

НАУКОВА РОБОТА

на тему: **«Розробка навчально-діагностичного стенду
гальмівної системи автомобіля»**

Дубляни 2020

	2
ЗМІСТ	2
Вступ.....	3
1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ.....	5
1.1. Вимоги до гальмівних систем транспортних засобів.....	6
1.2. Загальна будова гальмівного механізму автомобіля	9
1.3. Гальмівні системи автомобілів, обладнані ABS.....	77
1.4. Вимоги до систем ABS.....	8
2. ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РАМИ СТЕНДА	16
2.1. Створення 3D моделі.....	16
2.2. Дослідження рами стенда на міцність.....	17
3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	21
3.2. Виготовлення оригінальних одиниць.....	21
3.3. Будова та принцип роботи лабораторного стенду гальмівної системи автомобіля.....	22
3.4. Методика випробовувань гідропідсилювача керма.....	24
3.5. Результати випробувань стенда.....	25
4. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ СТЕНДУ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ.....	27
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	29
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	30

Вступ

У сучасному світі важко уявити життя людства без транспортної системи. Автомобілі – найпоширеніша частина цієї системи. Вони використовуються у широкому спектрі послуг та потреб, зокрема під час перевезення пасажирів і вантажів, а також забезпечення інших людських потреб.

Безпечне використання автомобілів у значній мірі залежить від ефективності роботи і справності гальмівної системи.

Сьогодні неможливо уявити безпеку автомобіля без ефективного і надійного гальмівного управління. Тому на нових автомобілях сучасні інженери удосконалюють або доповнюють систему гальмування. Зазвичай багато доповнень йдуть в додаткових опціях, їх треба купувати окремо, але економія на своїй безпеці може вийти куди дорожче, ніж вартість цих потрібних доповнень.

Гальма є однією з ключових частин будь-якого транспортного засобу, без якої практично неможливо його використовувати. Зрозуміло, гальмо, яке служить для уповільнення руху транспортного засобу, не повинно бути занадто слабким. Під час розробки гальмівної системи слід також подбати про те, щоб вона не була надто ефективною. Занадто уфективне гальмо може постійно піддавати пасажирів і водіїв негативним наслідкам раптового застосування гальм в автобусі чи автомобілі. Якщо транспортний засіб різко зупиниться, то пасажир чи водій можуть травмуватись. Отже, занадто ефективна гальмівна система не потрібна.

З іншого боку, якщо гальмівна система занадто слабка, гальмівний шлях збільшується, і це може призвести до аварій. Таким чином, гальмівна система повинна бути достатньо досконалою, здатною зупинити транспортний засіб на мінімальній безпечній відстані, не впливаючи на комфорт пасажирів.

Для ефективного проектування та безпечної експлуатації гальмівних систем необхідно добре знати їх конструкцію, вміти використовувати методики з діагностики та визначення працездатного стану їх складових елементів. В цих питаннях серйозну допомогу можуть надати навчально-демонстраційні стенди, які висвітлюють детальну будову та умови функціонування гальмівних систем. Саме розробці такого стенду присвячена представлена робота.

Метою роботи було покращення рівня знань студентів про конструкцію гальмівних систем автомобілів шляхом вибору матеріалів, проектуванню, виготовленню та дослідженню навчально-демонстраційного стенду автомобіля «Volkswagen B5».

Для досягнення даної мети необхідно було вирішити **наступні задачі**:

- здійснити аналіз існуючих конструкцій гальмівних систем автомобілів;
- розробити комп'ютерну модель рами стенду гальмівної системи автомобіля, провести розрахунок на міцність та виготовити експериментальний зразок;
- виокремити основні елементи гальмівної системи автомобіля, розробити схему розміщення та встановити їх рамі навчально-демонстраційного стенду;
- провести перевірку функціональності та роботоздатності розробленого стенду автомобіля Volkswagen B5;
- розрахувати статті витрат та собівартість виготовлення навчально-лабораторного стенда гальмівної системи автомобіля.

Об'єктом досліджень були складові гальмівної системи автомобіля, рама, навчально-лабораторний стенд автомобіля Volkswagen B5.

Предмет досліджень – залежність значень діагностичних параметрів гальмівної системи від технічного стану її складових елементів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ

Гальмівна система за своїм призначенням служить для зменшення швидкості автомобіля до повної його зупинки, а також для фіксації на місці під час паркування. Вона є однією з найважливіх і найпотрібніших в автомобілі. Через її несправності автомобіль стає небезпечним не тільки для водія, але і для їх пасажирів.

Існують такі типи гальмівних систем:

- робоча, завданням якої є можливість оператора контролювати швидкість руху за допомогою сили ноги водія, яка прикладається до ножної педалі гальма;
- запасна, яка застосовується у разі відмови або поломки робочої системи.
- стоянкова, що використовується для фіксації припаркованого автомобіля;
- допоміжна, яка застосовується у разі тривалого гальмування автомобіля (переважно вантажного), наприклад, під час спуску з пагорба.

1.1. Вимоги до гальмівних систем транспортних засобів

Ефективна та надійна система гальмування забезпечує водієві та пасажиром можливість маневреності та безпеки дорожнього руху. Тягова та гальмівна сили пов'язані між собою, які в сукупності впливають на експлуатаційні властивості та продуктивність автомобіля, адже від ефективності гальм буде залежати його середня швидкість.

Система гальмування характеризується такими показниками:

- час гальмування (період часу від реакції водія до зупинки автомобіля);
- гальмівний шлях (відстань від початку здійснення впливу на механізм керування гальмами до місця зупинки);

- уповільнення під час процесу гальмування (похідна швидкості за часом);
- питома гальмівна сила (з розрахунку від спорядженої маси автомобіля);
- відносне уповільнення (відношення уповільнення під час процесу гальмування до прискорення);
- шлях до повної зупинки.

Ефективність гальм та курсова стійкість автомобіля залежить від багатьох показників, головними з яких є: рівномірний розподіл гальмівних сил по осях, значення коефіцієнта зчеплення коліс з покриттям, нормальне навантаження на вісь, справність ходової частини та усіх складових гальмівної системи.

Вимоги до гальмівних систем та гальмівних властивостей автомобілів регламентує Єдина Економічна комісія ООН № 13. Згідно її вимог гальмівні системи транспортних засобів повинні забезпечувати:

- мінімальний гальмівний шлях та максимальне стале сповільнення;
- збереження стійкості під час гальмуванні (критерії стійкості – мінімальні лінійне, кутове відхилення та кут складання автопоїзда);
- стабільність гальмових властивостей під час повторних гальмувань;
- мінімальний час спрацювання при неодноразовому гальмуванні;
- силова слідкуюча дія гальмівного приводу, тобто пропорціональність між зусиллям на педалі і приводним моментом;
- ефективність управління гальмовими системами (зусилля на гальмівній педалі не повинно перевищувати 500...700 Н; а її хід – 80...180 мм);
- відсутність в салоні автомобіля під час гальмування органолептичних явищ (слухових, нюхових);
- надійність всіх елементів гальмівних систем. Основні елементи (гальмівна педаль і її кріплення, головний гальмівний циліндр, гальмівний

кран) повинні мати високу міцність і не повинні виходити із ладу впродовж гарантованого ресурсу;

– повинна бути також передбачена сигналізація, яка сповіщає водія про несправності гальмівної системи.

1.2. Загальна будова гальмівного механізму автомобіля

За своєю конструкцією гальмівні системи поділяються на дискові та колодкові.

Будову дискового гальмівного механізму наведено на рис.1.1.

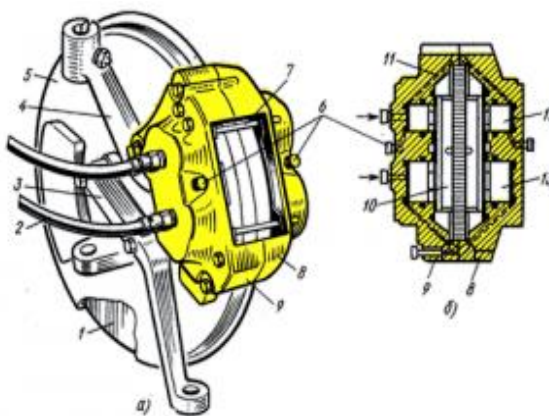


Рис. 1.1. Дисковий гальмовий механізм (а - у зборі, б - у розрізі)

1 - гальмівний диск, 2 - шланги, 3 - поворотний важіль, 4 - стійка передньої підвіски осі колісних гальмівних циліндрів; 5 - захисний диск, 6 – впускний клапан для повітря, 7 - шпилька кріплення колодок, 8, 9 - половини скоби, 10 - гальмівна колодка, 11 - канал підведення рідини, 12 - поршень малий, 13 - поршень великий

Колісний дисковий гальмовий механізм з гідроприводом складається з гальмового диска 1, закріпленого на маточині колеса. Гальмівний диск обертається між половинками 8 і 9 скоб, прикріплених до стійки 4 передньої підвіски. У кожній половині скоби розміщені колісні циліндри з великим 13 і малим 12 поршнями.

Під час натискання на гальмівну педаль рідина з головного гальмового циліндра перетікає по шлангах 2 в порожнини колісних циліндрів і передає тиск на поршні, які, переміщуючись з двох боків, притискають гальмівні колодки 10 до диска 1, завдяки чому й відбувається гальмування.

