідини, тому основні магістралі виконані зі сталевих трубок, здатних витримувати навантаження без деформацій. Для з'єднання з рухомими вузлами підвіски використовуються гнучкі шланги, які забезпечують герметичність і еластичність приводу під час роботи підвіски. Шланги є більш уразливими елементами гальмівної системи, тому їхній стан потрібно регулярно перевіряти при кожному технічному обслуговуванні. Будь-які тріщини, здуття, розриви або сліди витoku рідини є підставою для негайної заміни.

У процесі експлуатації гальмівні шланги можуть набухати та втрачати прохідний переріз, що ускладнює відведення рідини назад до головного гальмівного циліндра. Це призводить до перегріву гальмівних механізмів, передчасного зносу колодок і навіть пошкодження підшипників коліс. З метою безпеки рекомендується використовувати лише оригінальні трубки та шланги, оскільки несертифіковані елементи можуть не витримати робочого тиску.

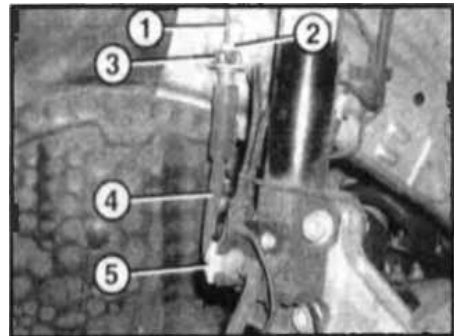
Заміна металевих магістралей потребує професійних навичок, оскільки неправильне прокладання може викликати їх перегин або зменшення внутрішнього перерізу. Трубки повинні розташовуватися на безпечній відстані від рухомих частин підвіски та рульового механізму і фіксуватися штатними кріпленнями.

Перед заміною шланга перевіряють рівень гальмівної рідини, знімають колесо та готують заглушки для перекриття магістралі. Від'єднання гнучкого шланга від сталевих трубок здійснюють спеціальним ключем, після чого шланг знімають зі супорта, видаляють старі ущільнювальні шайби та демонтують елемент із проміжного кронштейна на стійці амортизатора. Новий шланг має точно відповідати знятій деталі за розмірами та характеристиками.

Після встановлення нового шланга його приєднують до супорта з новими ущільнювальними кільцями, підключають до металевої трубки та фіксують у проміжному кронштейні, стежачи, щоб він не перекручувався та не торкався рухомих елементів. Завершальним етапом є обов'язкове видалення повітря з гальмівної системи та перевірка рівня рідини..



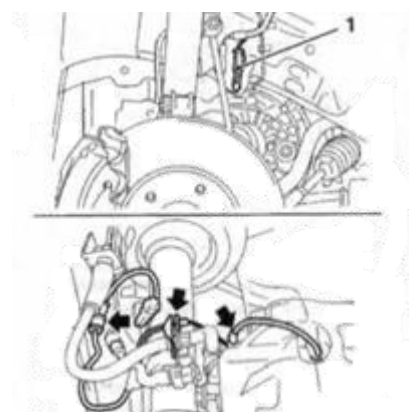
Кріплення гальмівного шланга заднього колеса: 1 – гайка накладного типу; 2 – стопорна скоба; 3 – металева гальмівна магістраль; 4 – порожнистий болт.



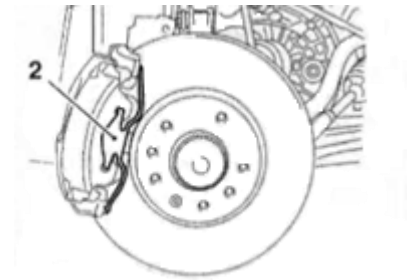
Відкрутіть накладну гайку 2 на з'єднанні з металевою лінією 1. Після цього зніміть стопорну скобу 3 та вийміть гальмівний шланг 4 із кронштейна.

Обслуговування гальм

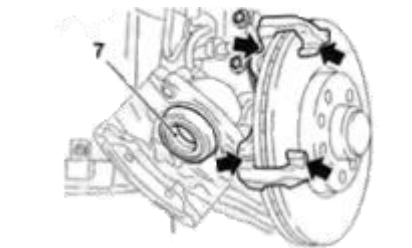
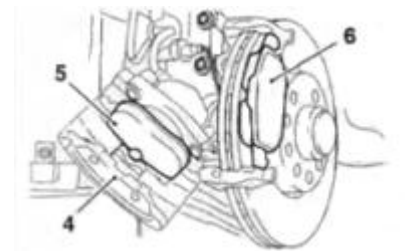
Для виконання робіт з обслуговування передніх гальмівних механізмів авто передню частину піднімають домкратом, встановлюють на надійні підставки та знімають колеса. Перед початком робіт від'єднують роз'єм датчика зношування гальмівних колодок та відводять джгут проводки убік, щоб уникнути його пошкодження. Пружинні фіксатори колодок знімають за допомогою викрутки, після чого відкривають доступ до супорта. Пілозахисні ковпачки з напрямних пальців знімають обережно, щоб не зачепити проводку датчика ABS



Після відкручування болтів напрямних пальців супорт разом із внутрішньою колодкою знімають та фіксують дротом на стійці підвіски, не допускаючи навантаження на гальмівний шланг. Зовнішню колодку виймають із прямої, дотримуючись розташування сторін, якщо колодки планують встановлювати повторно. Забороняється міняти колодки місцями між колесами та всередині однієї осі.



Перед установкою нових деталей поверхні гальмівних механізмів очищають від пилу та бруду. Диск перевіряють на наявність корозії, борозен та нерівностей. Якщо диск має дрібні дефекти та достатню товщину, його можна проточити, але обидва диски на осі повинні мати однакові параметри. Якщо товщина дисків наближається до граничного значення, їх замінюють парно. Колодки зі слідами мастила обов'язково замінюють, попередньо усунувши джерело витoku.



Усі контактні поверхні супорта та скоби очищають та знежирюють, використовуючи спирт. Заборонено застосовувати гострий інструмент, щоб не пошкодити манжети та інші елементи. Напрямні пальці повинні переміщуватися вільно; за необхідності їх очищають і перевіряють ущільнення поршня на наявність корозії або витоків. Ремонт супорта та заміна манжет виконуються лише на сервісній станції.

Перед монтажем нових колодок поршень супорта утаплюють всередину циліндра спеціальним інструментом або відповідною струбциною. Під час цього рівень гальмівної рідини у бачку може підвищуватися, тому кришка має бути знята, а надлишок рідини при потребі відкачують. Пошкодження поршня або пильовика при утопленні неприпустиме. Перед установкою колодок напрямні

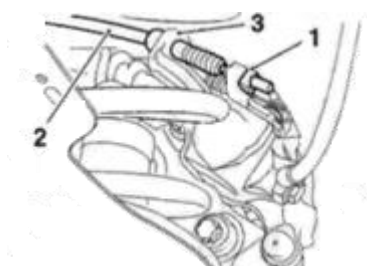
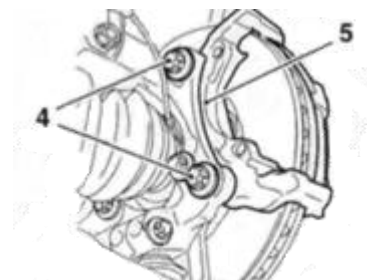
поверхні тонко змащують термостійкою пастою. Внутрішню колодку з датчиком зношування встановлюють у супорт, а зовнішню – у напрямну. Супорт монтують на місце, закручують болти напрямних пальців із необхідним моментом затягування та встановлюють захисні ковпачки. Пружинні скоби повертають у посадочні отвори.

Після складання кілька разів натискають на педаль гальма, щоб колодки зайняли робоче положення. Подібним чином виконують заміну колодок на іншому передньому колесі. Далі встановлюють колеса, опускають автомобіль та затягують болти. Перевіряють рівень гальмівної рідини та при потребі коригують його.

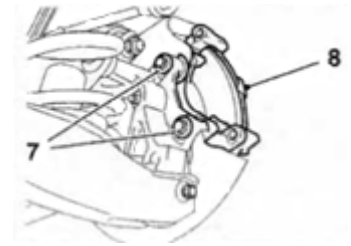
Після заміни колодки потребують періоду обкатки. Для цього виконують кілька плавних гальмувань зі швидкості приблизно 80 до 40 км/год, дозволяючи механізмам охолоджуватися. Перші 200 км руху бажано уникати різких та екстрених гальмувань, щоб колодки рівномірно притерлися до дисків і забезпечили стабільну ефективність гальмування.

Обслуговування супортів

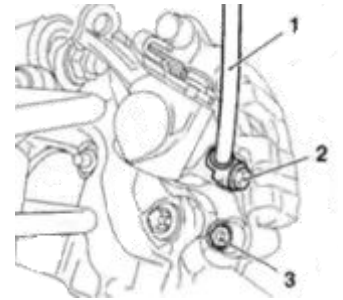
Для виконання робіт передню частину автомобіля підіймають та встановлюють на надійні опори, після чого знімають колеса. Перед початком демонтажу необхідно зняти кришку з бачка і підкласти під неї плівку для герметизації, що запобігає витіканню рідини під час від'єднання шланга. Штуцерне з'єднання шланга на супорті очищують, відкручують порожнистий болт і знімають мідні ущільнювальні шайби, які надалі обов'язково замінюють. Відкритий кінець шланга перекривають заглушкою. Якщо супорт знімається лише для доступу до колодок або диска, шланг не від'єднують – супорт фіксують дротом до кузова.



