

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для технологічного процесу
технологічного обслуговування гальмівних камер вантажних автомобілів з
дослідженням деталей енергоакумулятора на міцність

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Тарар С.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Слободян Л.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Левкович М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Цьонь О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

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

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«20» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Тарару Сергію Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для технологічного процесу технологічного обслуговування гальмівних камер вантажних автомобілів з дослідженням деталей енергоакумулятора на міцність

Керівник роботи Слободян Любомир Михайлович., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року 4/7-1072

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Характеристика гальмівних камер вантажних автомобілів двигуна.

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 безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Огляд конструкції виконавчих гальмових механізмів – 1А1.

Схема запропонованого енергоакумулятора – 1А1.

Кран управління стоянковим гальмом – 1А1.

Схема управління стоянковим, запасним і робочим гальмовим контуром – 1А1.

Стенд гальмовий автомобільний – 1А1.

Результат розрахунку стійкості кришки та поршня – 1А1.

Результат розрахунку стійкості сердечника – 1А1.

Дільниця для технічного обслуговування гальмівної системи автомобіля – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 20.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	25.11.2023	
2	Технологічний розділ	31.11.2023	
3	Конструкторський розділ	06.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	08.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	22.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

(підпис)

Тарар С.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Слободян Л.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект ділянки ремонтного цеху для технологічного процесу технологічного обслуговування гальмівних камер вантажних автомобілів з дослідженням деталей енергоакумулятора на міцність».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н., доцент Слободян Л.М.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 61 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 7 сторінок додатків.

Ключові слова: дослідження, міцність, обладнання, ефективність, інженерні рішення.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конфігурації та механізму роботи запропонованого виробу.....	8
1.2 Керування вдосконаленою структурою енергоакумулятора.....	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Конструкція енергоакумулятора вантажного автомобіля.....	13
2.2 Відновлення гальмівної камери, що має систему для зберігання енергії на основі пружин.....	14
2.3 Створення технічного плану ТО для системи гальмування вантажних транспортних засобів.....	17
2.4 Концепція та вибір ключового устаткування для секції технічного обслуговування та аналізу гальмівних систем вантажних автомобілів.....	19
2.5 Визначення площі виробничого простору секції.....	19
2.6 Обчислення індикаторів економічної доцільності.....	21
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	23
3.1 Обчислення винтового дуету пристрою для механічного знегальмовування.....	23
3.2 Обчислення з'єднання поршневої напрямної, виконаного методом клепаання.....	24
3.3 Обчислення з'єднання корпусу електромагніту, виконаного методом клепки.....	25
3.4 Обчислення пружини фіксаційного механізму.....	26
3.5 Обчислення електромагніту для керування механізмом блокування поршня.....	29
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	34
4.1 Аналіз міцностних характеристик поршня.....	34
4.2 Аналіз міцності кришки корпусу електромагнітного блоку.....	39
4.3 Аналіз міцності магнітопроводу корпусу.....	43
4.4 Аналіз стійкості сердечника.....	

	6
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
5.1 Протипожежна безпека.....	50
5.2 Розрахунок вентиляції і освітлення головного виробничого корпусу.....	50
5.3 Принципи захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	52
БІБЛІОГРАФІЯ.....	58
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

В сучасному світі транспорт є неодмінною частиною нашого життя, і вантажні автомобілі грають ключову роль в забезпеченні надійності постачання товарів і послуг. Гальмівні системи цих автомобілів є одними з найважливіших компонентів, які забезпечують безпеку на дорозі та ефективність транспортних процесів. Однак з часом гальмівні камери піддаються зносу і потребують регулярного обслуговування та ремонту.

Саме у цьому контексті виникає необхідність в проекті ремонтного цеху, спеціалізованого на технологічному обслуговуванні гальмівних камер вантажних автомобілів. Цей проект передбачає створення спеціальної ділянки, обладнаної сучасними інструментами та технологіями, які дозволять виконувати якісний ремонт та обслуговування гальмівних систем.

Однак, основною особливістю цього дослідження є не лише створення інфраструктури для ремонту, але і вивчення деталей енергоаккумулятора, який використовується в сучасних вантажних автомобілях. Енергоаккумулятори відіграють важливу роль у забезпеченні живлення різних систем та обладнання в автомобілях, і їхні деталі повинні бути надійними та міцними.

Метою даного дослідження є розробка та реалізація проекту ділянки ремонтного цеху, а також проведення аналізу міцності деталей енергоаккумулятора з метою забезпечення безпеки та ефективності експлуатації автомобілів. Ця робота є актуальною та важливою, оскільки вона сприяє підвищенню надійності та безпеки транспортних засобів, а також сприяє розвитку сучасних технологій в області автосервісу та транспортного сектора.

У наступних розділах роботи ми докладніше розглянемо процес розробки і реалізації проекту, а також результати дослідження міцності деталей енергоаккумулятора.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конфігурації та механізму роботи запропонованого виробу

В автомобілях марки КамАЗ використовується унікальна гальмівна система, де основним елементом є камера з енергонакопичувачем на пружинах, що є поршневого типу. Цей механізм керується через додаткові та аварійні системи паркування. Його точна та надійна робота впливає на безпеку та ефективність використання транспортного засобу.

Задля підвищення ефективності гальмівної системи з пневматичним приводом, було розроблено вдосконалену версію камери з пружинним накопичувачем енергії (див. малюнок 1.1).

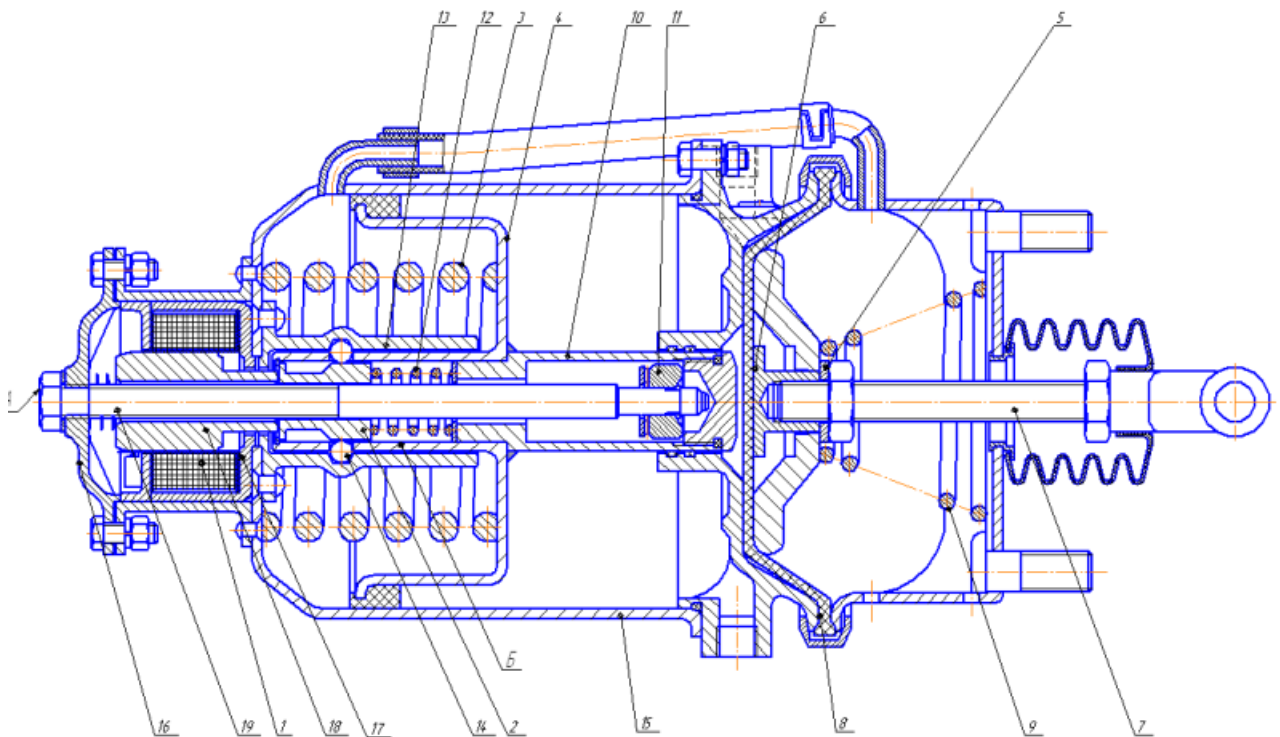


Рис. 1.1. Оптимізований енергоакумулятор.