Відпускання педалі викликає падіння тиску рідини в приводі, поршні 13 і 12 під дією пружності ущільнювальних манжет і осьового биття диска відходять від нього і гальмування припиняється.

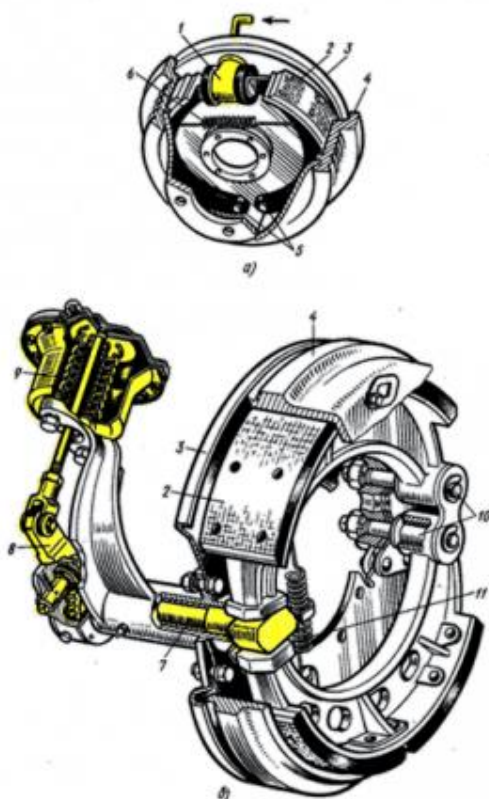


Рис.1.2. Барабанний гальмівний механізм з гідравлічним приводом

1 - гальмівний циліндр; 2- колодки з фрикційними накладками; 3 – диск; 4 – гальмівний барабан; 5 – опори; 6,11 – пружини; 7 – розтискний кулак; 8 – серга; 9 – гальмівна камера; 10 – осі

Барабанний гальмівний механізм з гідравлічним приводом (рис. 1.2) складається з двох колодок 2 з фрикційними накладками

Дана конструкція використовується переважно для

гальмування задніх коліс автомобіля та для стоянкової системи гальм. Недоліками такої системи являються нерівномірне спрацювання колодок. Причинами того є те, що під час руху вперед у момент гальмування передня колодка працює проти обертання колеса і притискається до барабана з більшою силою, ніж задня. Для рівномірного спрацювання передньої і задньої колодок довжину передньої роблять більшою, ніж задньої, або рекомендують міняти місцями колодки через певний проміжок часу. Нижні кінці колодок шарнірно закріплено на опорах 5, а верхні через сталеві сухарі впираються в поршні розтискного колісного циліндра 1. Стяжна пружина 6

притискає колодки до поршнів гальмівного циліндра 1, забезпечуючи зазор між колодками та гальмовим барабаном 4 у випадку, коли гальма не в робочому стані. Під час надходження рідини з приводу в колісний циліндр 1 його поршні розходяться й розсувають колодки до стикання з гальмовим барабаном, який обертається разом із маточиною колеса. Колодка третяся до барабану і викликає гальмування колеса. Після припинення тиску рідини на поршні колісного циліндра стяжна пружина 11 повертає колодки у вихідне положення і гальмування припиняється.

В інших конструкціях барабанного механізму опори колодок розміщують на протилежних сторонах гальмового диска й привод кожної колодки виконують від окремого гідроциліндра. Цим досягається більший гальмівний момент і рівномірність зношування колодок на кожному колесі.

1.3. Гальмівні системи автомобілів, обладнані ABS

Щоб обмежити гальмівну силу, а автомобіль безконтрольно ковзав, вона оснащена системою ABS – "антиблокувальною гальмівною системою". Ця система контролює тиск гальмівної рідини, що діє на гальмівні поршні, щоб колеса не блокувалися навіть при різкому натисканні на гальма. Це допомагає підтримувати адекватну стійкість у напрямку руху під час екстреного гальмування. Ця система дозволяє водієві сильно натискати на педаль гальма, не побоюючись заносу. Система ABS регулює гальмівний тиск, щоб ефективно блокувати колеса на всіх поверхнях та забезпечувати контроль за транспортним засобом. Це забезпечує ефективність руху не тільки на сухому асфальті, але і під час сильних дощів та у всіх інших несприятливих погодних умовах. Також "недосвідчений водій" повинен вміти опанувати автомобіль невеликим рухом керма. Автомобіль без ABS може і в цьому випадку втратити рульове управління. ABS допомагає (але не гарантує) відновити управління при бічному ковзанні. Відповідні рульові

рухи допомагають вивести автомобіль з ковзання, що дозволяє безпечно гальмувати або обходити перешкоду. Особливо це важливо в зимових умовах. У критичних ситуаціях під час гальмування колеса можуть заблокуватись, при цьому водій ніяк не зможе надалі тримати авто під контролем. Це може бути викликано панічною реакцією водія через появу несподіваної перешкоди або мокрої чи слизької дороги. В такому разі є небезпека втратити керованість. Система ABS під час гальмування розпізнає, чи схильне до блокування одне або кілька коліс та підтримує постійний тиск у гальмівній системі або зменшує її при цьому. Завдяки цьому автомобіль не втрачає управління і забезпечує швидке гальмування.

Гальмівна система автомобіля, обладнана ABS, складається з компонентів, що входять до звичайної гальмівної системи. Їх перелік, а також розміщення на автомобілі, наведено на рис. 1.3.

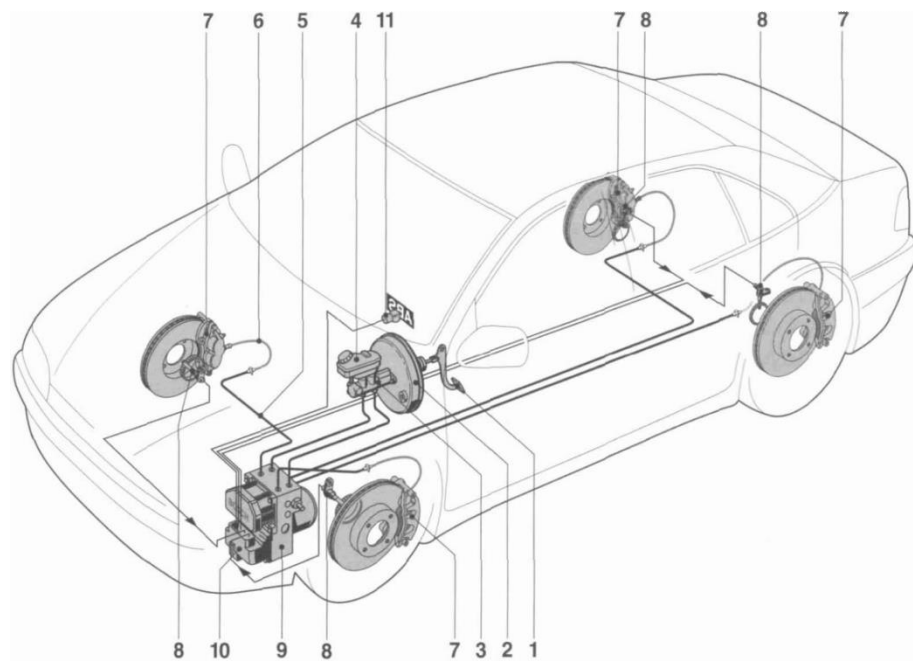


Рис.1.3. Гальмівна система автомобіля, обладнаного ABS

1 – педаль гальма; 2 – допоміжний вакуумний пристрій; 3 – головний циліндр; 4 – розширювальний бачок для рідини; 5 – жорсткі гальмівні шланги; 6 – гнучкі гальмівні трубки; 7 – колісні гальма; 8 – додаткові елементи; 9 – датчі швидкості колеса; 10 – гідравлічний вузол; 11 – блок управління; 12 – сигнальна лампа, яка інформує водія про правильну роботу ABS.

Коротко проаналізуємо призначення окремих складових гальмівної системи автомобіля, обладнаної ABS.

Давачі швидкості колеса. Ці давачі є індукційного типу. Спосіб його встановлення та блок-схема наведені на рис. 1.4.