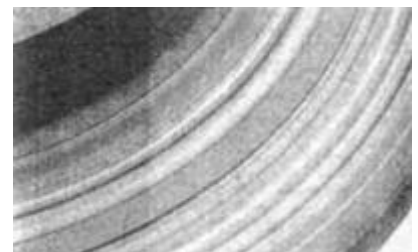
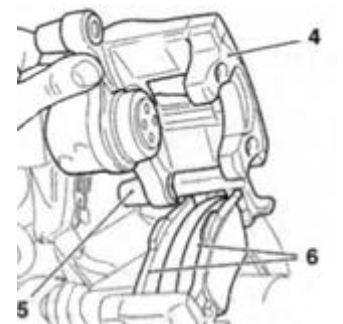
Після демонтажу колодок відвертають болти кріплення напрямної і знімають її з поворотного кулака. Важливо враховувати, що для цих болтів потрібне значне зусилля, тому часто колеса тимчасово встановлюють назад і опускають автомобіль для більшої стабільності.



Перед складанням усі різьбові з'єднання очищують від старого фіксувального складу і наносять новий. Монтаж проводиться у зворотній послідовності, при цьому болти напрямної затягують великим моментом – конструкція потребує надійної фіксації. У разі від'єднання шланга замінюють ущільнювальні шайби та проводять прокачування гальмівного контуру. Шланг не повинен мати перекручувань або перегинів і не має торкатися рухомих деталей при повороті керма.



Після встановлення супорта кілька разів натискають на педаль гальма, щоб колодки зайняли робоче положення. Автомобіль опускають на землю, встановлюють колеса та затягують болти. Рівень рідини в бачку перевіряють та коригують. Перед початком руху необхідно переконатися, що гальмівна система працює справно.



Під час виконання робіт із задніми гальмами автомобіль закріплюють противідкатними упорами, піднімають задню частину та знімають колеса. Перед початком демонтажу відпускають ручне гальмо та знімають пружинні фіксатори супорта. Привід стоянкового гальма від'єднують від важеля на супорті та звільняють трос із тримача. За потреби супорт від'єднують від гальмівного шланга, дотримуючись правил чистоти та заміни ущільнень.

Супорт розгортають на верхньому напрямному пальці, знімають його з кронштейна, після чого демонтують гальмівні колодки та позначають їхнє положення. Напряму колодок знімають після викручування двох болтів із високим моментом затягування. Під час складання величезне значення має чистота різьбових з'єднань та точне нанесення фіксувального складу. Поршень заднього супорта перед встановленням нових колодок утаплюють спеціальним інструментом. Після встановлення напрямної та супорта проводять прокачування відповідного гальмівного контуру та перевіряють рівень рідини.

При роботах із гальмівними дисками забезпечується рівномірність гальмування на осі, тому диски завжди замінюють або проточують парами. Для демонтажу диска викручують кріпильний болт і знімають диск зі ступиці. Якщо диск прикипів, використовують проникаючу рідину або легкі удари пластиковим молотком. У випадках сильного закисання допускається застосування знімача, проте після таких робіт диск обов'язково замінюють. У разі ударів важким молотком під заміну підлягають і диски, і підшипники.

Перед монтажем нового або проточеного диска важливо ретельно очистити поверхні диска та ступиці, а різьбу болта обробити фіксатором.

Товщину диска, величину його биття та інші параметри перевіряють індикатором та мікрометром. При знаходженні дефектів понад допустимий норматив диск замінюють. За наявності дрібних нерівностей допускається легке шліфування наждачним папером, однак глибокі борозни вимагають проточки. Усі вимірювання бажано виконувати у майстерні, де є відповідні прилади.

Якість складання гальмівних механізмів, правильність прокладки шлангів та момент затягування кріплень безпосередньо впливають на ефективність гальмування й роботу систем ABS та ESP. Перед рухом після ремонту обов'язково проводять перевірку працездатності гальмівної системи та надійності всіх з'єднань.

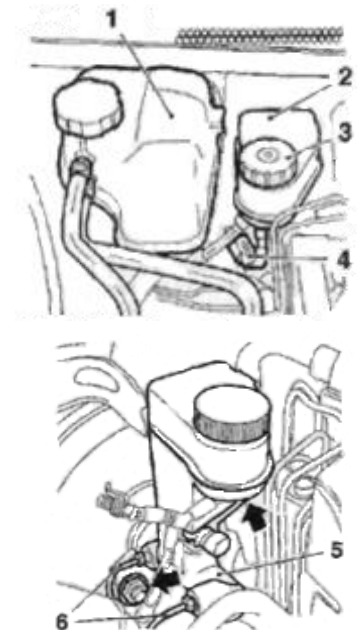
Головний циліндр

Він у конструкції Opel Vectra C встановлений у моторному відсіку та закріплений на корпусі вакуумного підсилювача. У випадку його виходу з ладу

виробник не рекомендує виконувати відновлювальний ремонт, а передбачає повну заміну вузла. Перед демонтажем необхідно зняти розширювальний бачок із тримачів, відкрити кришку резервуара гальмівної рідини та максимально відкачати рідину за допомогою шприца або гумової груші. Щоб уникнути потрапляння рідини на лакофарбове покриття кузова, усі прилеглі панелі слід захистити чохлами або тканиною, адже гальмівна рідина агресивна й може пошкодити фарбу. Під штуцерні з'єднання стелять ганчір'я та готують заглушки або поліетиленові пакети для тимчасового перекриття відкритих кінців магістралей. Далі роз'єднують електропроводку датчика рівня рідини та обережно від'єднують трубки від штуцерів циліндра.

На автомобілях із МКПП додатково від'єднується трубка гідравлічного приводу зчеплення, що під'єднана до того ж резервуара.

Після цього викручують дві гайки кріплення та знімають головний циліндр разом із резервуаром і датчиком, запобігаючи проливанню рідини на елементи кузова. Демонтовану ущільнювальну прокладку також знімають. Монтаж нового головного гальмівного циліндра виконують у зворотній послідовності, обов'язково замінюючи всі встановлені раніше прокладки та ущільнювальні елементи. Після встановлення циліндр заповнюють гальмівною рідиною, проводять прокачування всього гальмівного приводу та встановлюють рівень. Перед тим як автомобіль знову вирушить у експлуатацію, обов'язково перевіряють справність роботи гальмівної системи та відсутність витоків у гідравлічному контурі.



Гол. гальмівний циліндр (5) разом із резервуаром (2). Поруч розташований розширювальний бачок (1). На резервуарі встановлена кришка (3). Роз'єм електропроводки (4) та підведені гальмівні лінії (6).

Вакуумний підсилювач

Закріплений на задній перегородці моторного відсіку під резервуаром гальмівної рідини. Якщо для ефективного гальмування доводиться прикладати надмірне зусилля до педалі, це може свідчити про несправність підсилювача, тому його працездатність необхідно перевірити. Для оцінки роботи підсилювача двигун попередньо не запускають і натискають на педаль гальма, контролюючи сталість ходу педалі. Потім педаль утримують натиснутою та запускають двигун. Якщо після запуску педаль відчутно просідає, це означає, що підсилювач створює потрібний вакуум і працює справно. Якщо зміни не відбуваються, проводять перевірку розрідження у вакуумному шлангу. На бензинових двигунах шланг від'єднують від підсилювача та перевіряють наявність розрідження пальцем. У дизельних модифікаціях вакуум подається від окремого насоса, тому перевірку виконують на штуцері насоса. Зниження ефективності гальм у дизельних варіантах під час частих натискань на педаль при низьких обертах двигуна не вважається несправністю, адже в таких умовах рівень розрідження тимчасово падає.

Якщо вакуум у магістралі відсутній, перевіряють цілісність шланга, герметичність з'єднань і стан хомутів. У разі потреби шланг замінюють. На сервісній станції можливе точне вимірювання розрідження спеціальним обладнанням. Якщо вакуумна магістраль справна, шланг герметичний, а розрідження відповідає нормі, причиною несправності, як правило, є сам вакуумний підсилювач, і його замінюють, оскільки відновлювальний ремонт конструктивно не передбачений.

Для демонтажу підсилювача необхідно забезпечити доступ до кріплень як з боку моторного відсіку, так і з боку місця водія. Залежно від комплектації автомобіля може знадобитися зняття розширювального бачка, акумулятора з полицею, монтажного блока запобіжників, педального вузла або головного гальмівного циліндра. Після забезпечення доступу викручують кріпильні болти та знімають підсилювач із перегородки моторного відсіку. Монтаж нового елемента виконують у зворотній послідовності.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз існуючих конструкцій стендів для діагностики ABS/ESP

Стенди для діагностики систем ABS та ESP є складним обладнанням. Вони працюють разом з електронними блоками, гідравлічними модулями та датчиками, що імітують умови руху автомобіля. На сучасних СТО використовують різні типи таких стендів. Вони відрізняються будовою, призначенням і вартістю. Для вибору оптимальної конструкції важливо знати переваги та недоліки існуючих аналогів.

Перший тип – це роликові гальмівні стенди з можливістю тестування ABS. До таких моделей належать Maha MBT 2250 EU, Bosch BSA 4340 та Sherpa BPS/Есо. Вони можуть імітувати реальний рух коліс і перевіряти ABS у режимі пробуксовування. Такі стенди мають інтегровані датчики швидкості та забезпечують високу точність. Вони сумісні з OBD та CAN. Проте їхній головний недолік – дуже висока вартість і великі габарити. Вони потребують монтажу у прямку та займають багато місця. Крім того, можливості тестування ESP у них обмежені. Через це такі стенди малопридатні для середніх СТО.