Основні елементи вдосконаленої системи гальмування з пружинним накопичувачем енергії включають: оболонку акумулятора енергії 15, тарілку 4 із штовхаючим елементом 10, напрямну втулку блокування 13, опорні сфери 14, розширювальний клапан 2, пружину затиску блокування 3 (, електромагніт

1, винт механічного знегальмування 19 із опорним підшипником 11, гальмівний діафрагмовий механізм 8 з пружиною затиску 12, відтягуючу пружину 9 та штангу 7, кришку оболонки електромагніту 16, корпус магнітного провідника 17, ядро 18, 19 – винт механічного знегальмування.

Покращена гальмівна система з пружинною акумуляцією енергії має конструктивні відмінності від традиційної моделі з подібною акумуляцією. В циліндрі для накопичення енергії є центральний проріз на кінцевій площині, що дозволяє центрувати оболонку електромагніту та напрямну обойму 13. Цей отвір також служить для вивільнення механізму блокування із заблокованої позиції шляхом переміщення регульовального клапана 2 ядром контрольного електромагніту 18 до крайнього правого положення. У керівній частині тарілки накопичувача енергії зроблено шість отворів, у які вмонтовані опорні сфери 14. Тарілка 4 з вмонтованими в неї опорними сферами 14, регульовальний клапан 2 та напрямна обойма 13 разом формують механізм блокування, який забезпечує утримання розтягнутої пружини у розтягнутому (негальмованому) стані без подачі стисненого повітря. Таким чином, раніше сфери 2 встановлювалися у штовхач 4, але зараз вони вмонтовані у напрямну обойму 13 (див. мал. 1.1).

Основними перевагами модернізованої гальмівної системи з пружинним накопичувачем енергії є здатність накопичувача функціонувати в неактивному гальмівному стані без необхідності підключення стисненого повітря з основної гальмівної лінії. Така особливість дозволяє уникнути ризику аварійної ситуації, пов'язаної з втратою герметичності паркувальної гальмівної системи під час експлуатації транспортного засобу.

Функціонування цього накопичувача енергії у неактивному гальмівному стані без необхідності забезпечення стисненим повітрям значно зменшує потребу у повітрі для пневматичного гальмівного механізму. Економія повітря досягається шляхом зниження обсягу повітря, необхідного для роботи накопичувача, та зменшенням витоків у паркувальній гальмівній системі. Внаслідок цього скорочується тривалість роботи компресора під навантаженням, що сприяє зниженню зносу його компонентів. Паралельно це веде до зниження споживання пального двигуном для приводу компресора.

1.2 Керування вдосконаленою структурою енергоаккумулятора

Механізм дії покращеного пружинного накопичувача енергії працює таким чином:

Під час нормального процесу гальмування, потоки стисненого повітря з подвійного гальмівного вентиля надходять у камеру Б (згідно з мал. 1.1), що впливає на діафрагму 8. Це викликає зміщення стрижня, що призводить до гальмування транспортного засобу;

Паркувальне гальмування здійснюється за допомогою енергії стисненої потужної пружини; при цьому пружина впливає на стрижень накопичувача через поршень 4 та пов'язаний з ним штовхач 10, забезпечуючи необхідну гальмівну силу;

Для відключення паркувального гальма та початку руху потрібно перемістити важіль паркувального гальма у проміжне положення, уникаючи при цьому повного переміщення важеля у горизонтальну позицію (див. мал. 1.2), оскільки інакше буде відправлено керуючий сигнал до електронного блоку керування накопичувачем, який ініціює підготовку пружинного накопичувача до переключення в режим паркувального або запасного гальма.



Рис. 1.2. Діаграма основних позицій важеля паркувального гальмового вентиля.

У цьому випадку може знадобитися повторне відключення паркувального гальма. Коли важіль паркувального гальмового вентиля переміщається в проміжне положення, у камеру А пружинного накопичувача енергії з баків, через акселераторний клапан, подається струмінь стисненого повітря, що

зміщує поршень 4 і, таким чином, зжимає потужну пружину 3, відмінюючи дію паркувального гальма. При переході до крайньої лівої позиції, поршень 4 переміщає опорні сфери 14 блокуючого механізму в тому ж напрямку. Коли опорні сфери досягають діаметральної канавки в керівній обоймі (втулці) блокування 13, відбувається блокування поршня 4 відносно втулки 13. Після цього важіль паркувального гальмового вентиля потрібно перемістити в вертикальну позицію для видалення стисненого повітря з камери А. Про деактивацію паркувального гальма інформує індикаторна лампа на панелі приладів.

Для активації паркувального гальма, оператору потрібно обернути важіль гальмового вентиля паркування, змінивши його позицію з вертикальної на горизонтальну; така дія спричинить подачу стисненого повітря до камери А пружинного накопичувача енергії. Процес додавання стисненого повітря до пружинного накопичувача є ключовим для збільшення стиску потужної пружини та зменшення опору тертя при зміщенні розпірного клапана 2. Паралельно з подачею повітря, відбувається передача сигналу до електронного блоку керування від датчика, розміщеного у корпусі вентиля паркувального гальма.

Коли керувальний блок отримує сигнал від вентиля паркувального гальма, він направляє електричний струм до котушки електромагніту 1. Ядро електромагніту, будучи притягнутим, зсуває блокувальний клапан 2 у правий бік, звільняючи заблоковані опорні сфери блокування 14; у цей момент на приладовій панелі активується індикатор, що сигналізує про можливість активації паркувального гальма;

Обертаючи важіль вентиля паркувального гальма у вертикальне положення, водій здійснює випуск стисненого повітря з накопичувача енергії, тим самим завершуючи процес активації паркувального гальма.

У ситуації зі збоєм основної гальмівної системи, оператор має можливість використовувати альтернативний гальмівний канал. Для цього потрібно обернути важіль паркувального гальмового вентиля, змінюючи його з вертикальної на горизонтальну позицію, що призведе до підвищення тиску стисненого повітря в камері А пружинного накопичувача енергії. У цьому

контексті, додаткове збільшення тиску стисненого повітря в пружинному накопичувачі енергії важливе для подальшого зжимання потужної пружини і зменшення тертя, необхідного для переміщення розпірного клапана (блокувального) 2, а також для забезпечення плавного керування функціонуванням пружинного накопичувача енергії;

Паралельно з процесом підвищення тиску повітря, відбувається відправлення сигналу до електронного контролюючого блоку з датчика, розташованого у корпусі вентиля паркувального гальма. Контролюючий блок, отримавши цей сигнал з вентиля паркувального гальма, активує електричний струм до котушки електромагніту 1; ядро електромагніту, залучаючись до себе, зсуває блокувальний клапан 2 у правий бік, звільняючи блокувані опорні сфери блокування 14. У цей момент на приладовій панелі з'являється індикатор, що повідомляє про можливість активації аварійного гальма;

Обертанням важеля паркувального гальмового вентиля у вертикальну позицію, водій поетапно звільняє стиснене повітря з накопичувача енергії, таким чином регулюючи силу гальмування;

У випадку екстреної необхідності руху автотранспорту з місця при відсутності достатнього тиску повітря в резервуарах, водію потрібно скористатися вентилям екстреного зняття гальм 14; в такому випадку стиснене повітря потрапляє до накопичувача енергії безпосередньо через потрійний захисний клапан, зжимаючи потужну пружину. При досягненні максимального стиску пружини активується блокувальний механізм, що призводить до повного зняття гальм з накопичувача енергії;

Конструкція гальмівної системи накопичувача енергії, методика її під'єднання до пневматичних ліній гальмування та спосіб монтажу до транспортного засобу залишаються незмінними.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Конструкція енергоакумулятора вантажного автомобіля

Транспортні засоби цієї марки, на додаток до системи гальмування з пневмоприводом, оснащені стоянковими та аварійними гальмівними системами, які містять пружинні енергоакумулятори. Ці елементи встановлені як на задньому, так і на середньому ведучих мостах. Також в автомобілях присутня допоміжна гальмівна система.

Конструкції енергоакумуляторів в вантажних автомобілях можуть відрізнятися в залежності від виробника та моделі автомобіля, але основні типи включають:

Пружинні енергоакумулятори (рис. 2.1) це найпоширеніший тип в вантажних автомобілях. Вони використовують механічну пружину для накопичення енергії. Коли гальмівна система активована, пружина стискається, зберігаючи енергію, яка потім використовується для відгальмування.