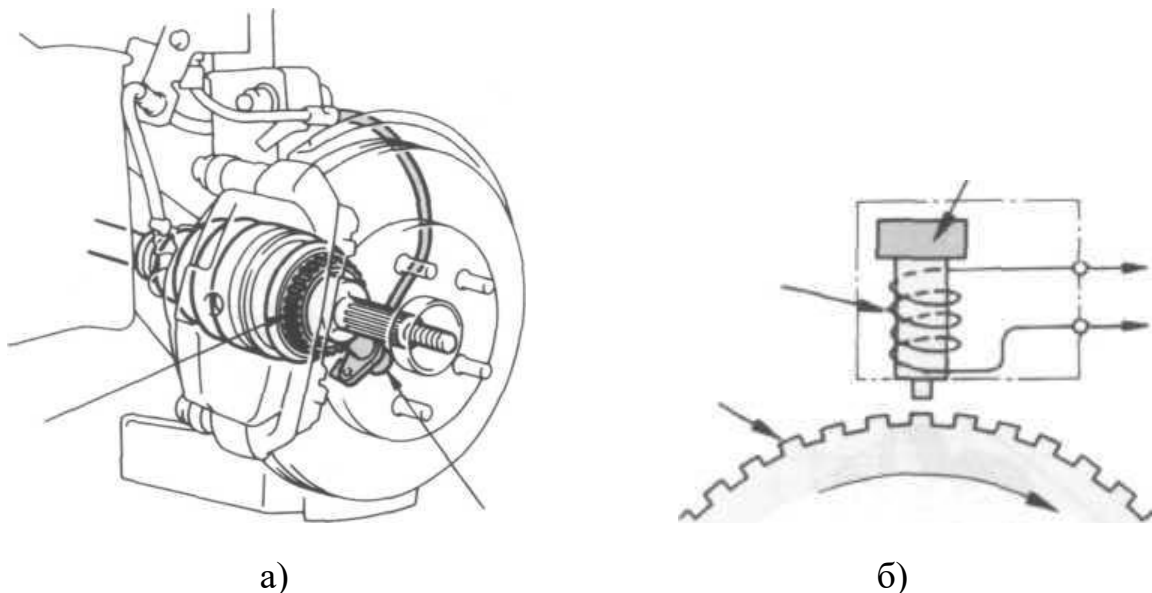
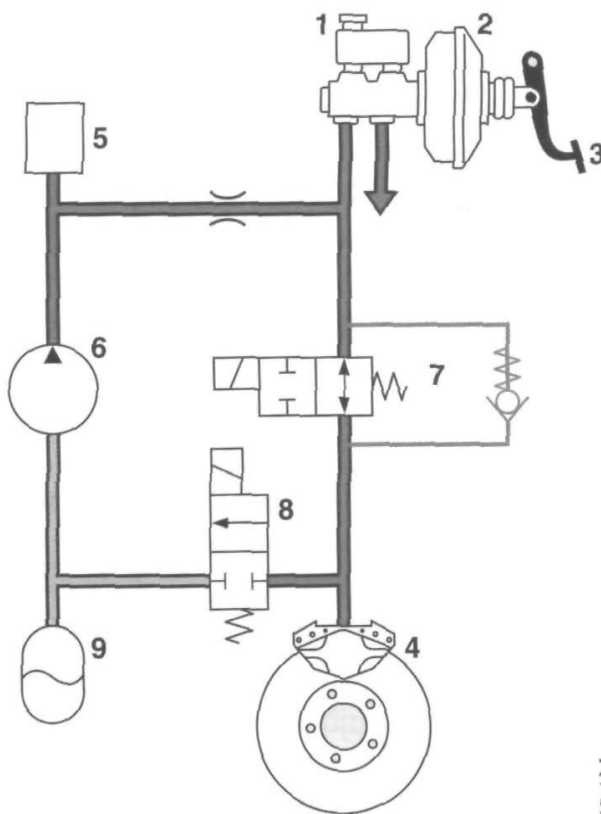


Рис.1.4. Спосіб встановлення (а) та блок схема (б) індукційного давача швидкості колеса

Завдання індукційного давача записати швидкість і відправити її у вигляді електричного сигналу до блоку управління. Залежно від типу системи ABS, в легковому автомобілі може бути два, три або чотири давачі. Швидкість колеса обчислюється на основі аналізу сигналів цих давачів.

Гідравлічний вузол (модулятор). Модулятор має електромагнітні клапани, які можуть відкривати або закривати з'єднання гідравлічних шлангів між головним циліндром 1 (рис. 1.5) і колісними гальмами 4, а також між гальмівними супортами і зливним насосом 6. Нові системи ABS використовують електромагнітні клапани з двома з'єднаннями та двома можливими положеннями котушки (2/2 клапан). Впускний клапан 7 між головним циліндром і колісним гальмом забезпечує підвищення тиску в циліндрі, а вихідний клапан 8, встановлений між гальмом і нагнітальним насосом, уможливорює падіння тиску. У кожного гальма є пара клапанів. У нормальному робочому стані клапани гідравлічного вузла знаходяться в

положенні "підвищення тиску". Гідравлічний вузол, відкриваючи впускний клапан, забезпечує з'єднання між головним циліндром і колісним гальмом. Тиск гальмівної рідини, що створюється в гальмівному циліндрі, вводить безпосередньо в дію гальма окремих коліс. Під час гальмування на слизькій дорозі або при високій інтенсивності гальмування збільшується ризик блокування колеса. Електромагнітні клапани перемикаються в положення "підтримання тиску" і порушується з'єднання між головним циліндром і колісним гальмом (впускний клапан закритий). Таким чином подальше збільшення тиску в головному циліндрі не збільшує тиск на гальмах. Якщо таке ковзання збільшується надалі, тиск у циліндрі необхідно знизити. Електромагнітні клапани перемикаються в положення "падіння тиску". Впускний клапан все ще закритий, а нагнітальний насос в гідравлічному



агрегаті контролює рідину насоса через відкритий впускний клапан. Тиск у гальмівному циліндрі падає, а колесо не гальмується.

- 1 - головний циліндр з розширювальним баком;
- 2 - вакуумний підсилювач;
- 3- педаль гальма;
- 4 - колісні гальмівні циліндри;
- 5- камери придушення;
- 6 - зливний насос;
- 7- впускний клапан;
- 8- випускний клапан;
- 9 - гідроаккумулятор з рідиною;

Рис. 1.5. Принцип роботи ABS

Під час швидкого гальмування датчі швидкості виявляють різку зміну швидкості колеса.

Електронний блок управління системи ABS обчислює швидкість колеса та зміни цих швидкостей, а результати використовуються для розрахунку швидкості транспортного засобу. Він також визначає умови взаємодії шини з дорожнім покриттям і передає контрольні сигнали блокам керування гідравлічним гальмом, забезпечуючи оптимальний тиск гальмівної рідини на кожному колесі.

Блоки керування гідравлічним гальмом, використовуючи сигнали електронного блоку управління, зменшують або збільшують тиск гальмівної рідини, підтримуючи при необхідності тиск гальмівної рідини на постійному рівні. Таким чином підтримується значення ковзання в оптимальному діапазоні (від 10 до 30%) і запобігається блокування колеса.

1.4. Вимоги до систем ABS

ABS повинна відповідати багатьом вимогам, зокрема, щодо безпеки самого процесу гальмування та безпечної роботи гальмівної системи. Вони спрямовані на досягнення стабільності та керованості автомобіля, оскільки:

контроль процесу гальмування повинен забезпечувати стабільність та маневреність у будь-яких умовах дорожнього руху (як на сухому та мокрому покритті, так і на льоді);

ABS повинен забезпечити максимальне використання коефіцієнта зчеплення між колесами та дорогою під час гальмування, при цьому стабільності транспортного засобу та рульового управління надаватиметься пріоритет перед зменшенням гальмівного шляху;

– контроль процесу гальмування повинен швидко адаптувати цей процес до існуючих відмінностей у відношенні дорожнього покриття та шин;

– під час гальмування на нерівних поверхнях (наприклад, праві сторона на льоді, ліва на підвищеннях на сухому асфальті, так званий μ -split "), завжди виникають круті моменти навколо вертикальної осі автомобіля, які намагаються повернути його до перпендикулярного напрямку руху. Вони

повинні нарощуватися так повільно, що водій із середніми навичками легко вирівняє напрямок руху шляхом «протидії керму».

– під час гальмування на поворотах автомобіль повинен підтримувати стійкість і керованість та гальмувати на найкоротшій можливій відстані, доки швидкість руху не спаде до нижньої граничної швидкості;

– на нерівних поверхнях слід підтримувати стійкість та керованість автомобіля при будь-якій гальмівній силі, а гальмівний шлях повинен бути якомога коротшим;

– контроль процесу гальмування повинен розпізнавати рульове управління («плавання» коліс на поверхні калюж на дорозі) та відповідно реагувати на це.

– процес гальмування повинен контролюватися протягом усього діапазону швидкості автомобіля, починаючи з 2,5 км/год як нижньої межі. Блокування коліс на таких низьких швидкостях не несе загрози.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РАМИ СТЕНДА

2.1. Створення 3D моделі

В процесі проектування та розроблення комп'ютерної моделі рами стенду гальмівної системи автомобіля, яку потрібно запроектувати, змодельовати та розрахувати на міцність як в цілому, так і її окремих елементів зокрема, найперше створюють 3D ескіз хребта рами (рис. 2.1).

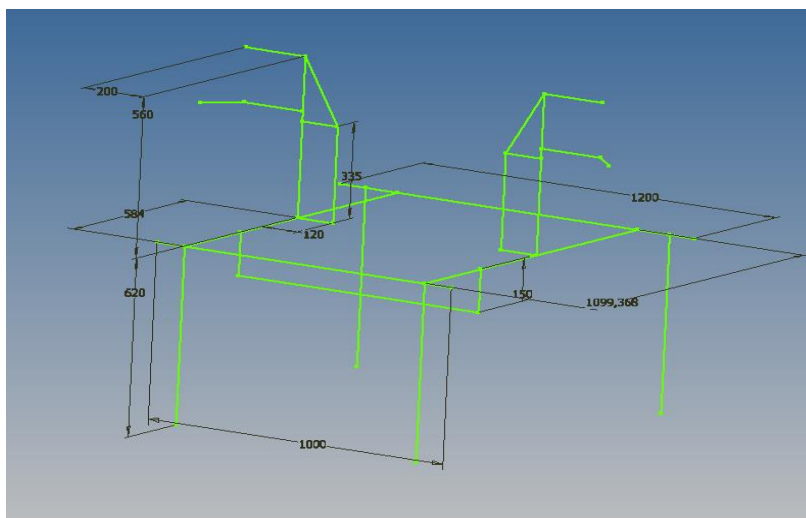


Рисунок 2.1 – Створений у 3D ескіз хребта рами

Для створення 3D ескізу хребта рами стенду гальмівної системи автомобіля використовують «Генератор рам». Він дозволяє перенести на кожну конкретну лінію змодельованого 3D ескізу необхідні ланки стандартних металевих профілів (рис. 2.2).