Другий тип – стенди для перевірки гідроблоків ABS. Серед них моделі Launch CNC-602A, Moditech та HBT-10. Таке обладнання дозволяє перевіряти гідроблок окремо від автомобіля. Воно дає змогу тестувати електромагнітні клапани та проводити перевірку каналів під тиском. Його вартість значно нижча, ніж у роликових стендів. Але такі установки не можуть тестувати датчики швидкості та не працюють з ESP. Вони не моделюють рух і підходять лише для часткової діагностики ABS.

Третій тип – електронні симулятори ABS та ESP. До них належать симулятори Autoditex, CarLabImmo та навчальні модулі Dekra. Вони імітують роботу електр. систем і використовуються як навчальні тренажери. Вартість таких пристроїв невелика. Проте вони не працюють з гідравлікою і не створюють реального навантаження. Таке обладнання не застосовується у справжній діагностиці автомобілів і годиться лише для навчання.

Четвертий тип – комбіновані стенди, які поєднують гідравлічну та електронну частини. Прикладами є НРА С400 та стенд BrainBee. Вони можуть

тестувати гідроблок, датчики швидкості та електроніку. Таке обладнання здатне імітувати різні режими гальмування і навіть перевіряти роботу ESP. Однак ці стенди дуже дорогі і складні в обслуговуванні. Саме тому їх майже не використовують у звичайних СТО.

Таблиця 3.1 – Порівняння аналогів

Тип стенда	ABS	ESP	Датчики швидкості	Гідравліка	Вартість	Проблеми
Роликовий стенд	✓	✗	✓	✓	Дуже висока	Великі габарити
Гідравлічний стенд	✓	✗	✗	✓	Середня	Не тестує датчики
Електронний симулятор	✓ (частково)	✓ (імітація)	✗	✗	Низька	Не реальна діагностика
Комбінований	✓	✓	✓	✓	Дуже висока	Немає в продажу

3.2 Обґрунтування вибору конструкції стенда для діагностики систем ABS/ESP автомобілів Opel Vectra C

Системи активної безпеки сучасних автомобілів, зокрема ABS (Anti-lock Braking System), EBD (Electronic Brakeforce Distribution) та ESP (Electronic Stability Program), є ключовими елементами забезпечення стійкості та керованості транспортного засобу в процесі гальмування. Автомобіль Opel Vectra C обладнаний комбінованою системою гальмівної безпеки, що включає електронне управління гальмівними моментами, модуль ABS з гідравлічним блоком та контролером ESP. Надійність роботи цих систем напряму впливає на безпеку руху, скорочення гальмівного шляху та стабільність автомобіля у критичних режимах.

У практиці СТО, особливо тих, що обслуговують автомобілі європейського виробництва, спостерігається значне збільшення кількості звернень, пов'язаних із помилками ABS/ESP, неправильною роботою датчиків швидкості коліс,

модуляційних клапанів, гідроблоку, датчика прискорення та датчика кута повороту керма. Діагностика цих елементів потребує застосування спеціалізованих стендів, які дозволяють:

- моделювати роботу ABS і ESP без реального руху автомобіля;
- перевіряти реакцію системи на різні режими роботи;
- контролювати тиск у гідравлічній магістралі;
- аналізувати сигнали датчиків швидкості коліс;
- виконувати адаптацію електронних компонентів після ремонту.

Існуючі методи діагностики, що базуються лише на підключенні сканера OBD-II, не забезпечують повноцінної перевірки роботи системи, оскільки контролер ABS/ESP не активує модульні клапани та насос без моделювання руху коліс. У таких умовах проводити якісний ремонт стає складним, що знижує точність діагностики та збільшує час обслуговування.

Тому для спеціалізованої СТО, яка займається ремонтом гальмівних систем автомобілів Opel Vectra C та їх аналогів, виникає потреба у розробленні універсального стенда для діагностики систем ABS/ESP, який дозволяє:

- досліджувати роботу електронних систем у статичних умовах;
- перевіряти функціонування датчиків частоти обертання коліс;
- контролювати коректність роботи гідравлічного модуля ABS;
- забезпечити можливість вимірювання тиску у гальмівних контурах;
- відтворювати режими прискорення, уповільнення, ковзання колеса;
- виконувати серійні діагностичні випробування після ремонту автомобіля.

Запропонований стенд дозволяє не тільки розширити функціональні можливості СТО, а й підвищити якість технічного обслуговування, зменшити час діагностики та забезпечити високу точність визначення дефектів гальмівної системи.

Таким чином, створення стенда для діагностики ABS/ESP є технічно обґрунтованим, економічно доцільним та необхідним етапом розвитку сервісного підприємства, що спеціалізується на ремонті систем активної безпеки автомобілів.

3.3 Опис конструкції розроблюваного стенда для діагностики систем ABS/ESP

Розроблюваний стенд призначений для діагностики систем ABS та ESP автомобілів Opel Vectra C у статичних умовах. Конструкція створена так, щоб об'єднати електронну та гідравлічну частини системи й дозволити перевіряти їхню роботу без руху автомобіля. Стенд складається з металевої рами, гідравлічного модуля, електронного блока і панелі управління. Усі вузли встановлені на жорсткому каркасі, який забезпечує надійність та стійкість під час роботи.

На рамі закріплена спеціальна плита для встановлення гідроблоку ABS. Вона сумісна зі штатними кріпленнями гідроблоку Opel Vectra C, тому модуль можна закріпити без додаткових перехідників. До гідроблоку під'єднуються гальмівні контури стенда. Вони складаються з армованих гідравлічних шлангів і невеликих резервуарів. Резервуари виконують функцію імітації гальмівної магістралі та забезпечують стабільний тиск.

Стенд має електронний модуль, який імітує сигнали від датчиків швидкості коліс. Модуль може відтворювати оберти коліс у широкому діапазоні частот, а також створювати ситуацію, коли одне колесо уповільнюється. Це дозволяє перевірити реакцію ABS у момент блокування та оцінити швидкість спрацьовування клапанів. Електронний модуль підключається до штатного роз'єму ABS через CAN-шину.

На стенді встановлено електронний блок керування ESP. Він отримує сигнали від датчиків кута повороту керма та поперечного прискорення, які також імітуються окремими електронними модулями. За допомогою цих сигналів можна створювати різні режими руху автомобіля, наприклад різке гальмування на повороті. Це дозволяє перевірити, чи здатна система ESP правильно модулювати гальмівні зусилля.

Для створення тиску в гідравлічній системі використовується невеликий електричний насос. Він забезпечує подачу рідини до гідроблоку під тиском, близьким до робочого. Насос вмикається автоматично під час тестів.

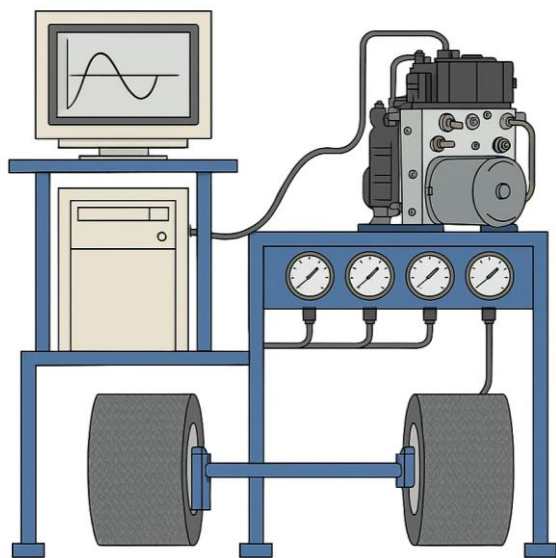


Рисунок 3.1 – Стенд для діагностики
ABS/ESP

На панелі керування є манометр, який показує тиск у контурах. Це дозволяє контролювати правильність роботи клапанів і насоса ABS.

Панель керування стенда має дисплей і кнопки вибору режимів. Оператор може вибрати тест ABS, тест ESP або тест гідравлічної частини. Система автоматично виконує необхідні операції й показує результати на екрані. Для зручності передбачено режим збереження даних,

щоб їх можна було аналізувати після закінчення діагностики.

Таким чином, конструкція стенда поєднує можливість повної перевірки гідравлічної та електронної частини ABS і ESP. Він дозволяє тестувати гідроблок, датчики, клапани, насос і електронний блок управління без використання роликового обладнання. Це робить стенд доступним, компактним і ефективним рішенням для сучасної СТО.

3.4. Розрахунок основних параметрів та елементів стенда

Рама виготовляється з квадратної сталевих труби розміром 40×40 мм з товщиною стінки $t = 2$ мм

Найбільш навантаженим елементом є поперечина, на якій розташовані гідроблок, резервуари та частина обладнання.