Гідравлічні енергоакумулятори (рис. 2.2) вони використовують гідравлічну рідину для зберігання енергії. Коли на педаль гальма натискають, рідина переміщається, створюючи тиск, який активує гальмівні механізми.

Пневматичні енергоакумулятори (рис. 2.3) ці енергоакумулятори використовують стиснене повітря для накопичення енергії. Вони часто застосовуються в системах з пневматичним приводом, де використовується повітря для активації гальмівних поршнів.

Комбіновані системи (рис. 2.4) деякі вантажні автомобілі можуть мати комбіновані системи, які включають елементи пневматичних та гідравлічних систем для підвищення ефективності гальмування.

Конструкції енергоакумуляторів вибираються в залежності від вимог до ефективності гальмування, ваги вантажівки, а також від умов експлуатації транспортного засобу.

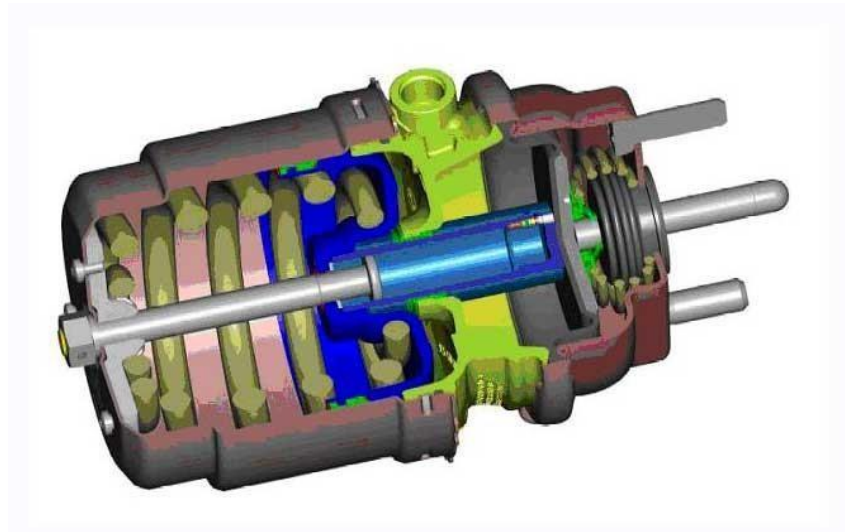
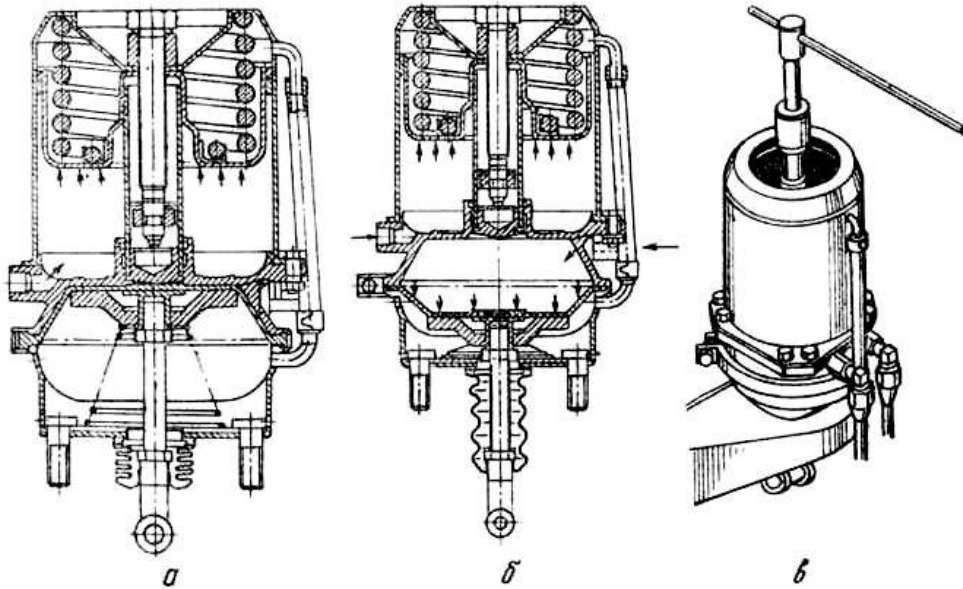


Рис. 2.1. Енергоакумулятор вантажного автомобіля: а - деактивація системи стоянкових гальм; б - активація основної гальмівної системи; в - зняття гальм стоянкового механізму за допомогою пристрою екстреного розгальмовування.



Рис. 2.2. Гідравлічний енергоакумулятор.



Рис. 2.3. Пневматичний енергоакумулятор.



Рис. 2.4. Комбінований енергоакумулятор.

Енергоакумулятор забезпечує утримання автомобіля в нерухомому стані під час паркування, виконуючи функції стоянкового гальма, та автоматично гальмує транспортний засіб у разі пошкодження труб, які є частиною пневматичної системи гальмування, чи несправності компресора.

Конструкція енергоакумулятора вантажного автомобіля передбачає його монтаж до гальмівної системи задньої та середньої ведучих осей, формуючи єдиний гальмівний механізм, що включає гальмівну камеру та циліндр накопичувача. Гальмівна камера складається з двох частин корпусу. Між цими частинами встановлена гумова діафрагма. Під діафрагмою знаходиться

металева опора, яка з'єднана з поршнем. Нижче цієї опори розміщено пружину у формі конуса (див. рисунок 2.1).

Поршень з'єднується з ричагом, який входить у механізм розпірних кулаків гальмівних колодок, при цьому захищений гумовим чохлам, який перешкоджає проникненню забруднень та пилу. Циліндр накопичувача енергії включає щільно встановлений металевий поршень із ущільнювачем. На поршень впливає потужна пружина, яка намагається утримувати його у найнижчій позиції, що відповідає зупиненому стану транспортного засобу.

На дні поршня вмонтовано підпірну шайбу, а також впресовано сталеву трубку, всередину якої вставлено толкатель із власним ущільнювачем. Верхня частина труби гальмівної камери оснащена кільцевим ущільнювачем.

Усередині труби розміщено механізм, який дозволяє механічно звільнити гальма коліс для переміщення автомобіля на безпечну ділянку або його буксирування у разі поломки гальмівного механізму. Цей механізм містить сталевий гвинт, ввинчений у бобишку, приварену до вершини циліндра, а також опорне утримуваче кільце, яке фіксує підшипник з гумовим кільцем та муфтами на гвинтовому шпинделі. Простір над циліндром через трубку з'єднується з внутрішнім простором камери під діафрагмою, яка має з'єднання з атмосферою.

2.2 Відновлення гальмівної камери, що має систему для зберігання енергії на основі пружин

Обслуговування пружинних енергоаккумуляторів - це складний та потенційно небезпечний процес, який не можна виконати без використання спеціального обладнання та кваліфікованого втручання. Для проведення ремонту таких енергоаккумуляторів в автомайстернях використовують стенди, які дозволяють розбирати та збирати компоненти, проводити перевірку та налаштування їх функціонування.

Для демонтажу гальмівної камери з пружинним накопичувачем енергії необхідно виконати наступні кроки:

Перемістити важіль крана системи стоянкових гальм у положення активоване стоянкове гальмо;

Повністю відкрити болт, що забезпечує механічне знімання гальмування пружинного накопичувача енергії, переконавшись, що поршень гальмівної камери відсунувся;

Від'єднати основні гальмівні труби, послабити фіксатори гальмівної камери, від'єднати з'єднання поршневого важеля з регулювальним ричагом та зняти саму гальмівну камеру.

2.3 Створення технічного плану ТО для системи гальмування вантажних транспортних засобів

Під час використання пневматичного гальмівного механізму відбувається стирання його компонентів, що призводить до зміни розмірів проміжків і натяження. Це може спричинити погіршення гальмівних характеристик та зниження загальної надійності транспортного засобу. Тому, щоб вчасно виявити дефекти та відновити функціональність транспортного засобу, важливо регулярно проводити технічне обслуговування та ремонт пневматичного гальмівного обладнання.

Створимо технічний план обслуговування пневматичного гальмівного механізму. Тестування цього механізму відбувається на професійному обладнанні моделі КИ – 8925. Секвенція тестування є наступною:

Розмістити транспортний засіб на ліфті, встановити пристрої для запобігання коченню та вимкнути двигун.