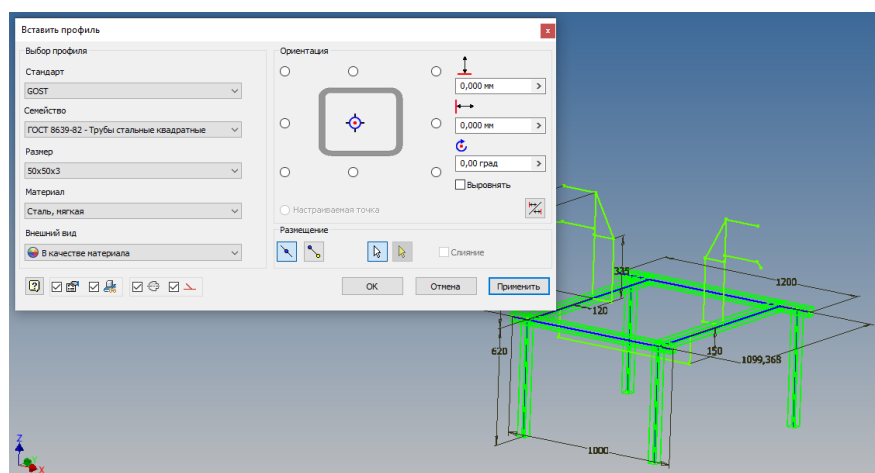


Рисунок 2.2 – Розміщення на хребті рами металевих профілів

На даний час на ринку металоконструкцій пропонують низку різних видів профілів. Основна відмінність між ними – це різна товщина стінки та форма поперечного перерізу.

В процесі моделювання та створення 3D моделі рами стенду гальмівної системи автомобіля для їх розташування на розроблений хребет використовувались окремі із представленого наявного переліку стандартні профілі (рис. 2.3).

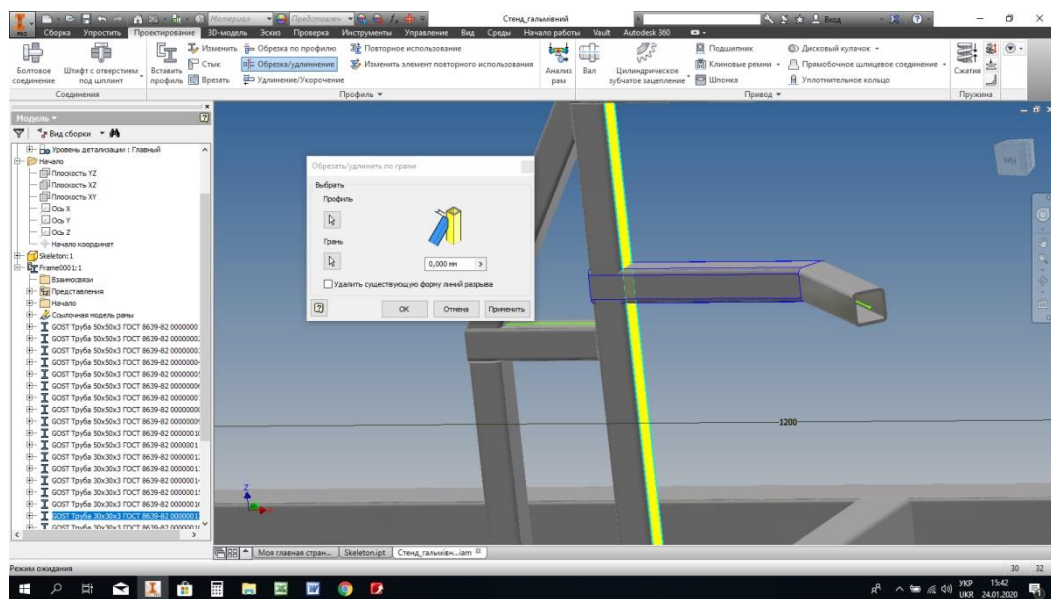


Рисунок 2.3 – Вибір профілів під час створення рами стенду

Зазначені стандартні профілі є прямокутної форми в поперечному перерізі. Оскільки основною їх характеристичною ознакою є товщина стінки, то варто зазначити, що найбільшого використання набули профільні труби, в яких товщина стінки становить 2...3 мм.

У нашому випадку вибираючи стандартний профіль ставили за мету зупинитися на такому її поперечному перерізі і товщині стінки, щоби в подальшому була забезпечена міцність як окремих елементів, так і конструкції рами в цілому, а також сприяли зменшенню її ціни.

Важливим кроком під час моделювання рами стенду було створення стиків між вибраними профільними трубами (рис. 2.4). Для цієї мети

зазвичай використовують операції для редагування і зміни рамних конструкцій.

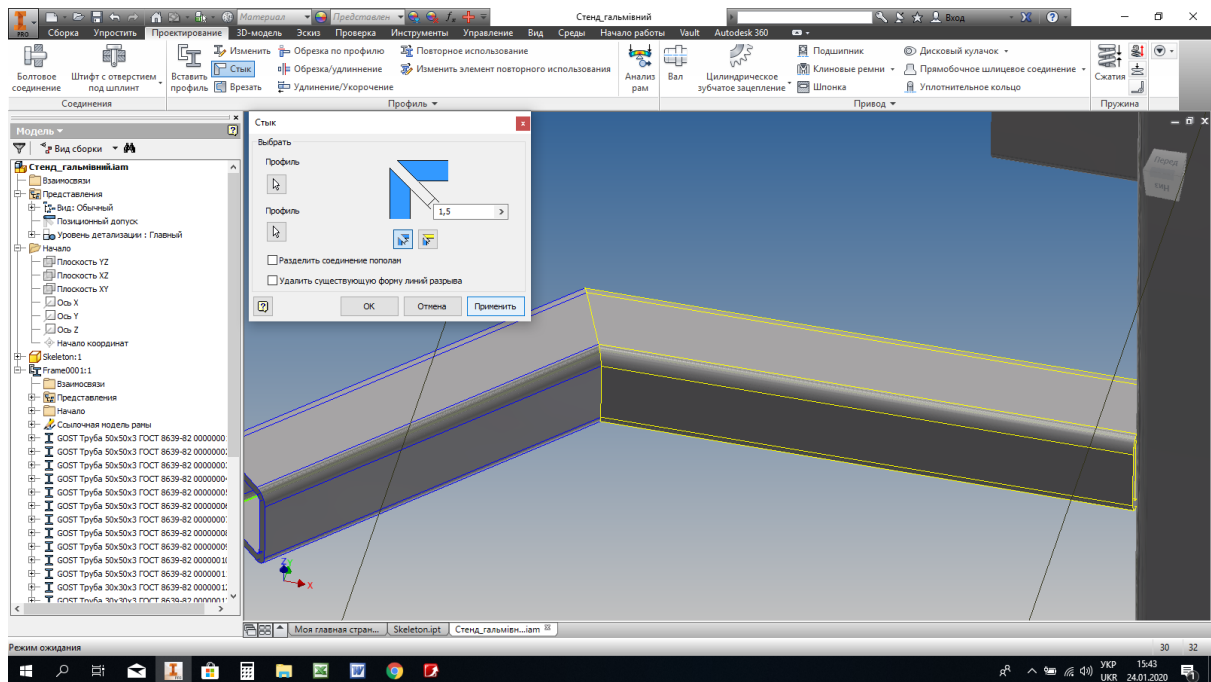


Рисунок 2.4 – Створення з'єднань профільних труб

Після етапів зі створення ескизу рами стенду гальмівної системи автомобіля, накладання на його складові стандартних профілів та вибравши характер з'єднання даних профілів в єдину конструкцію, необхідно провести дослідження з перевірки створеної металоконструкції на міцність.

2.2. Дослідження рами стенда на міцність

Першим етапом досліджень є та аналіз напружень і зміщень, що виникають в структурних елементах рами.

Для цього найперше було створено вікно «Дослідження». З цією метою на робочій панелі управління вибрали «Середовище». Далі у вікнах, які появились на цій панелі, вибрали вікно «Створити дослідження».

Заплановані дослідження передбачали визначення матеріалу складових елементів конструкції проектованої рами, надійну їх фіксацію, визначення

точок прикладання навантажень, почергове проведення моделювання та аналіз одержаних результатів.

Задавшись умовами фіксації рами та спрогнозувавши навантаження на розроблену її конструкцію рами 3500Н, а також зазначивши вектор дії сили тяжіння, здійснюємо її дослідження (рис. 2.5).