Приймемо розрахункове навантаження від обладнання і динамічних впливів:

$$F = 300 \text{ Н}$$

Макс. вигинальний момент:

$$M = \frac{F \cdot L}{4} \quad (3.1)$$

Тоді:

$$M = \frac{300 \cdot 1,0}{4} = 75 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Для квадратної труби момент опору при вигині:

$$W = \frac{I}{y_{\max}} \quad (3.2)$$

Момент інерції порожнистого квадратного профілю:

$$I = \frac{b^4 - (b - 2t)^4}{12}. \quad (3.3)$$

Підставляємо:

$$I \approx 7,34 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Тоді:

$$W \approx 3,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруження при вигині:

$$\sigma = \frac{M}{W}. \quad (3.4)$$

Підставляємо:

$$\sigma = \frac{75}{3,67 \cdot 10^{-6}} \approx 2,04 \cdot 10^7 \text{ Па} = 20,4 \text{ МПа}$$

Границя текучості приймається:

$$\sigma_T \approx 240 \text{ МПа.}$$

Коеф. запасу:

$$n = \frac{\sigma}{\sigma_T} = \frac{240}{20,4} \approx 11,8.$$

Робочий тиск у гідросистемі стенда приймається таким, щоб відповідати реальній роботі гальмівної системи автомобіля. Для Opel Vectra C робочий тиск у гальмівних контурах досягає 80..120 бар.

Розрахунковий тиск:

$$p = 100 \text{ бар} = 10^7 \text{ Па.}$$

Окружне (обичайкове) напруження в стінці шланга:

$$\sigma_{\text{об}} = \frac{p \cdot d}{2t}. \quad (3.5)$$

Прийmemo: $d = 4,5 \text{ мм} = 0,0045 \text{ м}$, $t = 1,5 \text{ мм} = 0,0015 \text{ м}$.

Тоді:

$$\sigma_{об} = \frac{10^7 \cdot 0,0045}{2 \cdot 0,0015} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Па} = 15 \text{ МПа.} \quad (3.6)$$

Насос повинен забезпечити тиск $p = 100 \text{ бар}$ і необхідну подачу гальмівної рідини.

Для стенда достатньо витрати:

$$Q = 0,5 \text{ л/хв.}$$

Переведемо витрату в $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q = 0,5 \frac{\text{л}}{\text{хв}} = 0,5 \cdot \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{60 \text{ с}} \approx 8,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.7)$$

Теоретична потужність насоса:

$$Pt = p \cdot Q. \quad (3.8)$$

Підставляємо:

$$Pt = 10^7 \cdot 8,33 \cdot 10^{-6} \approx 83,3 \text{ Вт.}$$

З урахуванням ККД насоса $\eta = 0,7$ реальна необхідна потужність:

$$P = \frac{Pt}{\eta} = \frac{83,3}{0,7} \approx 119 \text{ Вт.} \quad (3.9)$$

Отже, достатньо застосувати електродвигун потужністю:

$$P_{дв} = 120..150 \text{ Вт.}$$

Це узгоджується з фактично прийнятим у конструкції значенням.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Дослідження систем розподілу гальм та керованості автомобіля

4.1.1 Система розподілу гальм

Керування автомобілем забезпечує рух із тією швидкістю та напрямком, які задає водій. Для цього він діє на органи керування – педаль газу, гальмо, руль – у результаті чого на колеса прикладається крутний момент, що змінює швидкість або її напрям. Водій постійно порівнює бажану і фактичну швидкість, і так формується замкнена система керування «водій – автомобіль – колесо – дорога».

Розглянемо приклад із гальмуванням. Щоб правильно управляти процесом, потрібно встановити залежність між тиском у гальмівному приводі та умовами зчеплення колеса з дорогою, які залежать від ступеня його буксування. Проте така задача в повній постановці дуже складна, тому що модель взаємодії автомобіля і дороги має багато змінних і нелінійних залежностей. Тому в дослідженнях її зазвичай спрощують: розглядають менше стратегій гальмування, вводять додаткові припущення або обмеження, що враховують практичні умови роботи.

У цій роботі аналізуються можливості створення нових підходів до розв’язання узагальненої задачі, яка лежить в основі методик оцінювання якості гальмівних систем і використовується як у наукових дослідженнях, так і в нормативних документах. Головна вимога до якості гальмування формулюється так: зусилля на передню і задню вісь повинні розподілятися пропорційно масі, що припадає на ці осі, та змінам розподілу навантаження під час гальмування. На практиці це означає, що для двовісного автомобіля існує нормативне співвідношення між питомими гальмівними силами. Це співвідношення можна перевіряти, аналізуючи криві, що описують роботу гальм для кожної осі, та порівнюючи їх із допустимою областю, визначеною стандартами.

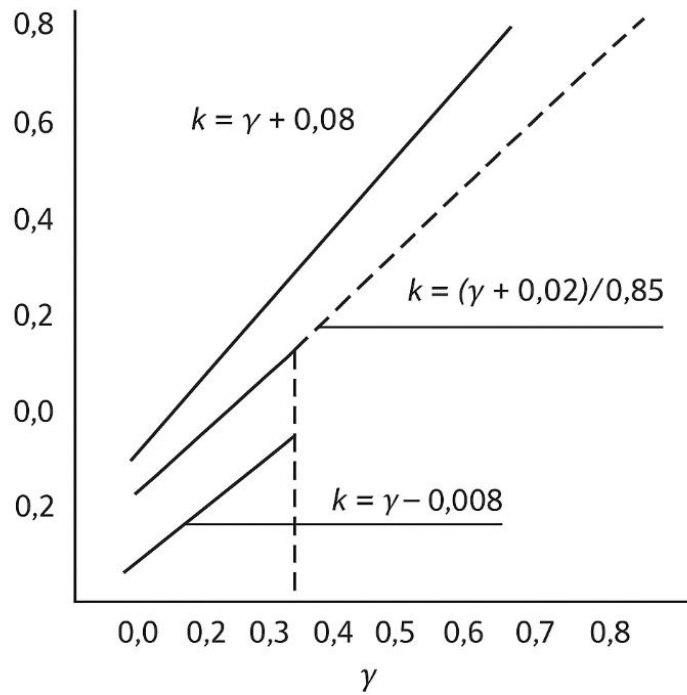


Рисунок 4.1 – Діаграма граничних характеристик

У процесі проектування автомобіля вибір схеми гальмівного приводу та конструктивних рішень гальмівної системи рекомендують виконувати на основі аналізу взаємодії «автомобіль – колесо – дорога». Для цього у приводі застосовують спеціальні регулятори тиску – обмежувачі та компенсатори

Звичайний аналіз ґрунтується на тому, що підвищення тиску у гальмівному приводі викликає зростання уповільнення автомобіля та питомих гальмівних сил на передніх і задніх колесах. При цьому виникає сила інерції $Ft = mJ$, яка змінює розподіл нормальних реакцій: навантаження на передню вісь зростає, а на задню – зменшується. Якщо не враховувати інерційних процесів у динаміці, тоді вертикальні реакції можна описати через рівняння:

$$\frac{dv_a}{dt} = f(m_a, L, l_1, l_2, h_g, V_a, t, u_1, u_2, \varsigma) \rightarrow \max \quad (4.1)$$

$$R_{z1} = \frac{G_a l_2}{L} + \frac{h_g}{L} G_a \frac{j}{g}; R_{z2} = \frac{G_a l_1}{L} + \frac{h_g}{L} G_a \frac{j}{g} \quad (4.2)$$

Вони визначають можливий розподіл навантажень у зоні контакту колеса з дорогою.

Під час гальмування автомобіля на рівній дорозі, якщо не враховувати опір повітря та опір коченню, його рух із заданим уповільненням описується рівнянням

$$m_a j = R_{x1} + R_{x2} \quad (4.3)$$

У цьому випадку враховують суму всіх сил, що діють уздовж поздовжньої осі автомобіля (рис. 4.2).

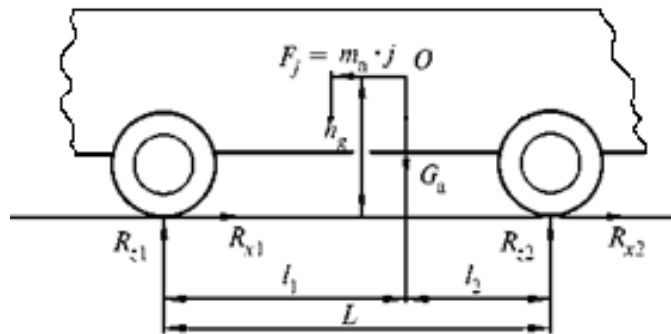


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема

Гальмівні механізми коліс створюють сили, які формують певне співвідношення розподілу гальмівних зусиль між осями. Це співвідношення виражається через коефіцієнт β , який можна розрахувати:

$$\beta = \frac{R_{x1}}{R_{x1} + R_{x2}} \quad (4.4)$$

Далі гальмівні сили визначаються через коефіцієнт:

$$R_{x1} = \beta m_a j = \beta G_a \frac{j}{g}; \quad R_{x2} = (1 - \beta) m_a j = (1 - \beta) G_a \frac{j}{g} \quad (4.5)$$

Їхній подальший розрахунок показує: чисельник відповідає силі, що реально створюється приводом, а знаменник – особливостям динаміки автомобіля:

$$q_1 = R_{x1}/R_{z1}; \quad q_2 = R_{x2}/R_{z2} \quad (4.6)$$

Якщо прийняти деякі спрощення (постійність коефіцієнта тертя, відсутність коливань кузова, сталий режим уповільнення), то отримаємо рівняння:

$$q_1 = \frac{\beta G_a \frac{j}{g}}{\frac{G_a l_2}{L} + \frac{h_g}{L} G_a \frac{j}{g}}; q_2 = \frac{(1 - \beta) G_a \frac{j}{g}}{\frac{G_a l_1}{L} - \frac{h_g}{L} G_a \frac{j}{g}} \quad (4.7)$$