Оцінити ступінь обертання важеля крана ручного гальма до активації датчика обертання критерій обертання має вписуватися в діапазон 10-12° від його горизонтального розташування. У разі, якщо кут перевищує 12°, виконати налаштування шляхом вивертання датчика з корпусу важеля.

Здійснити оцінку тривалості затримки відмикання електричного живлення накопичувача енергії ця тривалість має становити 4-5 секунд після переміщення важеля крана в опорядковане положення. У разі потреби

скоригувати час відмикання обертанням регулювального резистора у контрольному блоку.

Оцінити обсяг незайнятого руху гальмівної педалі має бути між 23-30 мм, уникаючи будь-яких затискань. У разі потреби налаштувати цей проміжок шляхом коригування довжини регулюючого троса.

Здійснити перевірку рівня тиску у повітряній системі пневматичного гальмівного механізму має бути від 0,5 до 0,75 МПа та виявити зниження тиску за один акт натискання на гальмівну педаль не має перевищувати 0,07 МПа.

Оцінити розмір переміщення поршнів у гальмівних камерах допустимий діапазон становить 15-25 мм.

Налаштувати гальмівну систему для забезпечення її максимально синхронної роботи. Це регулювання виконується за допомогою черв'ячного механізму регулювального ричага. Проміжки між гальмівними колодками та барабанами мають становити 0,4 мм біля розширювального кулака та 0,2 мм у місцях кріплення колодок.

Включити мотор. Розташувати задні колеса авто на вали діагностичного обладнання та вимкнути двигун. При цьому колеса не мають стосуватися обмежувальних роликів.

Провести аналіз гальмівних властивостей коліс шляхом визначення опору їхнього обертання, ефективності гальмування на кожному колесі, швидкості реагування гальм та деформації гальмівних барабанів. Поступовим тиском на гальмівну педаль при тиску в системі 0,7 МПа зафіксувати найвищий показник сили для кожного колеса, що повинен бути не менше 5380 Н. Відмінності у гальмівній силі між лівим та правим колесами не мають перевищувати 20% від найвищої зареєстрованої сили гальмування на обладнанні. При відсутності натиску на педаль гальма відхилення індикатора від початкової позначки не повинно перевищувати 5 поділок.

Оцінити амплітуду руху поршнів у гальмівних камерах. Допустимий діапазон руху цих поршнів становить від 15 до 25 мм.

За потреби налаштувати гальмівну систему для досягнення найвищої ефективності гальмування і мінімізації відмінностей у реакції гальм. Це регулювання виконується за допомогою черв'яка на регулювальному ричагу.

Відстань між гальмівними колодками та барабанами повинна бути 0,4 мм у районі розширювача і 0,2 мм біля вісей колодок.

Перевірити функціональність ручного гальма та загальну силу гальмування на колесах задньої осі. При поступовому відпусканні рукоятки ручного гальма, загальна ефективність гальмування на колесах має складати не менше 8160 Н.

Заповнити формуляр діагностики під час проведення діагностичних робіт.

2.4 Концепція та вибір ключового устаткування для секції технічного обслуговування та аналізу гальмівних систем вантажних автомобілів

Ключове устаткування для секції ТО та аналітики гальмівних систем було відібране згідно із стандартними схемами, виходячи із рівня складності робіт та кількості транспортних засобів, які підлягають обслуговуванню, кількості технічних фахівців, запланованої кількості робочих станцій, а також виробничих вимог.

Список важливого технічного устаткування наведено в таблиці 2.1.

2.5 Визначення площі виробничого простору секції

Під виробничою площею секції розуміють простір, який займають головне технічне устаткування, додаткове устаткування, компоненти та збірні елементи, а також коридори, робочі зони на робочих станціях.

Обчислення площі для виробничого простору секції ТО та діагностики гальмівних систем здійснюється за наступною формулою:

$$F = f_o \cdot \kappa_3$$

$$f_o = 33,3 \text{ м}^2;$$

$$\kappa_3 = 3,4.$$

Таблиця 2.1. Список важливого технічного устаткування

Найменування обладнання	Марка	Кість	Габарити	Площа, м ²	Потужність, кВт
Стенд для перевірки гальмівних характеристик	К-492	1	5,0×3,5	17,5	16,2
Пульти керування гальмівним стендом	ПК-К-492	1	0,8×0,5	0,4	1,2
Автоматична повітре-роздавальна колонка	С413	1	1,5×1,2	1,8	3,6
Установка для витяжки відпрацьованих газів	ВВГ-130	1	1,3×1,1	1,43	2,1
Прилад для перевірки вільного та робочого ходу педалі гальма	К446	1	–	–	–
Механізм відкривання воріт	МВ-57	2	1,5×0,8	2,4	3,6
Стелаж для пристосувань	ОРГ15800 7-035	1	1,3×0,5	0,65	–
Ящик для інструментів	В/в	1	0,4×0,6	0,24	–
Підставка	ОРГ1468- 02	2	1,5×0,1	0,3	–
Верстак слюсарний	ОПР2280	1	1,8×0,7	1,26	–
Стелаж	ОРГ14680 07-035	1	1,3×0,5	0,65	–
Стіл металевий	ОРГ1408- 05	1	1,5×0,9	1,35	–
Тумбочка інструментальна	В/в	2	0,4×0,8	0,32	–
Разом				33,3	26,7

Тоді

$$F = 33,3 \cdot 3,4 = 112,2 \text{ м}^2.$$

Устаткування для секції технічного обслуговування та аналізу гальмівних систем розміщуємо згідно з нормами чинного законодавства, а також правилами безпеки та гігієни на виробництві. Розробляємо план розташування технологічного обладнання секції, базуючись на обчисленій площі.

2.6 Обчислення індикаторів економічної доцільності

Для проведення професійного розрахунку економічної ефективності використання енергоакумулятора в вантажному автомобілі, потрібно врахувати кілька ключових параметрів та здійснити розрахунки. Ось базові кроки, які слід виконати:

Визначення витрат на придбання та установку енергоакумулятора:

Вартість самого енергоакумулятора.

Вартість його установки (якщо вона не входить у вартість енергоакумулятора).

Розрахунок економії від використання енергоакумулятора:

Економія пального завдяки більш ефективному гальмуванню.

Зниження витрат на обслуговування гальмівної системи.

Подовження терміну служби гальмівних елементів.

Розрахунок терміну окупності:

Визначення загальних економій за рік.

Порівняння загальних економій з витратами на придбання та установку.

Додаткові фактори:

Вплив на безпеку руху.

Вплив на довкілля.

Можливі податкові пільги чи субсидії за використання енергоефективного обладнання.

Розглянемо прикладний розрахунок:

Припустимо, вартість енергоакумулятора з установкою становить 10,000 грн. Щорічна економія пального оцінюється у 2000 грн, а зниження витрат на

обслуговування складає 1000 грн. Тоді загальна щорічна економія становитиме 3000 грн.

Термін окупності = Вартість енергоакумулятора / Щорічна економія = $10,000 / 3000 \approx 3.33$ року.

Це базовий розрахунок і він може бути ускладнений в залежності від додаткових факторів та конкретних умов експлуатації автомобіля.

Обчислення обсягу інвестицій:

$$K = C_y^u \cdot A_u = 1164 \cdot 68 = 79152 \text{ грн.}$$

Обчислення загальних витрат:

$$P_z = C_y^u + 0,15 \cdot K, \quad (2.1)$$

$$P_z = 1164 \cdot 68 + 0,15 \cdot 79152 = 91024,8 \text{ грн.}$$

Період повернення інвестицій:

$$T = \frac{K}{\Sigma C_i}, \quad (2.2)$$

$$T = \frac{79152}{23500,8 + 1860 + 4320} = 2,6 \text{ років.}$$

Внаслідок здійснення обчислень було визначено ключові пункти витрат та прибутків, що виникають у зв'язку з впровадженням удосконаленої моделі пружинного накопичувача енергії. Період відшкодування витрат на проект становить 2,6 року. Як джерела для фінансування, звичайне підприємство може застосовувати як позичені, так і власні фінансові ресурси.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обчислення винтового дуету пристрою для механічного знегальмовування

Основна причина виходу з ладу різьбових з'єднань полягає у відриві спіралей. Тому пріоритетом у визначенні їхньої ефективності та проектуванні є витривалість, що пов'язана з напруженнями відриву τ . В з'єднанні гвинт піддається впливу сили розтягнення. З цієї причини важливо здійснити розрахунки гвинта з урахуванням нормальних напружень розтягнення. Таким чином, критерій витривалості для центрального розтягнення виглядає так:

$$\delta = \frac{4 * F}{\pi * d^2} \leq \delta_{\max}, \quad (3.1)$$

Індекс найбільшого напруження розтягнення відображає найвищі дозволені навантаження, беручи до уваги фактор запасу міцності:

$$\delta_{\max} = \frac{[\delta]}{k}, \quad (3.2)$$

Ст.3 $[\delta] = 100$ МПа; $k = 1,5-1,8$.