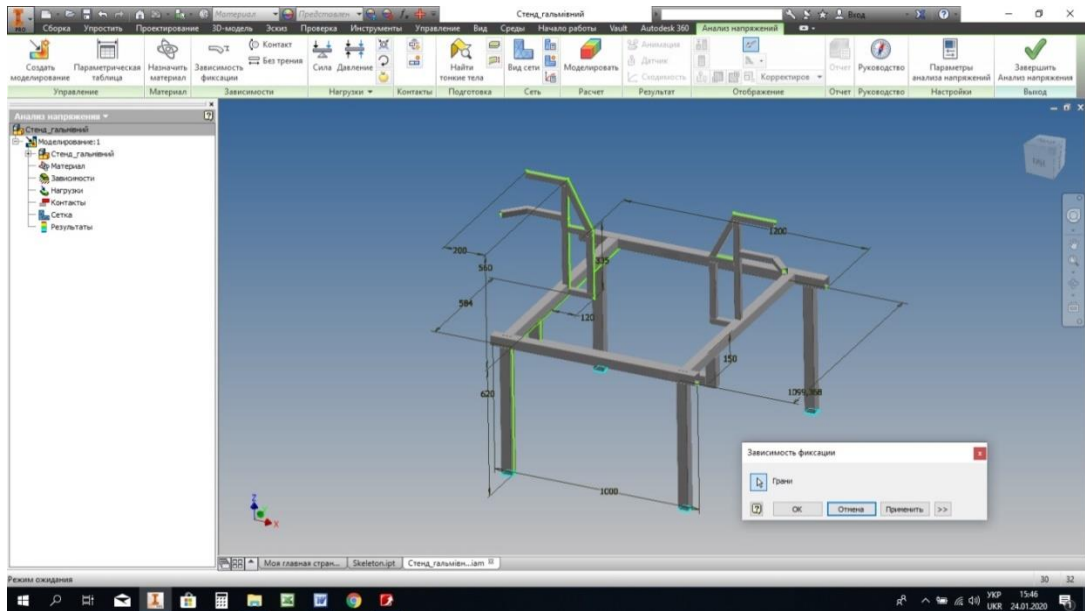


Рисунок 2.4 – Фіксації стенду рами

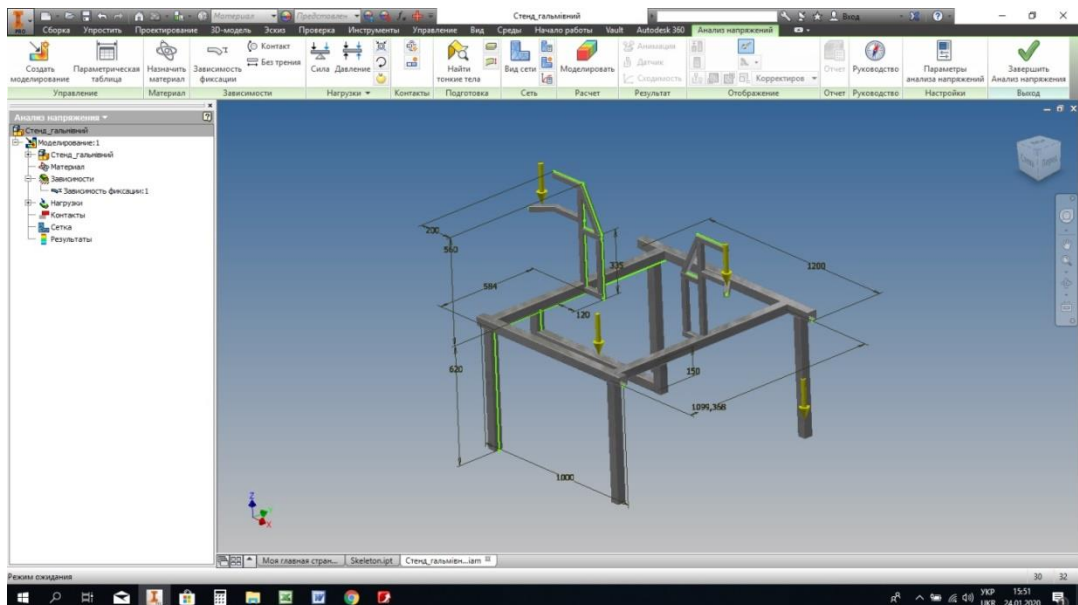


Рисунок 2.5 – Прикладання навантаження і визначення вектору дії сили тяжіння на складові елементи рами

Черговим кроком після визначення місць фіксації стенду рами гальмівної системи та приклавши навантаження і вектор дії сили тяжіння було виконання конкретного моделювання. В результаті отриманих результатів та їх аналізу встановлюють, чи запроектована рама витримує створене елементами гальмівної системи автомобіля навантаження, чи ні.

Кінцевим кроком процесу моделювання є встановлення відхилень напружень на суміжних кроках моделювання, які згідно вимог не можуть перевищувати 5 %. Результати досліджень рами стенду на міцність показані на рис. 2.6-2.7.

Аналіз відхилень отриманих значень напружень за Мізесом можна стверджувати, що на суміжних ітераціях вони складають 1.316%. Найбільше (максимальне) напруження в розробленій конструкції рами гальмівної системи автомобіля складає 38,09 МПа. Дане значення відрізняється від встановленого на початку проведення моделювання майже у 2 рази.

Отримані дані, як показує рис. 2.6 свідчать, що зміщення елементів конструкції рами, особливо ті, які сприймають найбільше навантаження, не виходять за визначеня допустимі межі.

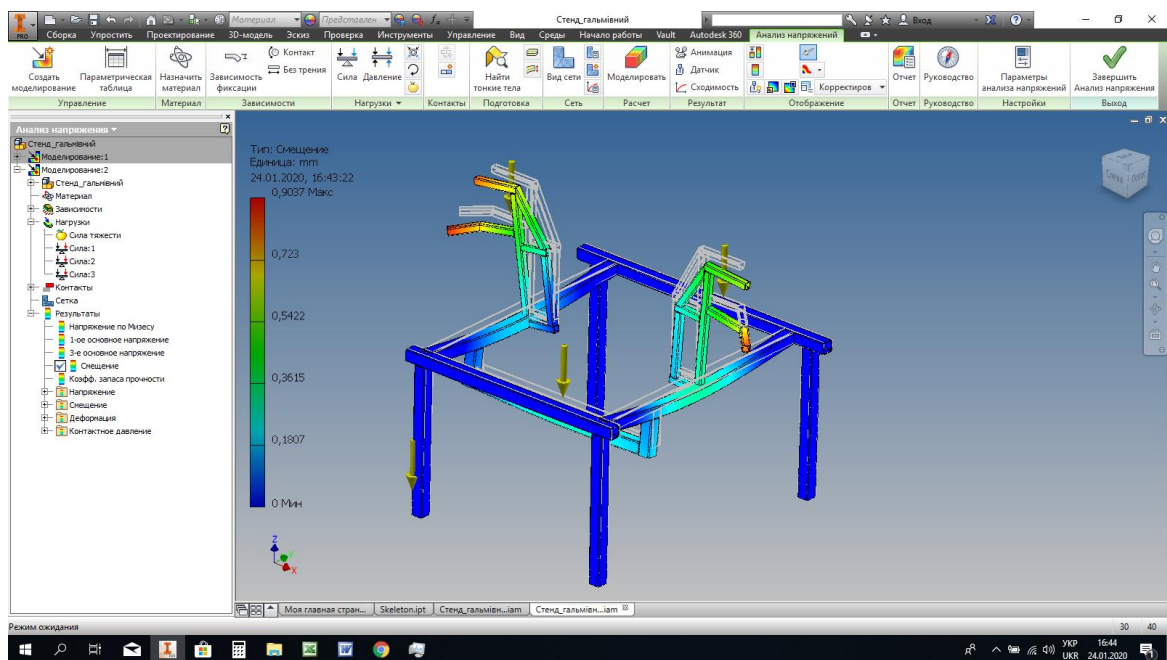


Рисунок 2.6 – Результати аналізу деформацій

Найбільше максимальне відхилення зміщення складає 0,9 мм. Цей отриманий результат відрізняється від встановленого початкового майже у 2 рази (рис. 2.8). Такі відхилення свідчать про працездатність і міцність запроєктованої рами.