Вирішуючи їх, можна визначити уповільнення, при якому першими почнуть блокуватися колеса передньої ($j_{кр1}$) або задньої ($j_{кр2}$) осі:

$$j_{кр1} = \frac{\frac{gl_2}{L}}{\frac{\beta}{\varphi} - \frac{h_g}{L}}; j_{кр2} = \frac{\frac{gl_1}{L}}{\frac{1-\beta}{\varphi} + \frac{h_g}{L}} \quad (4.8)$$

При цьому існує лише одна точка, де блокування обох осей відбувається одночасно – саме вона є критичною для оцінки ефективності та безпеки гальмування.

$$\left(\frac{R_{x2}}{R_{z2}} \right)_{N_2} = \left(\frac{R_{x2}}{R_{z2}} \right)_N = q_2 \quad (4.9)$$

$$\frac{(R_{x2})_{N_2}}{\frac{G_a l_1}{L} - \frac{h_g}{L} G_a \left(\frac{j}{g} \right)_{N_2}} = \frac{(R_{x2})_{N_2}}{\frac{G_a l_1}{L} - \frac{h_g}{L} G_a \left(\frac{j}{g} \right)_N} \quad (4.10)$$

$$\frac{G_a l_1}{L} - \frac{h_g}{L} G_a \left(\frac{j}{g} \right)_{N_2} > \frac{G_a l_1}{L} - \frac{h_g}{L} G_a \left(\frac{j}{g} \right)_N \quad (4.11)$$

$$(R_{x2})_{N_2} > (R_{x2})_N \quad (4.12)$$

Для прикладу розглянемо автомобіль масою 4800 кг, який гальмує на мокрому асфальті ($\varphi = 0,5$). При підвищенні тиску у гальмах зростає уповільнення та гальмівні сили на колесах. Спершу задні колеса досягають межі зчеплення (N_2) і починають блокуватися, тоді як передні ще мають запас (N_1). У цей момент ефективність гальмування падає, оскільки роботу виконують переважно передні колеса. Далі, коли блокується і передня вісь, автомобіль рухається із заблокованими колесами, що створює високий ризик заносу.

Ідеальним вважається такий режим, коли одночасно до межі блокування доходять усі колеса. Але на практиці сили, що створюються гальмівними

механізмами, можуть не збігатися з теоретично потрібними для ідеального розподілу. У результаті реальна тангенціальна сила іноді виявляється більшою, ніж у «ідеальному» випадку, через особливості динаміки автомобіля та перерозподіл маси між осями.

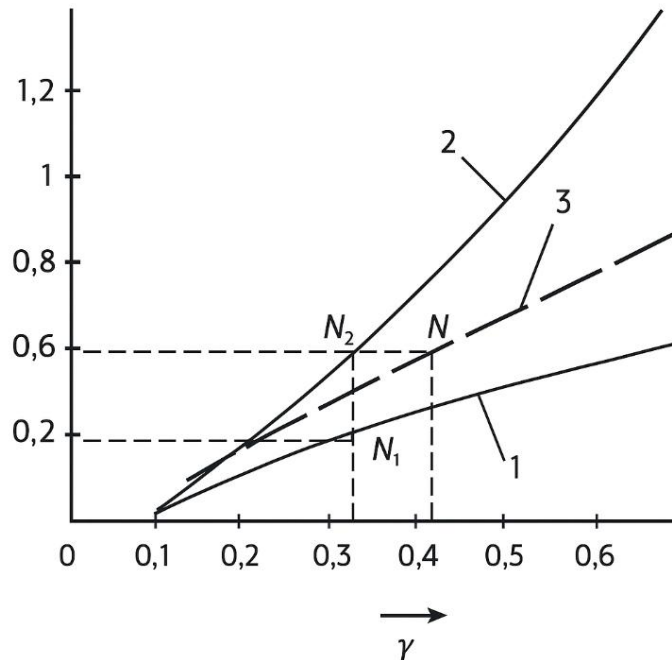


Рисунок 4.3 – Графік розподілу питомих гальмівних сил передньої (1), задньої (2) осей та передньої і задньої осей при «ідеальному» розподілі (3)

Методика, яку розглядали раніше, лише показує, що є фізичні можливості підвищення ефективності гальмування автомобіля. Але вона не дає конкретної відповіді – як саме реалізувати ці можливості у вигляді певної конструкції чи стратегії керування. Тому важливими стають дослідження, мета яких – створення нового підходу до синтезу системи гальмівного керування. Цей підхід базується на теорії автоматичного керування, оптимальних процесів та сучасній електроніці.

На рис. 4.4 наведено результати моделювання автомобіля з різними типами регуляторів гальмівних сил: механічним важільним, електронним із відсічкою тиску та синтезованим регулятором. Вважалося, що перехідний процес завершується при досягненні 95 % усталеного уповільнення, а час наростання тиску на передній осі був однаковим для всіх типів дорожнього покриття.

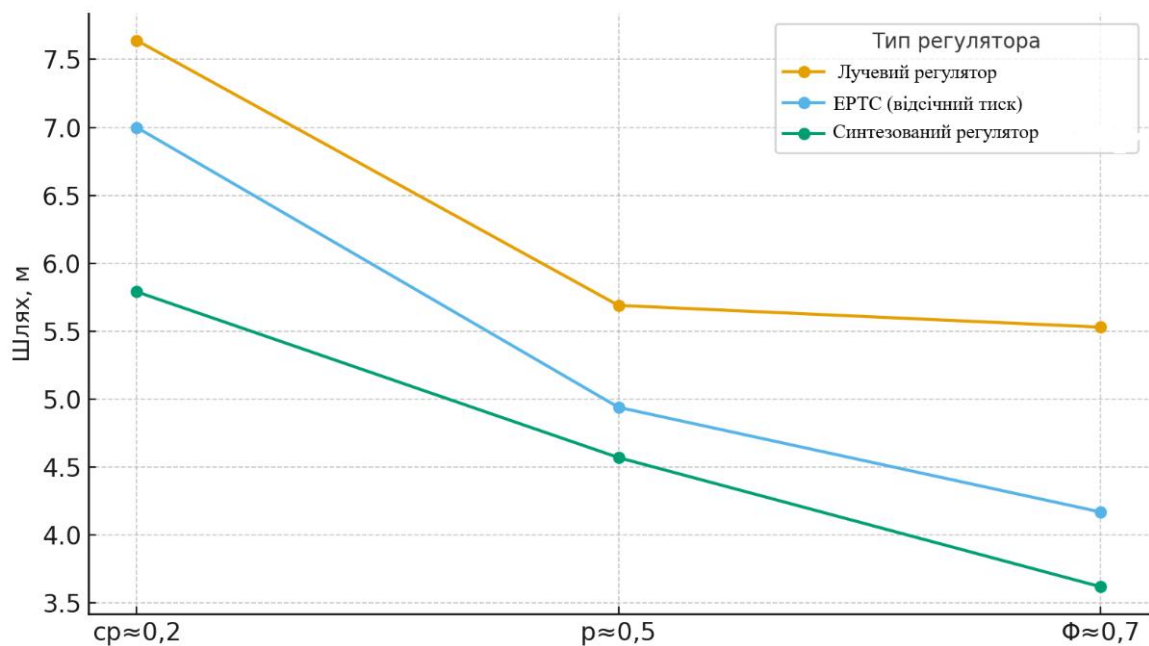


Рисунок 4.4 – Пройдений гальмівний шлях

4.1.2 Система керуваності автомобіля

Споживчі властивості наземних самохідних машин проявляються лише під час їхньої експлуатації, тобто в процесі руху. Саме під час руху оцінюються їхні робочі параметри, які повинні залишатися в межах заданих характеристик, що забезпечуються ефективною системою керування. При цьому важливу роль відіграють два ключові чинники, безпосередньо пов'язані з поняттям «керування».

Перший чинник полягає у характері керувальних дій, які надходять від водія або автоматизованої системи керування до машини як об'єкта управління. Якість цих дій підлягає оцінюванню, однак вона не залежить від технічних властивостей самої машини. У випадку з водієм основним критерієм є рівень його підготовки та досвід, що складно точно виміряти кількісно, проте для загального аналізу це не має визначального значення.

Щодо систем автоматичного керування, то на перший погляд їхня оцінка є простішою, адже можна порівняти відхилення фактичних параметрів руху від заданих і визначити ефективність відповідних керувальних сигналів. Проте навіть у цьому випадку залишається певна невизначеність у точності таких вимірювань.

У дистанційних системах керування, де оператор взаємодіє з машиною через двосторонній канал зв'язку (наприклад, за допомогою відеосигналу), ситуація близька до ручного керування, хоча обсяг інформації, яку отримує оператор, є обмеженим порівняно з водієм. Це ускладнює точне визначення відхилень параметрів руху.

Отже, хоча всі ці фактори й мають безпосередній вплив на результативність керування, при оцінюванні керованості машини їх можна не враховувати. Адже вони залежать насамперед від людського або автоматизованого елемента керування, а не від конструктивних чи технічних особливостей самої машини.

Другий важливий аспект полягає в тому, що термін «керованість», хоча й трактується більшістю фахівців подібним чином – як властивість машини реагувати на прикладені керувальні дії, – усе ж оцінюється за допомогою різних методик. Це різноманіття підходів ускладнює роботу дослідників і конструкторів під час створення нових моделей машин.