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot F}{\pi \cdot [\delta]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 7840}{\pi \cdot 100 \cdot 10^6}} \approx 0,012 \text{ м,}$$

Вводячи формулу (3.2) у рівняння (3.1), ми отримаємо:

Вибираємо діаметр винта як $d = 12$ мм.

Обчислення довжини різьблення в кришці електромагніту проводимо згідно з критерієм міцності різьблення щодо відриву:

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot H \cdot K \cdot K_m} \leq \tau_{\max}, \quad (3.3)$$

$K = 0,87$. $K_m = 0,65$.

$$\tau_{\max} = \frac{[\tau]}{K_1}, \quad (3.4)$$

Ст. 3 $[\tau] = 100$ МПа; $k_1 = 1,8-2,0$;

Вводячи формулу (3.4) у рівняння (3.3), ми прийдемо до наступного висновку:

$$H \geq \frac{K_1 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot K \cdot K_m \cdot \tau_{\max}} = \frac{2 \cdot 7840}{\pi \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87 \cdot 0,65 \cdot 100 \cdot 10^6} \approx 0,008 \text{ м,}$$

В кінцевому підсумку обираємо висоту H рівною 8 мм.

3.2 Обчислення з'єднання поршневої напрямної, виконаного методом клепаання

Поршнева напрямна з'єднується з циліндром акумулятора енергії через клепане сполучення. У стані розгальмовування, поршень акумулятора енергії передає поршневій напрямній силу від стиснутої силової пружини. Внаслідок цього, клепане сполучення відчуватиме розтяжні навантаження. Таким чином, при розрахунках заклепок слід орієнтуватися на нормальні напруження розтяжки. В такому випадку, критерій міцності для централізованого розтяжки матиме такий вигляд:

$$\sigma = \frac{4 \cdot N}{\pi \cdot d^2} \leq \sigma_{\max}, \quad (3.5)$$

Індикатор найвищого розтяжного напруження визначає найбільш припустиме навантаження, зважаючи на фактор безпеки міцності:

$$\sigma_{\max} = \frac{[\sigma]}{k}, \quad (3.6)$$

Навантаження, що діє на кожну окрему заклепку, розраховується шляхом поділу сили стиснутої силової пружини на кількість заклепок у сполученні:

$$N = \frac{F}{n}, \quad (3.7)$$

$$F = 800 \text{ кг} = 7840 \text{ Н};$$

Включивши формули (3.7) та (3.6) у рівняння (3.5) і вибравши кількість заклепок $n = 5$ при коефіцієнті запасу $k = 2$, отримаємо наступне:

$$\delta = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2 \cdot n} \leq \frac{[\delta]}{k}, \quad (3.8)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot F}{\pi \cdot n \cdot [\delta]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 7840}{\pi \cdot 5 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,0059 \text{ м} = 5,9 \text{ мм},$$

прийmemo $d = 6 \text{ мм}$.

3.3 Обчислення з'єднання корпусу електромагніту, виконаного методом клепки

Оболонка електромагніту піддається періодичним навантаженням у формі обертального опору, спричиненого вивертанням гвинта механічного знегальмовування. Клепане сполучення в зібраному вигляді витримує навантаження подібно до болтового з'єднання, встановленого без проміжків. Під час обчислення міцності сполучення сили тертя на стику ігноруються. Циліндричний елемент розраховується на основі напружень відриву. Критерій міцності:

$$\tau = \frac{F_t}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot i} \leq \tau_{\max}, \quad (3.9)$$

$$F_t = \frac{T_T}{r_3}, \quad (3.10)$$

$$T_T = 0,5 \cdot F \cdot d_2 \left[\left(\frac{D_{\varphi}}{d_2} \right) \cdot f + \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \right], \quad (3.11)$$

$$\psi = 3^\circ; \varphi = 10^\circ.$$

Вносячи числові дані в формулу (3.11), ми отримуємо наступне:

$$T_T = 0,5 \cdot 7840 \cdot 11,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left[\left(\frac{10,5}{11,5} \right) \cdot 0,2 + \operatorname{tg}(3+10) \right] = 19,6 \text{ Н.}$$

З формули (3.9) випливає наступне:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot K_1 \cdot T_T}{\pi \cdot i \cdot r_3 \cdot [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 19,6}{\pi \cdot 5 \cdot 38 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,0035 \text{ м,}$$

Обираємо діаметр заклепок як $d = 4 \text{ мм}$.

3.4 Обчислення пружини фіксаційного механізму

Для обчислення характеристик пружини встановлюємо первісні критерії: відстань зміщення пружини $h = 6,5 \text{ мм}$; напруга пружини за часу дії $F_2 = 20 \text{ Н}$; напруга при первинній зміні форми $F_1 = 12 \text{ Н}$; враховуючи діаметр золотника, обираємо внутрішній діаметр пружини $D = 16 \text{ мм}$.

Вибираємо пружину першого класу, першого розряду з $\tau = 750 \text{ МПа}$. Виходячи з того, що середній діаметр пружини D перевищує 16 мм , і вибираючи діаметр дроту $d = 1,5 \text{ мм}$, встановлюємо $s = 15$, $k = 1,16$. Таким чином, напруга пружини при найбільшій зміні форми:

$$F_3 = \frac{F_2}{1-\delta}, \quad (3.12)$$

$\delta = 0,05-0,25$.

$$F_3 = \frac{20}{1-0,1} = 22,2H$$

Розмір перетину проволочки:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k \cdot c \cdot F}{[\tau]}}, \quad (3.13)$$

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{1,16 \cdot 15 \cdot 22,2}{750}} = 1,15 \text{ мм}$$

Встановлюємо d рівним 1,2 мм.

Зовнішні та внутрішні розміри діаметру пружини:

$$D_з = D + d; D_в = D - d. \quad (3.14)$$

Розмір серединного діаметра пружини:

$$D = d \cdot c \quad (3.15)$$

тоді

$$D = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ мм},$$

$$D_з = 18 + 1,2 = 19,2 \text{ мм},$$

$$D_в = 18 - 1,2 = 16,8 \text{ мм}.$$

Жорсткість пружини:

$$z = \frac{F_2 - F_1}{h} = \frac{F_2}{\lambda_2}, \quad (3.16)$$

$$z = \frac{20 - 12}{6,5} = 1,2 \text{ Н / мм.}$$

Ефективна зміна форми:

$$\lambda_1 = \frac{F_1}{z}, \quad (3.17)$$

$$\lambda_1 = \frac{12}{1,2} = 10 \text{ мм.}$$

Деформація робоча:

$$\lambda_2 = \frac{F_2}{z}, \quad (3.18)$$

$$\lambda_2 = \frac{20}{1,2} = 16,7 \text{ мм}$$

Деформація максимальна:

$$\lambda_3 = \frac{F_3}{z}, \quad (3.19)$$

$$\lambda_3 = \frac{22,2}{1,2} = 18,5 \text{ мм}$$

Жорсткість одного витка:

$$z_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot c^3} = \frac{10^4 \cdot d}{c^3}, \quad (3.20)$$

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

$$z_1 = \frac{10^4 \cdot 1,2}{15^3} = 3,6 \text{ Н / мм.}$$

Обираємо пружину №239 з напругою при найвищій деформації (до контакту обертів) $F_{\max} = 24 \text{ Н}$; $d = 1,2 \text{ мм}$; $D_H = 20 \text{ мм}$; $D = 18 \text{ мм}$; $z_1 = 7,5 \text{ Н/мм}$; максимальне вигинання одного оберту $\lambda_{\max} = 3,052 \text{ мм}$.

Розрахуємо інші характеристики пружини.