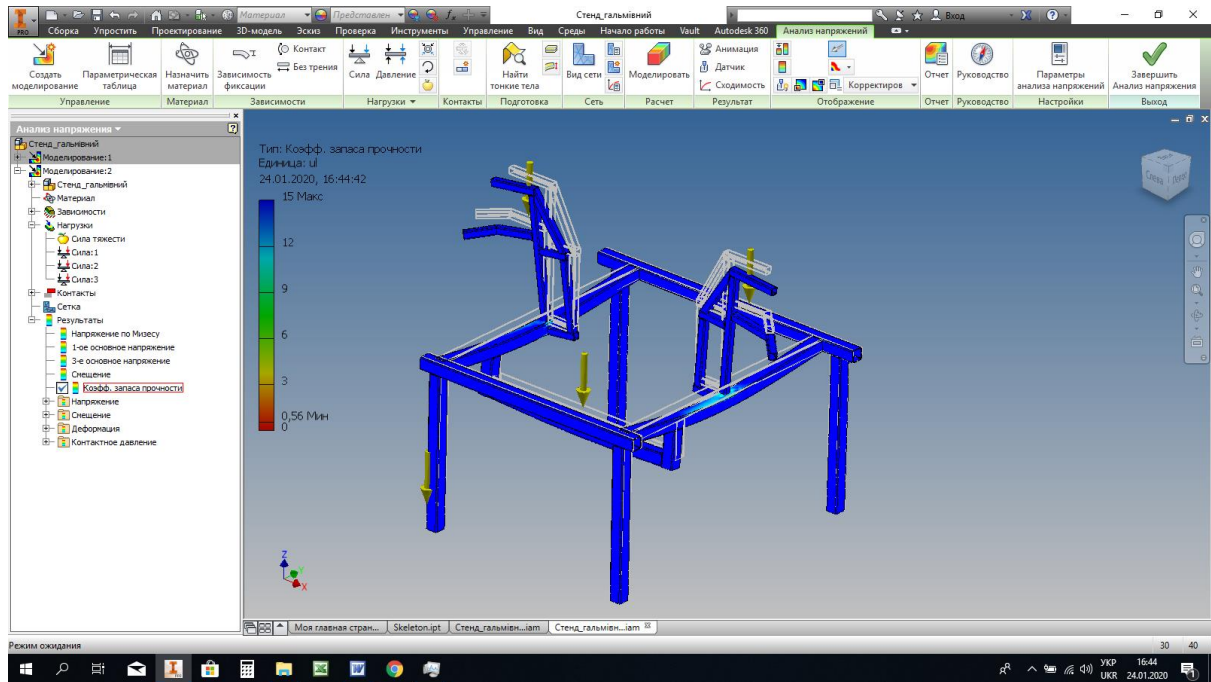


Рисунок 2.7 – Результати дослідження коефіцієнту запасу міцності

На рис. 2.7 наведено результати з визначення коефіцієнту запасу міцності розробленої конструкції рами стенду гальмівної системи автомобіля. Шляхом аналізу напружень були встановлені його числові значення свідчать. Вони показують, що мінімальний коефіцієнт розрахованого коефіцієнта запасу міцності для запропонованої конструкції рами стенда становить 12. На підставі цього можна зробити висновок, що розроблена конструкція рами стенду має достатній запас міцності та здатна витримувати навантаження від встановлених на неї елементів гальмівної системи автомобіля.

3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Програмою експериментальних досліджень передбачалось проведення заходів, які були спрямовані на проектування, розробку робочого креслення, вибору матеріалів та виготовлення стенду, розробку, перевірку роботоздатності та виконання експериментів з дослідження роботи гальмівної системи автомобіля з ABS. Ці заходи включали:

- узагальнення результатів моделювання та перевірки спроектованої рами стенду та створення 3-D моделі рами стенду;
- придбання серійних деталей, виготовлення оригінальних складальних одиниць, конструювання рами та виготовлення лабораторного стенду гальмівної системи автомобіля;
- дослідження умов роботи гальмівної системи за різних натискних зусиль, прикладених до педалі гальм;
- проведення комп'ютерної діагностики гальмівної системи автомобіля з ABS.

3.2. Виготовлення оригінальних одиниць

В розробленому навчально-демонстраційному стенді для дослідження роботи гальмівної системи автомобіля використовуються як серійні деталі, окремі придбані складові так і запроектовані та виготовлені.

До серійних відноситься: гальмівна педаль; корпус кріплення гальмівної педалі ; вакуумний підсилювач; головний гальмівний циліндр; блок управління ABS; вимикач стоп-сигналу; передні гальмівні диски; передні супорта; гальмівні колодки; давачі швидкості обертання передніх коліс; передні колеса з дисками; вакуумний насос; передні колеса; приводний електродвигун потужністю 1,5 кВт з частотою обертання 1500 об/хв. Для їх компонування було розроблено раму, яка є несучою конструкцією стенда. Її креслення приведено на рис. 3.1.

Після цього було виконано складальне креслення (рис. 3.1), яке дозволило визначити положення кожної деталі та визначити характер їх з'єднань.

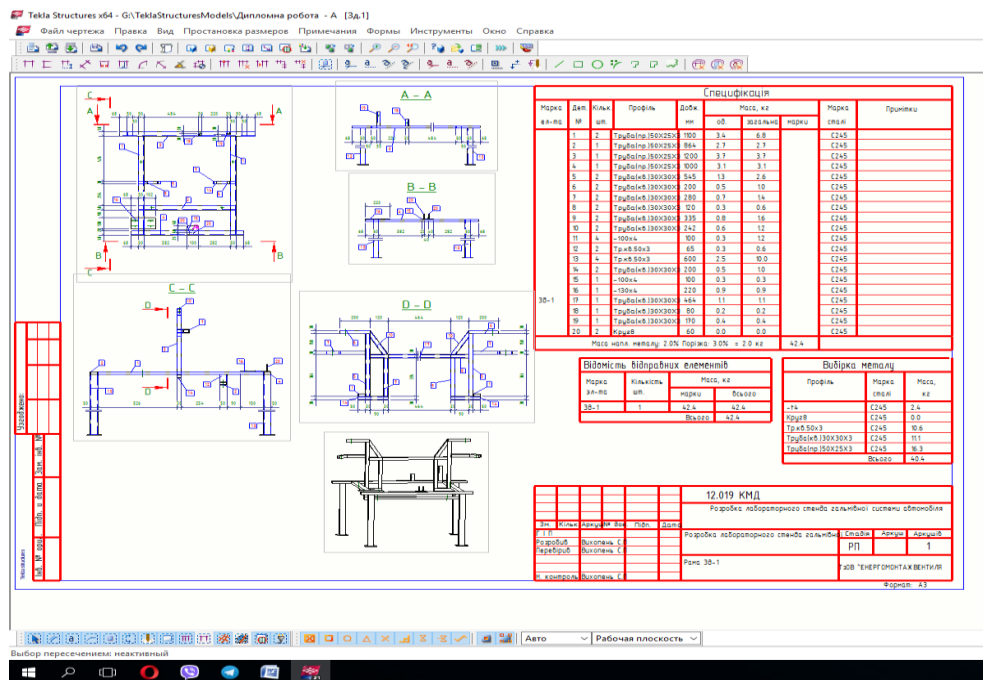


Рисунок 3.1 – Складальне креслення рами стенду

Після завершення розробки креслень, які дозволяють вибрати профілі, їх розміри, розміщення, способи з'єднання, розпочинається власне виготовлення стенду. Основний вид з'єднання деталей – зварювання. Під час зварювання складових рами стенду гальмівної системи автомобіля використовувався інвертор зварювальний Патон ВДИ-250Е DC MMA, електроди МОНОЛІТ РЦ ф 3,0 мм та низка допоміжних інструментів. Після завершення зварювальних робіт було виконано зачистку зварювальних швів, підготовка до фарбування та його проведення, яке надало рамі естетичного вигляду.

3.3. Будова та принцип роботи лабораторного стенду гальмівної системи автомобіля

Загальний вигляд розробленого і виготовленого лабораторного стенду гідропідсилювача керма наведено на рис. 3.4.

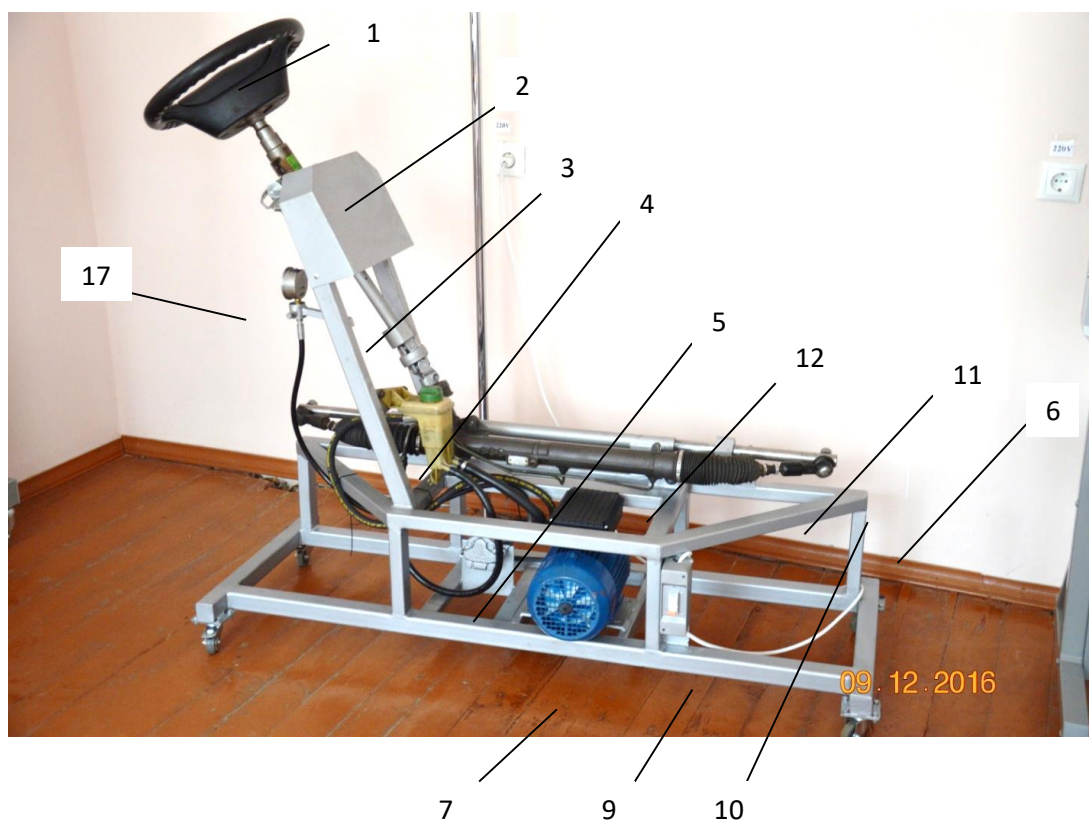


Рис. 3.4. Лабораторний стенд для дослідження роботи гідро підсилювача керма автомобіля