Тривалий час така ситуація вважалася прийнятною, однак із розвитком обчислювальної техніки та сучасних методів моделювання виникла нагальна потреба у єдиній методології оцінювання керованості. Використання універсальних алгоритмів дає змогу прогнозувати поведінку машини ще на етапі проектування, виявляти недоліки конструкції та усувати їх без проведення дорогих і тривалих натурних випробувань. Це відкриває широкі можливості для підвищення ефективності процесу розроблення нових транспортних засобів.

Перед тим як запропонувати універсальні методи та критерії оцінки, необхідно чітко визначити основні цілі керування. Першою і головною метою є забезпечення максимально можливої швидкості руху машини в конкретних дорожніх умовах або ж дотримання обмежень, що задаються водієм чи автоматичною системою з міркувань безпеки чи технологічної доцільності.

При цьому важливо враховувати не лише зміну швидкості, а й інтенсивність цієї зміни – тобто величину прискорення чи сповільнення. Проте аналіз надмірно різкого гальмування не має практичного сенсу, оскільки цей

процес повністю визначається характеристиками гальмівних систем, вимоги до яких давно встановлені та регламентовані відповідними нормативами.

Отже, поняття керованості охоплює не лише здатність машини змінювати свої параметри руху у відповідь на керувальні дії, а й комплекс умов, що визначають плавність, стабільність та передбачуваність цих змін – особливо з урахуванням сучасних вимог до безпеки та комфорту руху.

Керування швидкістю самохідної машини конструктивно залежить від типу силової установки та схеми приводу. Найпростішим прикладом є електропривід, у якому частота обертання ведучих коліс регулюється безпосередньо – шляхом зміни електричних параметрів живлення.

Якщо ж використовується ДВЗ у поєднанні з трансмісією, що має змінні передаточні числа, процес керування швидкістю стає складнішим. У цьому випадку швидкість руху визначається як зміною передаточного числа трансмісії, так і регулюванням подачі палива в двигун, яке впливає на залежність між частотою обертання колінчастого вала та крутним моментом, створюваним двигуном.

Такі закономірності дозволяють описати процес керування швидкістю в узагальненому вигляді за допомогою системи диференціальних рівнянь і початкових умов. Початковими умовами для цієї системи вважають значення параметрів, що відповідають установленому режиму руху ($v = \text{const}$), за якого на машину діє певна сумарна сила опору – $R\Sigma$, а також відомі функції $A(t)$ і $U(t)$, які визначають зміну керувальних впливів у часі.

Процес регулювання швидкості руху включає кілька проміжних цілей, кожна з яких має свої особливості під час: рушання з місця, сталого руху, у режимі максимальної швидкості.

Різноманіття завдань, які виконує транспортна машина, потребує узагальнення критеріїв оцінки ефективності її керування. Найдоцільніше вважати головними показниками швидкодію та точність зміни швидкості руху, що задається водієм або автоматичною системою управління. Ці параметри

визначають, наскільки оперативно та стабільно транспортний засіб реагує на дії чи сигнали електронних систем.

Особливе значення має показник приймальності, який характеризує динамічні властивості автомобіля – тобто здатність швидко набирати швидкість. Для легкових автомобілів цей критерій традиційно використовується у рекламних характеристиках і сприймається як показник технічної досконалості машини. Наприклад, у технічних описах часто вказують час розгону з місця до 100 км/год, що безпосередньо відображає ефективність роботи силової установки, трансмісії та системи керування рухом.

Відомо, що при розгляді динаміки розгону вважається, що вона головним чином визначається величиною крутного моменту, який розвиває двигун, та масою машини. При цьому керування передавальними числами трансмісії під час розгону зазвичай не береться до уваги. Однак з урахуванням дедалі ширшого застосування автоматичних коробок передач, які забезпечують обидва керувальні впливи – $A(t)$ і $U(t)$, нехтувати цим чинником не можна. Хоча з точки зору управління це не має великого значення, його врахування спрощує оцінку керованості машини за зміною швидкості, дозволяючи порівнювати задану динаміку зміни швидкості з фактичною.

Систему керування з її алгоритмом дій слід розглядати як невід’ємну частину машини, а оцінку її керованості – як комплексну. Це навіть спрощує процес прогнозування на етапі проектування транспортного засобу за допомогою комп’ютерних моделей, оскільки алгоритми автоматичного керування мають чітке формалізоване описання, а технічні характеристики машини відомі заздалегідь.

Модель для оцінювання керованості[^]

$$\begin{aligned} m dv/dt &= \Sigma P_k - P_{\Sigma}; \quad v = R \omega_e U t, \\ M_p &= R \Sigma P_k U(t); \quad J d\omega_e/dt = M_e \omega_e, \quad A(t) - M_p \end{aligned} \quad (4.13)$$

Якщо говорити конкретніше, оцінювання точності підтримання заданої швидкості для тягових машин, таких як трактори, не є необхідним. У цьому випадку йдеться лише про бажаність руху на швидкостях, які забезпечують

економну витрату палива. Однак це лише рекомендація, адже тракторист зазвичай прагне працювати на швидкостях, що відповідають максимальній продуктивності. Проте такий режим повною мірою можливий лише за умов автоматичного керування, динамічні особливості якого практично не залежать від властивостей трактора як об'єкта керування.

У транспортних засобів, особливо легкових автомобілів, картина зовсім інша. Відповідний показник динамічності – час розгону з місця до 100 км/год – майже не відображає реальної поведінки автомобіля в умовах звичайної експлуатації, тому на практиці він не є особливо затребуваним. З урахуванням широкого поширення автоматичних коробок передач доцільно застосовувати інший підхід.

Оцінювати цю здатність, орієнтуючись на час розгону з місця до 100 км/год, буде неточно, адже під час обгону двигун і трансмісія працюють у зовсім інших режимах.

Тому при комп'ютерному моделюванні обгонів логічніше оцінювати зміну швидкості не з нуля, а, наприклад, від 80 до 100 км/год – тобто за стрибкоподібним завданням. Динамічність автомобіля в такому випадку можна визначати або за часом, необхідним для досягнення цієї швидкості, або за відстанню, яку автомобіль проходить у цей проміжок часу.

При русі із сталою заданою швидкістю по горизонтальній дорозі, потрапляє на ділянку з підйомом. Припустимо, що кут нахилу дороги відповідає нормам дорожнього будівництва, а завдання щодо швидкості руху залишається незмінним. У такому випадку якість керування проявляється через «просадку» швидкості – наскільки вона знизиться і як швидко відновиться.

Розв'язання такої задачі в умовах комп'ютерного моделювання не викликає особливих труднощів, а отримані результати дають об'єктивну оцінку як автомобіля, так і системи автоматичного керування. Формально це можна подати як збільшення сумарного опору руху через зміну кута підйому α) у бік його збільшення за лінійною залежністю ΔR) з відомим темпом[^]

$$\sin\alpha = \frac{mg}{\Delta P_{\Sigma}} \quad (4.14)$$

До того ж α можна навіть задати зі знаком мінус, імітуючи спуск замість підйому. Така оцінка буде зрозуміла споживачу і, головне, дозволить конструкторам виявити слабкі місця своїх рішень. Звичайно, не слід розглядати її як обов'язкову умову допуску машини на ринок, але включення до списку рекламних характеристик може мати позитивний ефект і змусити потенційних користувачів більш об'єктивно оцінювати свої водійські навички.

Набагато складніше оцінити керованість машини за параметрами, що стосуються управління траєкторією руху. З одного боку, це питання давно знаходиться у полі уваги дослідників і конструкторів; з іншого – хоча для автомобілів стандартизація вже досягнута, на практиці не існує методу, який дозволяв би прогнозувати керованість на етапі проєктування. Тобто поки що немає універсальної відповіді на питання, як забезпечити гарантоване успішне проходження передбачених стандартом тестів.

Щоб вирішити цю проблему, потрібно спершу проаналізувати процеси, що супроводжують або навіть визначають суть керування траєкторією. Це завжди пов'язано з наданням автомобілю обертального руху, що змінює напрямок його поздовжньої осі. При цьому рух у поперечному напрямку практично відсутній (за винятком деяких спеціальних колісних машин, у яких поперечний рух може забезпечуватися примусово).

Ще одним важливим моментом є те, що обертання машини з заданою кутовою швидкістю забезпечується рульовим керуванням або механізмом повороту. Варто враховувати, що майже всі такі пристрої, крім найпростіших типів, як черв'ячний або рейковий редуктор, мають власні динамічні властивості.

Оцінку керованості машини можна здійснювати за двома підходами: розглядати керуючий вплив як результат дії системи на корпус машини або як процес, що починається з подання сигналу від водія чи зовнішньої системи до цієї системи.

Другий підхід потребує аналізу динамічних характеристик усіх відомих типів зовнішніх систем – гідро- та електропідсилювачів, гідрооб’ємних приводів та різних механізмів повороту. Проте, враховуючи, що загальні властивості машини визначаються сумою властивостей її складових, саме цей підхід є найбільш обґрунтованим. Використання комп’ютерного моделювання дозволяє реалізувати його без суттєвих складнощів.

Тепер можна розглянути два можливі способи ініціації обертання машини.