Кількість робочих витків:

$$n_p = \frac{z_1}{z} = \frac{3,6}{1,2} = 3 \quad (3.21)$$

3.5 Обчислення електромагніту для керування механізмом блокування поршня

На основі конструкційних характеристик та особливостей акумулятора енергії, а також зважаючи на взаємодію його окремих елементів, встановлюємо початкові загальні розміри електромагніту відповідно до зображення 3.2.

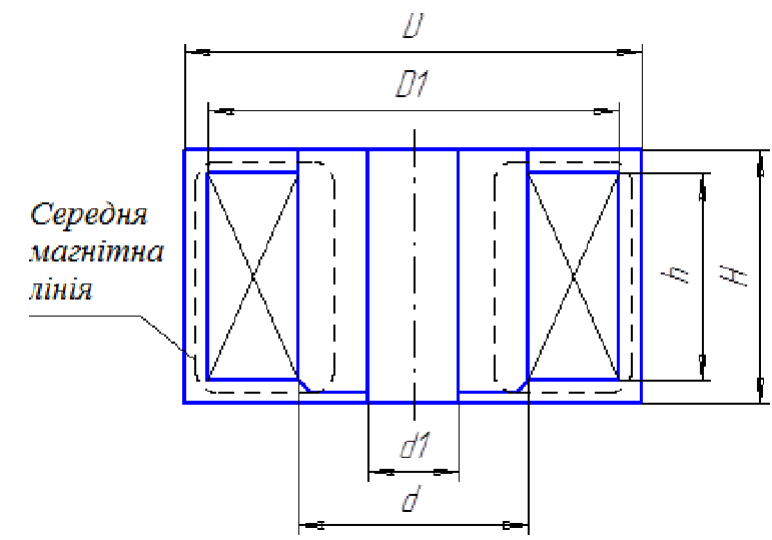


Рис. 3.1. Схема для обчислення магнітного шляху електромагніту.

Обрані загальні розміри електромагніту:

$$D = 60 \text{ мм}; D_1 = 54 \text{ мм}; d = 30 \text{ мм}; d_1 = 14 \text{ мм}; H = 33 \text{ мм}; h = 27 \text{ мм}.$$

Обчислювальна сила електромагніту $F = 20 \text{ Н}$.

Обчислення електромагніту проводимо за допомогою методу верифікаційного обчислення, виходячи з обраних параметрів і розмірів. На основі результатів обчислень робиться висновок про потребу в корекції вибраних величин і характеристик.

Протяжність магнітного шляху вздовж серединної магнітної траєкторії.

$$l'_c = 2\left(\frac{H+h}{2}\right) + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{D-D_1}{2} - \frac{d+d_1}{2}\right), \quad (3.22)$$

$$l'_c = 2\left(\frac{33+27}{2}\right) + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{60-54}{2} - \frac{30+14}{2}\right) = 78 \text{ мм.}$$

Обчислюємо дієву площу перетину магнітного шляху:

$$S_{ce} = \frac{l'_c}{\frac{H+h}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 + D_1^2)} + \frac{H+h}{2 \cdot \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{D-D_1}{2} - \frac{d-d_1}{2}\right) \cdot \ln\left(\frac{D+D_1}{d+d_1}\right)}{\pi \cdot (H-h) \cdot \left(\frac{D+D_1}{2} - \frac{d-d_1}{2}\right)}}, \quad (3.23)$$

Вводячи обрані параметри у формулу (3.5), ми отримаємо наступне:

$$S_{ce} = \frac{78}{\frac{33+27}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (60^2 - 54^2)} + \frac{33+27}{2 \cdot \frac{\pi}{4} (30^2 - 14^2)} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{60+54}{2} - \frac{30-14}{2}\right) \cdot \ln\left(\frac{60+54}{30+14}\right)}{\pi \cdot (33-27) \cdot \left(\frac{60+54}{2} - \frac{30+14}{2}\right)}} = 587 \text{ мм}^2.$$

Обчислення характеристик обмотки електромагніту. Необхідний рівень магнітної індуктивності:

$$F = \frac{B^2 \cdot S_{ce}}{2\mu_0}, \quad (3.24)$$

Тоді

$$B = \sqrt{\frac{2 \cdot F \cdot \mu_0}{S_{ce}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{5.87 \cdot 10^{-4}}} = 0.29 \text{ Тл.} \quad (3.25)$$

Розраховуємо потрібну кількість ампер-завитків, застосовуючи підхід, описаний:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I\omega}{l_{nos}}, \quad (3.26)$$

Виходячи з розміру повітряного проміжку 6,5 мм, отримаємо наступне:

$$I\omega = \frac{B \cdot l_{nos}}{\mu_0} = \frac{0,29 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} = 1500 \text{ А.}$$

Кількість обертів у котушці електромагніту:

$$W = \frac{h(D_1 - d)}{2 \cdot d_{np}^2}, \quad (3.27)$$

Вибравши розмір діаметра дроту d_{np} рівним 0,5 мм, отримуємо:

$$W = \frac{27 \cdot (54 - 30)}{2 \cdot 0,5^2} = 1296.$$

Необхідний рівень електричного струму в котушці електромагніту:

$$\Im = \frac{I\omega}{W} = \frac{1500}{1296} = 1,2, \text{ А.}$$

Ми визначимо напругу живлення електромагніта, проведучи розрахунки щодо опору та розміру проводу, який використовується для обмотки. Щоб визначити довжину проводу в обмотці, ми будемо користуватися спеціальною схемою, яка показана на малюнку 3.3.

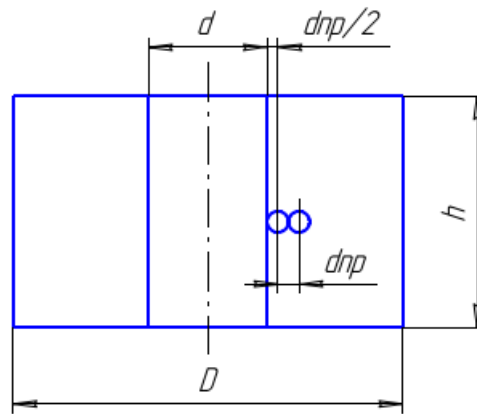


Рис. 3.3. Метод визначення довжини проводу, який використовується для обмотки електромагніту.

Визначення розміру проводу методом обчислення його довжини:

$$l = \pi \cdot \left[\frac{h \cdot (D_1 - d)(d_{np} + d)}{4 \cdot d_{np}^2} + d_{np} \left(\frac{D_1 - d}{2 \cdot d_{np}} - 1 \right) \right] \cdot 10^{-3} \quad (3.28)$$

Після заміни числових значень у виразі (3.28), ми отримуємо наступний результат:

$$l = \pi \cdot \left[\frac{27 \cdot (54 - 30)(0,5 + 30)}{4 \cdot 0,5^2} + 0,5 \left(\frac{54 - 30}{2 \cdot 0,5} - 1 \right) \right] \cdot 10^{-3} = 62, \text{ м.}$$

Проводимо розрахунки щодо опору, який виявляється у обмотці електромагніту:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (3.29)$$

для міді $\rho = 0,017 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

Знаходження площі січення провідника в напрямку поперечного перетину:

$$S = \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4} = \frac{\pi (0,5 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 1,96 \cdot 10^{-7}, \text{ м}^2.$$

Після введення значень у вираз, відповідно до формули (3.5), ми отримаємо:

$$R = 0,017 \cdot 10^{-6} \frac{62}{1,96 \cdot 10^{-7}} = 5,4 \text{ Ом.}$$

Визначення електропостачання для електромагніту:

$$U = \mathfrak{I} \cdot R = 5,4 \cdot 1,2 = 6,5 \text{ В.}$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Аналіз міцностних характеристик поршня

У більшості конструкцій та типів накопичувачів енергії існує загальна характеристика – майже всі використовують еластичний компонент, який зазвичай представлений у формі спіральної пружини. У активному стані (без гальмування) така пружина знаходиться під стиском і утримується в цій позиції через тиск, що діє на поршень від стисненого повітря. Випадки заклинення чи поломки поршня можуть призвести до нездатності виконання гальмування транспортного засобу у робочому режимі та утримання його в парковому режимі. Таким чином, основною метою цього дослідження є оцінка функціональності поршня накопичувача енергії (див. малюнок 4.1).