1 – кермове колесо; 2 – захисний кожух; 3 – кермовий вал; 4 – масляний бачок; 5 – насос в зборі; 6 – рама; 7 – електродвигун; 8 – опорні колеса; 9 – вимикач; 10 – наконечник кермової тяги; 11 – кермова тяга; 12 – гідро підсилювач в зборі; 13 – розподільник; 14 – трубопроводи; 15 – поперечна труба; 16 – натискний механізм; 17 – манометр

3.4. Методика випробовувань гідропідсилювача керма

Випробовування запропонованого гідро підсилювача полягало у встановлення залежностей:

- прикладеного зусилля на кермовому колесі від величини натискного зусилля на поперечній трубі;
- прикладеного зусилля на кермовому колесі від величини натискного зусилля на поперечній трубі при включеному гідропідсилючі;
- наростанню тиску в нагнітальній порожнині гідроциліндра на переміщення затисненої натискним механізмом поперечної труби.

Встановлення залежностей прикладеного зусилля на кермовому колесі від величини натискного зусилля на поперечній трубі визначали наступним чином. На вал керма встановлювали динамометричний ключ і визначали зусилля на переміщення поперечної тяги в праву чи ліву сторону за умови її вільного встановлення в натискний механізм поперечної тяги, а також при її защемлення моментами, які склали 20, 30, 40, 50 і 60 Нм. Залежність прикладеного зусилля на кермовому колесі від величини натискного зусилля на поперечній трубі при включеному гідропідсилючі визначали аналогічно, як в попередньому випадку. Відмінність полягала в тому, що за допомогою вимикача 9 включали електродвигун 7, який приводив в рух насос гідро підсилювача. Переміщення в одну чи іншу сторону поперечної тяги відбувалося за допомогою власне гідропідсилювача. Під час цих досліджень фіксували в кожному досліді тиск в нагнітальній камері гідропідсилювача, за якого відбувалося переміщення поперечної тяги 16. Ці дані слугували для побудови залежності величини тиску, який створюється в нагнітальній порожнині гідропідсилювача і дозволяє переміщувати тягу, від величини моменту її затискання. За результатами її залежності встановлювали максимальний момент затискання тяги 16, який може подолати кермовий механізм

3.5. Результати випробувань стенда

Випробування стенду передбачали дослідження зусилля на кермовому колесі при різних значеннях гальмівного моменту, який створювали на поперечній трубі 16 за допомогою натискного механізму 17 при роботі розробленого стенда без включеного гідро підсилювача, а також під час його функціонування. Зусилля повертання керма стенда при відімкненому гідропідсилювачі наведено в таблиці 3.1. і графічно відображені на рис. 3.5.

Таблиця 3.1

Результати визначення зусилля повертання керма при відімкненому гідропідсилювачі за умов прикладеного гальмівного моменту до поперечної труби

№ досл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{\text{гал}}, \text{H}$	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
$M_{\text{кер}}, \text{H}\cdot\text{м}$	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28

Таблиця 3.2

Зусилля повертання керма при включеному гідропідсилювачі за умов прикладеного гальмівного моменту до поперечної труби

№ досл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{\text{гал}}, \text{H}$	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
$M_{\text{кер}}, \text{H}\cdot\text{м}$	1	2,0	3,0	4,0	5,0	5,6	5,8	6	6	6

За отриманими в табл.3.1...3.2. даними побудовано залежності крутного моменту на кермовому колесі від гальмівного зусилля на поперечній трубі при відключеному і включеному гідропідсилювачі (рис. 3.5). Наведені на рис 3.5. графіки засвідчують, що зусилля повертання керма при відімкненому гідро підсилювачі прямопропорційно зростають до величини сили гальмування поперечної тяги. При досягненні її величини $F=450\text{H}$ стає неможливим повертання керма. Якщо включити гідропідсилювач, та незважаючи на прикладену гальмівну силу до поперечної тяги момент повертання керма є незначним і складає 6 нм. Він не змінюється від величини цієї сили і є постійним в процесі функціонування кермового механізму, обладнаного гідро підсилювачем.

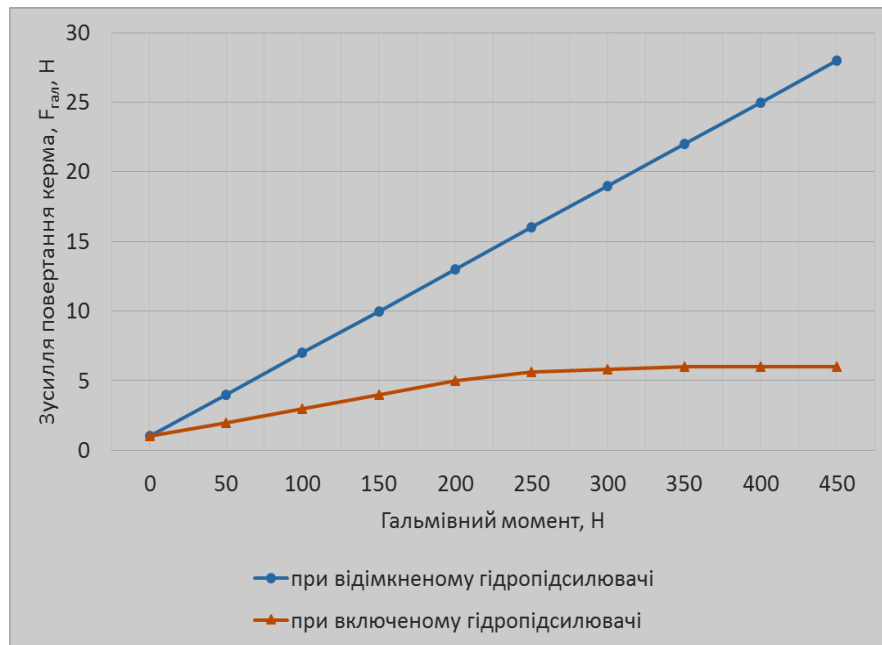


Рис. 3.5. Залежності крутного моменту на кермовому колесі від гальмівного зусилля на поперечній трубі при відключеному і включеному гідро підсилювачі

Пояснити це можна на підставі результатів досліджень, наведених і табл. 3.3. , які графічно відображені на рис. 3.6.

Таблиця 3.3

Результати визначення тиску олії в гідропідсилювачі, який необхідний для переміщення поперечної тяги за умови прикладеного до неї гальмівного моменту

№ досл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_{гал}$, Н·м	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
p , МПа	0,3	0,6	1	1,4	2	2,6	3,1	3,8	4,3	4,8

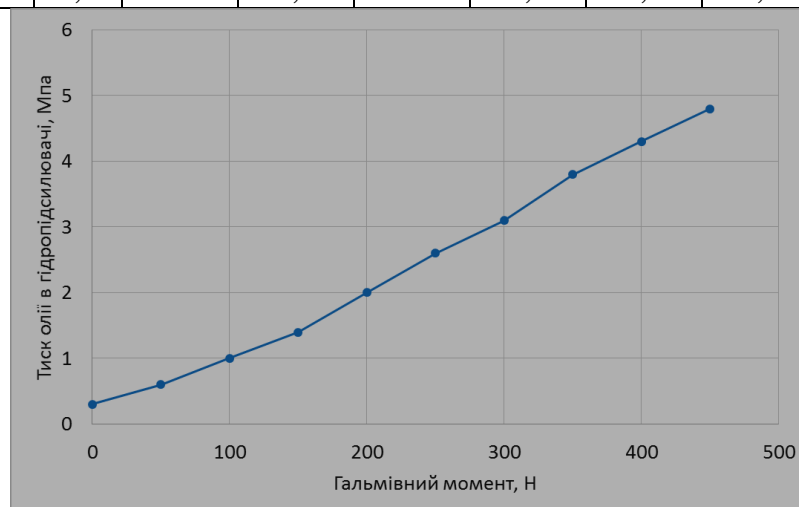


Рис. 3.6. Залежність робочого тиску олії гідропідсилювача для переміщення загальмованої поперечної тяги

4. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ СТЕНДУ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

В процесі проектування та виробництва демонстраційно-навчального стенду гальмівної системи автомобіля, обладнаної ABS, важливим питанням є розрахунок собівартості його виготовлення. Даний поузник можна розрахувати за формулою:

$$C = Z_{od} + B_c + E_c + B_{рем} + B_{вд} + B_{ину} + A_{обу} + B_n + B_{пру}, \quad (5.1)$$

де Z_{od} – заробітна плата основна і додаткова, грн.;

B_c – відчислення до фонду соцстраху, а також в інші фонди (приймається як 38% від Z_{od});

E_c – витрати на електроенергію та інші види енергії;

$B_{рем}$ – витрати на обслуговування і ремонт використовуваного обладнання;

$B_{вд}$ – витрати на змінні, а також інші допоміжні матеріали;

$B_{ину}$ – витрати на експлуатацію ріжучого та іншого інструменту;

$A_{обу}$ – амортизація універсального обладнання у відсотках;

B_n – витрати на догляд за приміщеннями і витрати на них;

$B_{пру}$ – витрати на використання спеціальних пристосувань.