Перший спосіб полягає в безпосередньому прикладанні до корпусу машини поворотного моменту, який утворюється різницею тягових зусиль по бортах (як у гусеничних тракторах або деяких колісних спеціальних машинах) або зміною напрямку тягових зусиль чи сил опору коченню (у колісних машинах із керованими колесами або шарнірним зчленуванням напіврам). У цьому випадку формування швидкості (або частоти обертання) можна досить точно описати простим диференціальним рівнянням:

$$J_{\text{ост}} d\omega dt = M_{\text{пов}} - M_{\text{опору}} \quad (4.15)$$

Конкретні значення цього моменту залежать від умов руху, параметрів ходової системи та інших факторів. (Системи рівнянь, що описують криволінійний рух машини на площині, наведені у численних публікаціях, тому тут не наводяться.)

Другий спосіб ініціації обертання не суперечить базовому положенню механіки, що єдиною причиною обертання тіла може бути тільки момент. Однак виникнення цього моменту є непрямим результатом того, що ведучі колеса різних бортів машини починають обертатися з різною частотою. Такий метод останнім часом широко застосовується на гусеничних тракторах та деяких спеціальних колісних машинах, де кожне ведуче колесо має індивідуальний привід, що дозволяє обертати колеса з однаковими або різними кутовими швидкостями, включно з обертанням у протилежні сторони. Величину отриманого поворотного моменту $M_{\text{пов}}$ у залежності від різниці $\Delta\omega$ частот обертання ведучих коліс можна визначати:

$$M_{\text{пов}} = r(1 - \delta)Bk(Tp + 1)\Delta\omega \quad (4.16)$$

Таким чином, відомі залежності, що дозволяють побудувати повноцінну математичну модель машини як об'єкта управління. Якщо їх розглядати разом із моделлю рульового механізму або механізму повороту, виникає можливість повного прогнозування процесу керування траєкторією за різними видами команд, що відкриває шлях до використання універсальної оцінки, заснованої на підходах теорії автоматичного управління.

Ця оцінка може базуватися на принципі відповідності прикладеного керуючого впливу певному значенню кутової швидкості обертання. Для колісної машини з керованими колесами:

$$\omega = vL \operatorname{tg} \varphi \quad (4.17)$$

Далі доцільно застосовувати два способи оцінки, добре описані в теорії автоматичного регулювання. Перший з них полягає у розгляді перехідного процесу зміни ω при стрибкоподібній зміні вхідного впливу, що в певній мірі відповідає режиму ривка.

У результаті застосування такого впливу кутова швидкість машини повинна через певний час досягти нового встановленого значення. При цьому важливо, що тут можна спостерігати та аналізувати хід процесу. Якщо він, на думку дослідників, виявиться надто тривалим (поки що немає нормативів на тривалість, і точне значення ще належить визначити), доведеться вносити зміни у конструкцію. Перерегулювання також неприпустиме, оскільки може свідчити про надмірну поворотність машини, що теж небажано.

Другий спосіб – аналіз амплітудно-частотної характеристики системи. При його використанні вхідний керуючий вплив подається у вигляді синусоїди з частотою, що змінюється від нуля до певного граничного значення. Тут слід керуватися наступними міркуваннями.

Раніше в дослідженнях по гідروоб'ємному приводу рульового управління приймалося максимальне значення ω рульового колеса 100 хв^{-1} . На практиці виявилося, що реальна швидкість у жодному з процесів не перевищувала 60 хв^{-1} . Тому саме це значення в кінцевому підсумку прийняли як неофіційний критерій нормальної роботи приводу. У нашому випадку граничне значення частоти

синусоїдального вхідного впливу можна взяти з певним запасом, наприклад 120 хв^{-1} . Щодо амплітуди, потрібно врахувати особливість методу та тип аналізованої системи: якщо використовуються лише лінійні залежності, результат розрахунку інваріантний щодо величини амплітуди. Наявність нелінійних залежностей вимагає розгляду процесу для декількох значень амплітуд.

Форма амплітудно-частотної характеристики, як і перехідного процесу, з точки зору прогнозу керованості може бути досить інформативною. Наприклад, якщо частота зрізу менше 1 с^{-1} , це свідчить про надто тривалий перехідний процес; локальні максимуми на низьких частотах попереджають про можливість резонансних явищ через пружність окремих елементів.

Оцінка керованості проекрованої самохідної машини на основі даної моделі не тільки можлива, але й доцільна. Для визначення керованості по швидкості слід оцінювати лише для автомобілів з автоматичним управлінням моторно-трансмісійною установкою.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Потенційні надзвичайні ситуації, пов'язані з гальмівною системою Opel Vectra C

Відмова гідравлічного контуру.

Можливі причини:

- розрив гальмівної магістралі;
- зношення шлангів;
- дефект головного гальмівного циліндра.

Наслідки:

- втрата тиску;
- відмова гальм;
- гальмівна рідина – токсична і горюча.

Вихід з ладу електронних систем ABS/EBD/ESP.

Можливі причини:

- короткі замикання;
- перепади напруги;
- пошкодження датчиків обертів коліс;
- помилки в блоці керування.

НС можуть призвести до:

- некерованості;
- блокування коліс;
- відмови розподілу гальмівних сил.

Займання гальмівних механізмів.

Причини:

- перегрів супортів;
- витік гальмівної рідини на гарячі диски;
- іскріння на електричних роз'ємах ABS.

Аварії на гальмівному стенді.

- руйнування роликів;
- заклинювання супортів під час випробувань;
- пробуксовка, що створює надмірне тепло.

5.2 Заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям

Заходи на транспортному засобі.

Контроль стану гальмівних рідин.

- регулярна перевірка DOT-4 на вміст води;
- використання тільки сертифікованих рідин;
- уникання переповнення бачка.

Перевірка датчиків ABS.

- тестування індукційних датчиків;
- огляд проводки;
- очищення магнітних кілець.

Тестування електронних блоків.

- діагностика по OBD-II;
- перевірка напруги живлення;
- тестування клапанів модулятора.

Заходи на комунікаціях і обладнанні АТП.

Профілактика гальмівних стендів.

- перевірка роликів на рівномірність обертання;
- мастило підшипників;
- контроль зазорів і опорних елементів.

Протипожежні заходи.

- встановлення теплових датчиків у зоні дисків;
- використання вуглекислотних вогнегасників;
- обмеження гальмівної пыли.

Електробезпека.

- стабілізатори напруги;
- автоматичні вимикачі;

- захисне заземлення стендів.

5.3 Організація реагування в разі надзвичайної ситуації

Дії персоналу при відмові гальм під час випробувань.

1. Негайна зупинка стенда.
2. Екстрене опускання автомобіля на механічні упори.
3. Відключення електроживлення.
4. Блокування доступу до дільниці.
5. Виклик аварійної групи.

Дії в разі займання гальмівного вузла.

1. Вимкнути живлення ABS/ESP.
2. Гасити ВВК- або порошковим вогнегасником.
3. Не використовувати воду.
4. Провітрити приміщення.
5. Огляд супорта і диска після охолодження.

Алгоритм реагування при електричній аварії (коротке замикання).

1. Вимкнення електрики.
2. Перевірка ізоляції проводки.
3. Контроль ЕБУ ABS/EBD.
4. Виявлення дефекту.
5. Документування.

5.4 Організація системи запобігання НС на АТП

План попередження НС включає:

- опис можливих сценаріїв;
- маршрути евакуації;
- місця розташування вогнегасників;
- інструкції для кожної дільниці.

Підготовка персоналу.

Виконується:

- щомісячний інструктаж;
- навчання з безпеки на стендах;
- тренування з гасіння пожеж.

Система оповіщення.

- сирени;
- голосові повідомлення;
- резервне живлення.

5.5 Відновлення роботи після НС

Оцінка технічного стану.

Після аварії перевіряють:

- стенд;
- супорти;
- магістралі;
- блоки ABS/EBD.

Документування події.

- акт НС;
- аналіз причин;
- пропозиції щодо запобігання.

Введення в експлуатацію.

- контроль керівником ЦЗ;
- пробний запуск;
- відновлення роботи.

5.6 Розрахунок газовиділення при роботі дизельних двигунів

При обслуговуванні та ремонті вантажних автомобілів, а саме при роботі дизельних двигунів в приміщеннях, в простір робочих зон через нещільність системи відведення газів виділяються шкідливі гази.

Масова витрата, що виділяється з двигунів може бути визначена по формулі:

$$G_d = N \cdot (3 \cdot K_u + 30 \cdot K_k), \quad (5.1)$$

де G_d – масова витрата газів, що виділяється, мг/год.;

N – ефективна потужність дизеля, л.с.;

K_u, K_k – концентрація окремих складових в газах, що утворюються в циліндрах і картері, мг/л (приймаються по таблиці 5.2).

Таблиця 5.1 – Значення концентрацій K_u і K_k , мг/л

Гази	Акролеїн	Оксид азоту	Оксид вуглецю	Вуглекислий газ	Вуглеводи
K_u	0,9	0,6	0,8	0	0,7
K_k	0,04	0	1,3	160	0,3

$$G_{d(\text{акролеїн})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,9 + 30 \cdot 0,04) = 936 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{NO})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,6 + 30 \cdot 0) = 432 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{CO})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,8 + 30 \cdot 1,3) = 9936 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{CO}_2)} = 240 \cdot (3 \cdot 0 + 30 \cdot 160) = 1152000 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{вуглеводі})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,7 + 30 \cdot 0,3) = 2664 \text{ мг/год.}$$

За вісім годин робочого часу в повітря робочої зони буде виділено:

$$G_{d(\text{акролеїн})} = 936 \cdot 8 = 7488 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{NO})} = 432 \cdot 8 = 3456 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{CO})} = 9936 \cdot 8 = 79488 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{CO}_2)} = 1152000 \cdot 8 = 9216000 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{вуглеводі})} = 2664 \cdot 8 = 21312 \text{ мг.}$$

5.7 Розрахунок пожежного резервуару на випадок виникнення пожежі

Визначити ємкість збірного резервуару при витраті води на зовнішнє пожежегасіння 25 л/с, на внутрішнє пожежегасіння 20 л/с. Регульований запас для господарсько-питних і виробничо-технічних потреб - 100 м³/год.