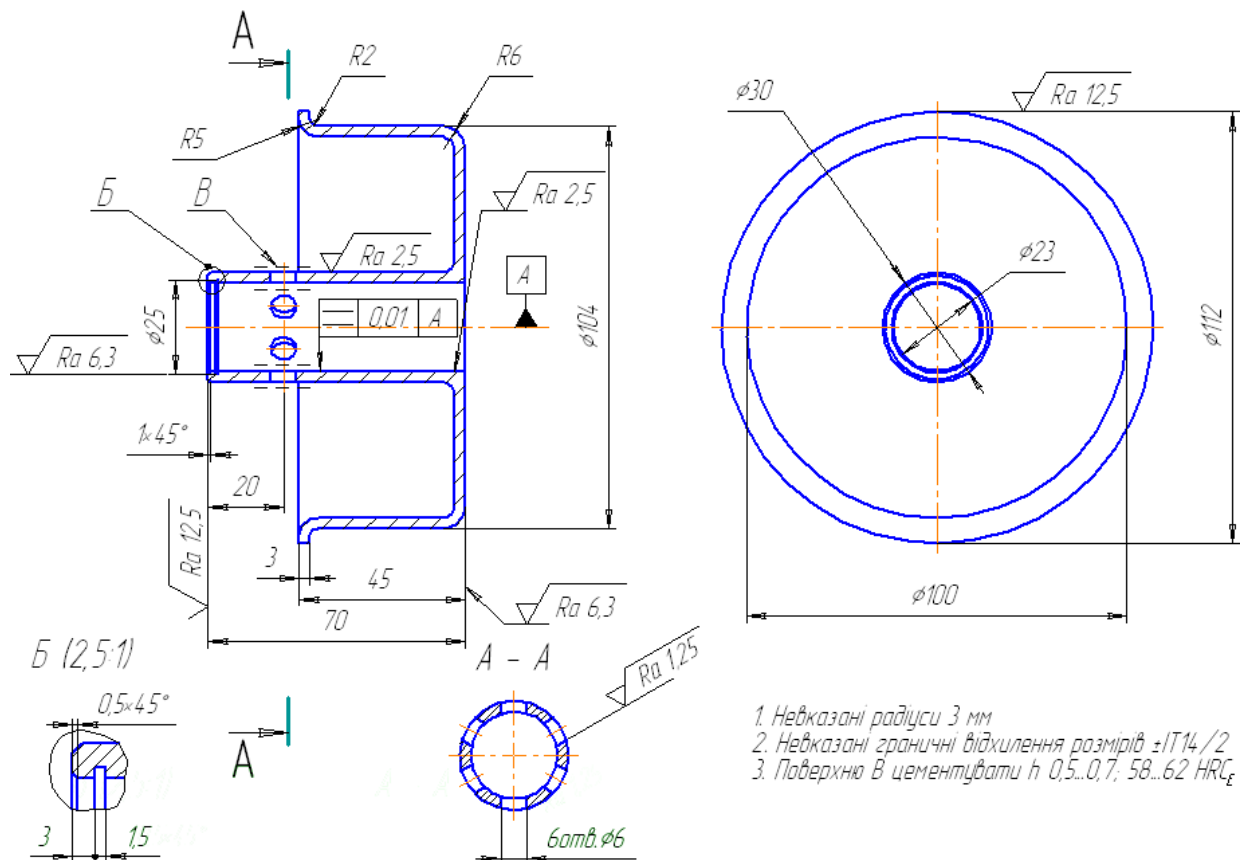


Рис. 4.1. Схема модернізованого поршня в програмі Compas-3D V13 Home.

Пошкодження міцності поршня чи його окремих частин може виникати через надмірне (еластичне чи пластичне) зміщення, втрату стабільності, або

ламання. Один з підходів для всебічного вирішення даної проблеми – це використання методу елементів скінченних розмірів.

Під час роботи з частковими диференціальними рівняннями, головна задача полягає у створенні рівняння, що наближає досліджувану функцію, забезпечуючи чисельну стабільність, тобто гарантуючи, що помилки вхідних даних та проміжних розрахунків не ведуть до неадекватних висновків. Існує багато методів для досягнення цієї мети. Програми, що використовують метод скінченних елементів, надають широкий спектр варіантів для управління складністю як моделювання, так і аналізу систем. У більшості технічних програм можна регулювати рівень точності та часові рамки, необхідні для виконання розрахунків, за необхідності.

Однією з таких програм є система тривимірного твердотілого параметричного проектування SolidWorks, а конкретніше, її розширення SolidWorks Simulation. Цей софт використовує геометричну конструкцію компоненту, створену в SolidWorks, для побудови обчислювальної моделі. Інтегрованість SolidWorks Simulation з основною програмою SolidWorks спрощує процедури, пов'язані з унікальними аспектами скінченно-елементного наближення.

Аналіз міцності поршня розпочинається із вибору його виготовлювального матеріалу – сталі 20. Таким чином, із бібліотеки SolidWorks обрано сталь AISI 1020 з межею міцності при розтягуванні 420,507 МПа та межею текучості 351,571 МПа (див. малюнок 4.2).

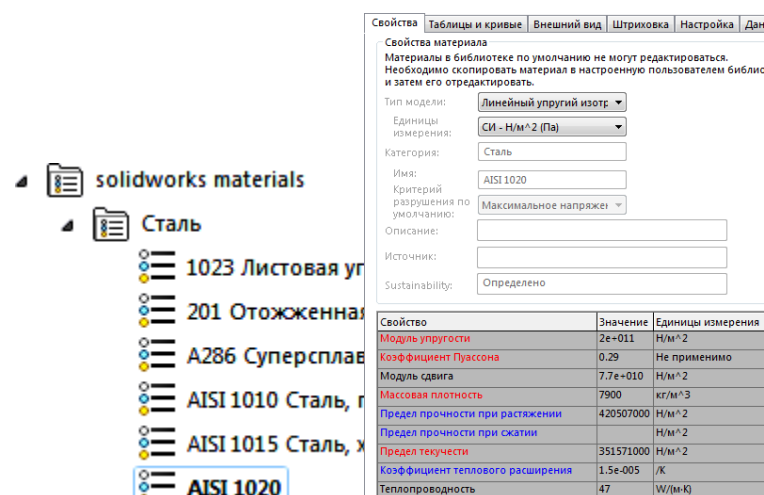


Рис. 4.2. Визначення матеріалу для поршня з каталогу SolidWorks.

Для виконання статичного аналізу було здійснено фіксацію моделі поршня (див. малюнок 4.3, а). Навантаження було застосовано у випадку його рівномірного розподілу по поршню ($9052/6 = 1509$ Н) після зазначених деформацій (див. малюнок 4.3, б).

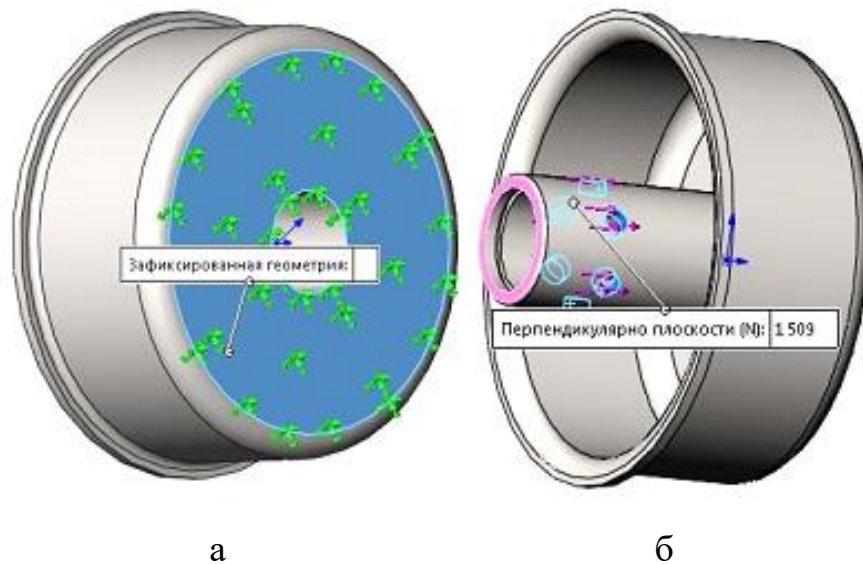


Рис. 4.3. Фіксація моделі поршня (а) та застосування навантажень (б).