Здійснивши розрахунок за кожною статтею та врахувавши ціну покупних деталей було визначено ціну лабораторного стенду гідропідсилювача керма автомобіля (табл.).

Таблиця – Статті витрат та ціна стенду гальмівної системи з ABS

Статті витрат	Ціна, грн
Змінні витрати	
Заробітна плата	779,3
Відрахування до соцстраху	296,134
Електрична енергія	6,82
Ремонт	0,22
Допоміжні матеріали	6,375
Експлуатація універсального	0,005

ріжучого інструменту	
Експлуатація універсального оснащення	0,088
Амортизація універсального обладнання	1,58
Експлуатація приміщення	0,91
Всього	1091,43
Покупні деталі	
Гальмівна педаль	1600
Корпус кріплення гальмівної педалі	800
Вакуумний підсилювач	2000
Головний гальмівний циліндр	1200
Блок управління ABS	2300
Вимикач стоп сигналу	100
Передні гальмівні диски, 2шт	2000
Передні супорта, 2шт	2800
Гальмівні колодки, 4шт	800
Датчики швидкості передніх коліс, 2шт	2000
Гальмівні трубопроводи і шланги, наконечники	950
Передні колеса з дисками, 2шт	2000
Вакуумний насос	1600
Електродвигун	2000
Приводний ремінь	300
Рама стенда	2000
Гальмівна рідина	100
Бачок для рідини	200
опорні колеса (4 шт)	600
Всього	25350
Ціна стенду	26441,43

Беручи до уваги відображені в табл. 5.1 дані можна зробити висновок, що ціна запропонованого і виготовленого стенду системи гальм автомобіля Volkswagen B5 становить 26441, 43 гривень.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для кращого освоєння особливостей та конструкційних елементів гальмівних систем автомобіля, ознайомлення з її будовою, розміщенням в ній датчиків ABS доцільним є виготовлення демонстраційно-навчального стендів.

2. Проведеним аналізом конструкцій існуючих стендів встановлено, що за їх допомогою них можна наглядно відобразити процес функціонування та порядок діагностики основних елементів гальмівної системи автомобіля.

3. Основною конструктивною одиницею стенду гальмівної системи є його рама. В процесі виконання досліджень було виконано 3D ескіз хребта рами, встановлено на ній стандартні металеві профілі та визначено характер їх з'єднання. Провівши фіксацію рами та приклавши до неї необхідні навантаження, було встановлено, що найбільше значення максимальної деформації профілів рами становить 0,9 мм, а коефіцієнт запасу її міцності є рівним 12. Ці значення свідчать про достатню працездатність і міцність рами.

3. Окрім рами, складовими конструктивними одиницями розробленого демонстраційно-навчального стенду є праві і ліві гальмівні диски, супорта і гальмівні колодки, головний гальмівний циліндр, вакуумний підсилювач, вакуумний насос, датчики швидкості обертання передніх коліс, гальмівні трубопроводи і шланги, наконечники, передні колеса з дисками та механізмом приводу.

4. Запропонований демонстраційно-навчальний стенд гальмівної системи автомобіля Volkswagen B5 повністю відображає її конструктивні особливості, дозволяє симулювати помилки, визначати за допомогою комп'ютерної діагностики несправності та служить об'єктом, за допомогою якого можна навчитись їх усувати.

5. Ціна розробленого та виготовленого демонстраційно-навчального стенду гальмівної системи автомобіля Volkswagen B5, яка враховує витрати на безпосереднє виготовлення складових і витрати на покупні деталі та запасні частини становить 21973, 43 гривень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кисликов В.Ф. Будова і експлуатація автомобілів: підручник. // В.Ф. Кисликов, В.В. Лущик. – К. : Либідь, 1999. – 400 с.
2. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів : навчальний посібник. //В.І. Сирота. – К. : Аристей, 2005. – 280 с.
3. Сирота В.І. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: Навчальний посібник. // Сирота В.І., Сахно В.П. – К.: Аристей, 2007. – 288 с.
4. Willy Klier. Concept and Functionality of the Active Front Steering System [Електронний ресурс]. W. Klier, G.Reimann, W. Reinelt. ZF Lenksysteme GmbH, Schwabisch Gmund, Germany. SAE technical paper 2004-21-0073. Режим доступу: http://www.wolfgang-reinelt.de/papers/KlierRR_2004_Convergence.pdf.
5. Марцияш, О. М. Определение характеристик рулевого управления с гидроусилителем [Текст] // О. М. Марцияш // Наукові нотатки. – 2013. – № 41-2. – С. 74–77.
6. Литвинов А.С. Дослідження кінематики рульового управління з урахуванням кінематики передньої підвіски // А.С. Литвинов, Ю.М. Немцов, С.А. Тимофеев // Автомобільна промисловість. - 2010. - №1. - С. 11-13.
7. Рустамов З.А., Волков А.Ф. Методика визначення первинних параметрів нового рульового механізму // Автошляховик України. – К., 2009. – №6. – С. 19–21.
8. Рустамов З.А. Новый рулевой механизм, улучшающий маневренность автомобиля // Вестник машиностроения. – М., 2010. – 82 с.
9. Horiuchi S., Okada K., Nohtomi S. Effects of integrated control of active four wheel steering and individual wheel torque on vehicle handling and stability - a comparison of alternative control strategies. //S. Horiuchi, K. Okada, S. Nohtomi. // Vehicle System Dynamics, 33: 2000, P. 680–691.
10. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів //В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигиринець.- Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342

с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.

11. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. - К.: Мінтранс України, 1998. -16 с.

12. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобілів // Є.О.Форнальчик, М.С.Оліскевич, О.Л.Мастикаш, Р.А. Пельо: Навчальний посібник. - Львів: Афіша, 2004.-492 с.

13. Боровських Ю.І. Будова автомобілів // Ю.І. Боровських, Ю.В. Ковальов, К.А. Морозов – К., 1991.- 245с.

14. Кисляков В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів // В.Ф. Кисляков В.Ф., В.В. Лущик В.В. – К., 1995. – 278с.:

15. Черных В.В. Оптимизация конструктивных параметров подвески управляемого колеса легкового автомобиля //Проблемы машиностроения и надежности машин //В.В. Черных, О.М.Макеев. - . 2000. - №3. - С.9-15.

16. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колёса /пер. с нем. В.П. Агапова; под ред. О.Д. Златовратского.— М.: Машиностроение, 1986.–320 с.: ил.

17. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник //І.П. . Пістун, Й.В. Хом'як, В.В. Хом'як. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2005. -374с.

18. Охорона праці на автомобільному підприємстві: Довідник / Під ред. А.І.Салова. – М.: Транспорт, 1976. -248 с.

19. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання травматизму у сільському господарстві // С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. – К.: Урожай, 1993. – 272 с.

20. 2.Кодекс цивільного захисту України / ВВР, 2015, № 52, ст.482. – Режим доступу : [http:// zakon5.rada.gov.ua/laws/5403-17](http://zakon5.rada.gov.ua/laws/5403-17).

АНОТАЦІЯ

1. Тема роботи: **«Розробка і дослідження лабораторного стенду гальмівної системи автомобіля»**

В роботі надано характеристику конструкціям гальмівних систем автомобілів. Доведено доцільність та ефективність їх обладнання системою ABS.

Для кращого вивчення конструкції і принципів роботи, умов функціонування, правил технічного обслуговування, проведення комп'ютерної діагностики запропоновано розробку діючого лабораторного стенду гальмівної системи автомобіля марки Volkswagen B5.

В процесі виконання роботи розроблено конструкцію і виготовлено конструкцію рами стенду, яка є його основною складовою одиницею. Проведений її розрахунок свідчить про достатній коефіцієнт запасу міцності та можливість витримувати прикладені до неї навантаження.

На запропонованій рамі було розміщено всі складові гальмівної системи з ABS, що дозволило повністю відобразити її конструктивні особливості, сконструйовано привод коліс і проведено інсталяцію виготовленого стенду. В результаті цього було підтверджено його роботоздатність та можливість проведення низки лабораторних досліджень.

Розроблено методику комп'ютерної діагностики, проведено її апробацію та здійснено перевірку технічного стану основних елементів гальмівної системи автомобіля Volkswagen B5, встановлених на розробленому стенді.

Встановлено, що стенд є корисними для використання в навчальному процесі студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» під час вивчення дисциплін «Автомобілі», «Комп'ютерна діагностика автомобілів».

Визначено основні статті витрат та розраховано вартість розробленого та виготовленого у виробничих умовах лабораторного стенду гальмівної системи автомобіля.