На підприємствах автомобільного транспорту джерелами водопостачання, окрім озер, річок для виробничих і протипожежних цілей є резервуари води.

Об'єм резервуарів для зовнішнього і внутрішнього пожежегасіння визначається по формулі:

$$V = \frac{G \cdot t}{1000}, \quad (5.2)$$

де G – витрата води на пожежегасіння, л/с;

t – час, на який розраховується запас води для пожежегасіння (зазвичай береться трьохгодинний запас).

Виходячи з тригодинного запасу води, визначимо по формулі 5.2 об'єм води, необхідний на зовнішнє пожежегасіння:

$$V_1 = \frac{25 \cdot 3600 \cdot 3}{1000} = 270 \text{ м}^3.$$

Тригодинний запас води для внутрішнього пожежегасіння дорівнює:

$$V_2 = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 3}{1000} = 216 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм загального резервуара для води буде рівний:

$$V = 270 + 216 + 100 = 586 \text{ м}^3.$$

Із загального резервуару насосами воду подають у водопровідну мережу для подальшого її використання на виробничо-господарські потреби і в протипожежний водовід.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження конструктивних особливостей гальмівної системи Opel Vectra C, проаналізовано характерні несправності та визначено їхній вплив на безпеку руху. Робота ґрунтується на аналізі сучасних вимог до діагностики та ремонту гальмівних систем, а також на практичних потребах СТО м. Тернополя.

У загально-технічному розділі наведено характеристику конструкції гальмівної системи Opel Vectra C, особливості її гідравлічного, вакуумного та електронного приводів, а також роботу систем ABS та ESP. Проведений аналіз показав, що типові несправності гальмівної системи пов'язані з відмовами гідравлічних контурів, зношуванням колодок, виходом з ладу датчиків ABS або гідроблоку, що може суттєво знизити рівень безпеки руху. Порівняння гальмівної системи Opel Vectra C з іншими автомобілями класу D підтвердило, що ця модель має високий рівень електронного контролю, але вимагає точного діагностування при будь-яких відхиленнях у роботі.

У технологічному розділі проведено розрахунок річного обсягу робіт СТО, кількості заїздів, трудомісткості основних і доп. операцій, а також розподіл робіт між постами та виробничими ділянками. Визначено кількість виробничих працівників, допоміжного персоналу та адміністративного складу. Розраховано необхідну кількість постів і автомобілемісць, а також технічні площі приміщень. Підібрано технологічне оснащення, що забезпечує виконання всіх робіт. Розроблене планувальне рішення СТО відповідає вимогам нормативних документів та враховує реальні умови експлуатації підприємства у межах міста Тернополя.

У конструкторському розділі виконано аналіз існуючих конструкцій стендів для діагностики систем ABS та ESP, оцінено їхні можливості, переваги та недоліки. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір комбінованого стенда, здатного діагностувати гідравлічну та електронну частини ABS/ESP автомобілів Opel Vectra C. Розроблено конструкцію стенда, складену з міцної металевої рами, гідравлічного модуля, електронного контролера та панелі

керування. У розрахунковій частині виконано перевірку міцності рами, розраховано параметри гідравлічної системи, вибрано насос та визначено запас міцності основних елементів, що підтверджує надійність та працездатність конструкції.

У науково-дослідному розділі проаналізовано роботу системи розподілу гальмівних зусиль та вплив ABS/ESP на керованість автомобіля. Встановлено, що правильний розподіл гальмівних моментів між осями та точна робота електронних систем стабілізації значно зменшують гальмівний шлях, покращують стійкість під час маневрування та забезпечують високий рівень безпеки водія й пасажирів. Отримані результати підтверджують необхідність застосування стенда для комплексної діагностики цих систем на СТО.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Bosch R. Системи керування автомобілем. Посібник з ABS, ESP, EBD. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2019. — 412 р.
2. Opel Vectra C. Service and Repair Manual. – Haynes Publishing, 2018. – 512 р.
3. Автомобілі. Теорія: навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
4. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
5. Канарчук В.Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах - К.: Логос, 1996. - 348 с.
6. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.
7. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів: Підручник. – К.: Либідь. 2006. – 400 с.
8. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. – м. Харків, 1991р.-274с.
9. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів» для здобувачів освітнього ступеня магістр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Ткаченко І.Г., Левкович М.Г. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 118 с .
10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
11. Мигаль, В. Д. Методи технічної діагностики автомобілів: навч. посібник / В.Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014
12. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім

рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

13. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.

14. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108

15. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

16. Сахно В. П., Григоращенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.

17. Стручок В.С. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.

18. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі: Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

19. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.

20. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017 – 324 с.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Розрахунок річного обсягу робі

$N_{\text{СТО}}$ – кількість автомобілів відповідної марки, що обслуговуються на СТО упродовж року;

L_{Γ} – середньорічний пробіг одного автомобіля, км;

$t_{\text{ТО-ТР}}$ – нормативна трудомісткість робіт з ТО і ТР згідно з класом автомобіля, люд·год/1000 км.

2.2 Річна кількість заїздів

$t_{\text{заср}}=3,27$ люд·год – середня трудомісткість заїзду.

2.5 Розрахунок виробничих та допоміжних робітників

T – річний обсяг робіт СТО, люд·год;

FT – річний (номінальний) фонд часу одного робітника, год;

$FШ$ – ефективний річний фонд часу штатного працівника.

2.6 Розрахунок числа постів і автомобілемісць

$D_{\text{річн}}=305$ днів – кількість робочих днів на СТО;

$T_{\text{зм}}=13$ год – тривалість зміни;

$S=1$ – однозмінна робота;

$\eta=0,9$ – коефіцієнт використання робочого часу поста;

$ТП=82402$ люд·год – річний обсяг постових робіт;

$\phi=1,15$ – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів;

$R_{\text{ср}}$ – середня кількість робітників на одному посту;

$ТВ=4100$ люд·год – трудомісткість робіт з приймання та видачі автомобілів.

2.9 Розрахунок площ

$S_{\text{пост}}=40 - 60$ м² – укрупнена площа на один робочий пост з урахуванням проїздів;

$N_{\text{постів}}=14$ – розрахункова кількість постів ТО і ТР.

4.1. Система розподілу гальм

v_a – швидкість автомобіля;

m_a – його маса;

L – база автомобіля;

l_1 – відстань від задньої осі до проєкції центра мас на горизонтальну площину;
 l_2 – відстань від передньої осі до проєкції центра мас на ту ж площину;
 h_g – висота центра мас;
 t – час;
 p_1, p_2 – тиск у гальмівному приводі відповідно передньої та задньої осей;
 ζ – випадкова функція вектора збурень;
 R_{z1}, R_{z2} – вертикальна реакція дороги, що відповідає колесам передньої та задньої осей;
 G_a – вага автомобіля;
 $j = dv/dt$ – уповільнення автомобіля;
 g – прискорення вільного падіння;
 $\gamma = j/g$ – відносне уповільнення (коефіцієнт гальмування);
 $\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2$ – тангенціальні гальмівні зусилля, прикладені відповідно до коліс передньої та задньої осей;
 β – коефіцієнт розподілу повного гальмівного зусилля між колесами передньої та задньої осей;
 q_1, q_2 – питомі гальмівні сили передньої та задньої осей;
 j_{kr1}, j_{kr2} – критичні уповільнення для передньої та задньої осей;

4.2 Система керуваності автомобіля

m – маса машини;
 v – її швидкість;
 ΣR_k – сума тягових зусиль ведучих коліс;
 R – радіус ведучих коліс;
 R_d – сумарний опір руху машини;
 n_e – частота обертання колінчастого вала ДВЗ;
 $U(t)$ – поточне значення передавального числа трансмісії;
 M_p – крутний момент (навантаження) на колінчастому валі ДВЗ;
 J – момент інерції рухомих мас, приведений до колінчастого вала ДВЗ;
 M_e – крутний момент, що розвивається ДВЗ;
 $A(t)$ – змінне налаштування регулятора подачі палива в ДВЗ;

g – прискорення вільного падіння;

$J_{ост}$ – момент інерції остова машини відносно вертикальної осі, що проходить через її центр мас;

ω – кутова швидкість остова;

$M_{пов}$ – повертальний момент;

$M_{опору}$ – момент опору повороту;

r – радіус ведучих коліс;

δ – ступінь буксування ведучих коліс;

B – колія коліс;

k – коефіцієнт передавання;

T – стала часу;

ρ – оператор Лапласа;

L – база машини;

φ – кут повороту переднього колеса.

3.4. Розрахунок основних параметрів та елементів стенда

L – довжина балки;

I – момент інерції перерізу;

$b=0,04$ м – зовнішній розмір сторони труби;

d – внутрішній діаметр шланга;

t – товщина стінки.