Далі йде процес розбиття моделі на сегменти, які з'єднуються у точках з'єднання: програма для аналізу методом скінченних елементів розглядає модель як мережу (4 точки Якобіана; розмір сегмента 4.96785 мм; допустиме відхилення 0.248392 мм; загальна кількість точок з'єднання 15646; загальна кількість сегментів 7656; максимальне співвідношення розмірів 13.105; відсоток сегментів зі співвідношенням розмірів менше трьох – 94.4) – див. малюнок 4.4.

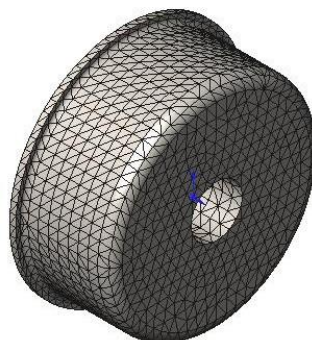


Рис. 4.4. Модель поршня у вигляді скінченно-елементної мережі твердого тіла.

За результатами статичного аналізу виявлено, що для поршня максимальні вузлові напруження за Von Mises, максимальні зміщення URES та еквівалентні зміни форми ESTRN становлять, відповідно, 625,877 МПа (точка 15415 – див. малюнок 4.5, а), 0.00924603 мм (точка 48) і 0.000211043 мм (сегмент 6234), що є нижче дозволених меж. Мінімальний коефіцієнт міцності FOS становить $k = 5,617$ (див. малюнок 4.5, б), що перевищує допустиму межу $[k] = 1,5$. Висновок: поршень є функціональним.

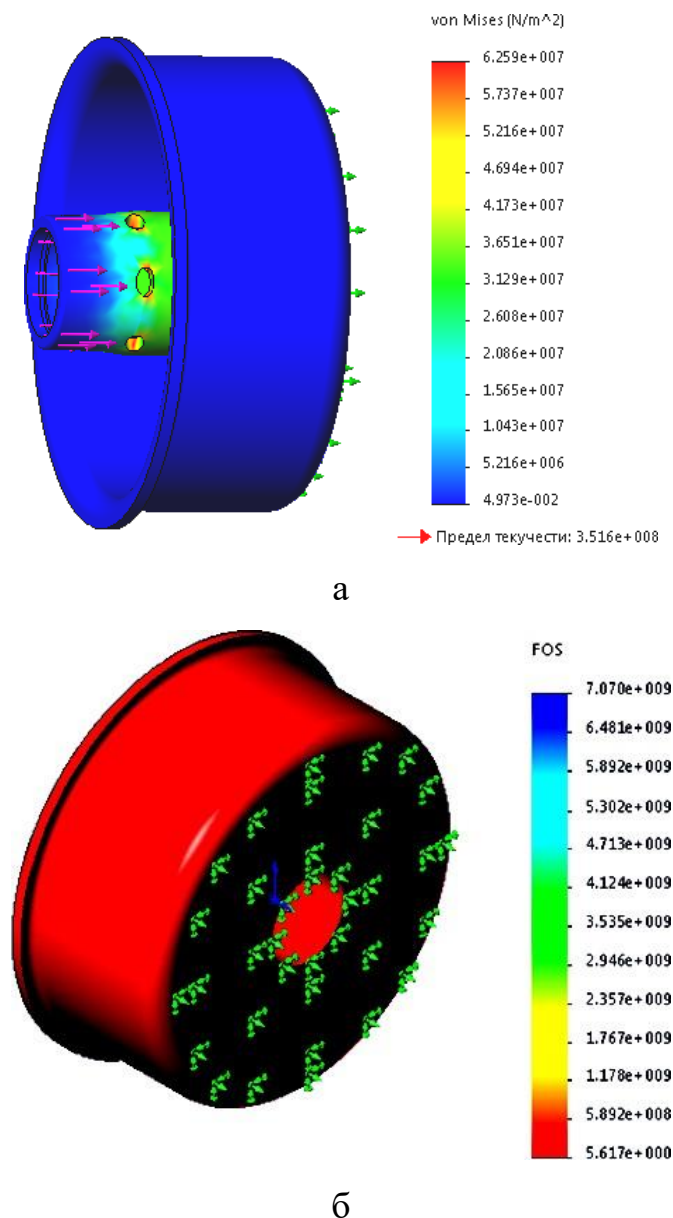


Рис. 4.5. Вузлові напруження за методом von Mises (а) та контурна діаграма міцності FOS моделі поршня (б).

Однак, часто причиною відмови конструкції не є міцність, а втрата стабільності її окремих частин. Таким чином, наступне дослідження поршня,

яке може запобігти його відмові, полягає у аналізі втрати стабільності (рахунки лінійної статички за допомогою методу скінченних елементів).

Втрата первісної стабільності рівноваги для багатьох елементів конструкції є основною причиною їх непрацездатності, що може спричинити катастрофічні наслідки для всієї конструкції. Такі інциденти зустрічаються не рідко. Втрата стабільності навіть малозначущим компонентом конструкції може мати непоправні наслідки для всієї системи в цілому.

Втрата стабільності передбачає фактично повне зниження вантажопідйомності конструкційного компонента, і цей аспект важливий при проектуванні. Передусім важливо уникати таких видів навантажень, що можуть привести до втрати стабільності.

Конструктивні елементи з тонкостінними компонентами, що зазнають осьових навантажень, схильні до згинання навіть при відносно невеликих осьових навантаженнях. Такі конструкції можуть вийти з ладу через втрату стабільності, навіть якщо напруження значно нижчі за критичні. У випадку таких конструкцій, критичне осьове навантаження стає ключовим параметром для проектування (аналіз стабільності не є необхідним для масивних конструкцій, оскільки їх знищення зазвичай відбувається через великі напруження).

Використовуючи SolidWorks Simulation, було виявлено, що найвища амплітуда вібрацій становить $a = 0,00122695$, точка 52 (див. малюнок 4.6, а).

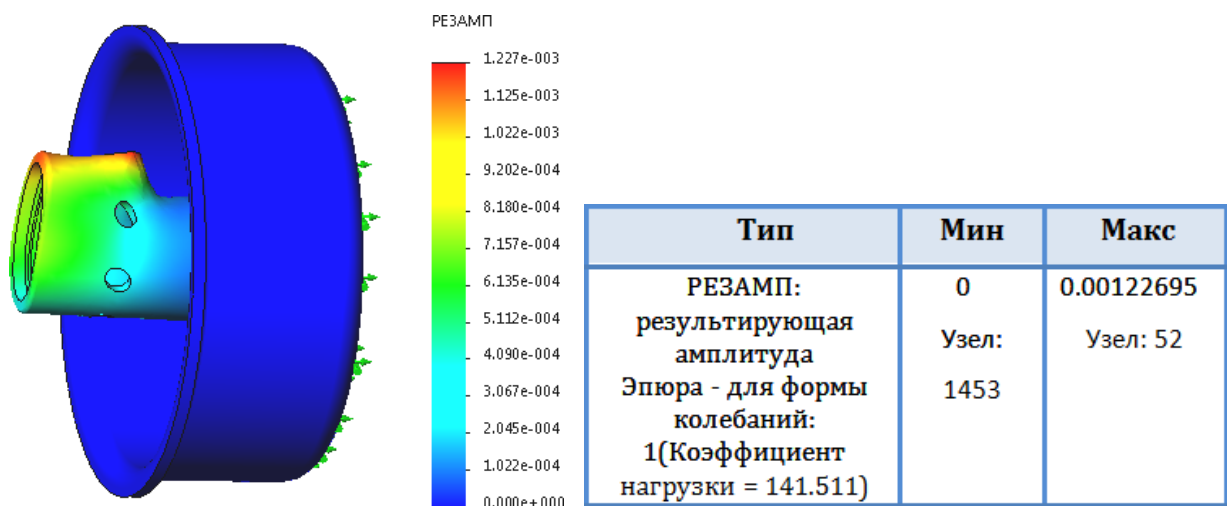


Рис. 4.6. Отримана амплітуда (а) та коефіцієнт міцності в разі втрати стабільності (б) для поршня

Коефіцієнт міцності при потенційній втраті стабільності дорівнює 141,51 (див. малюнок 4.6, б), що свідчить про те, що втрата стабільності поршня не відбувається (при рівномірному розподілі навантаження на поршень коефіцієнт міцності становить 374,46).

4.2 Аналіз міцності кришки корпусу електромагнітного блоку

Кришка оболонки електромагніту (пункт 16 на малюнку 1.1; малюнок 4.7) забезпечує фіксацію цього компонента.

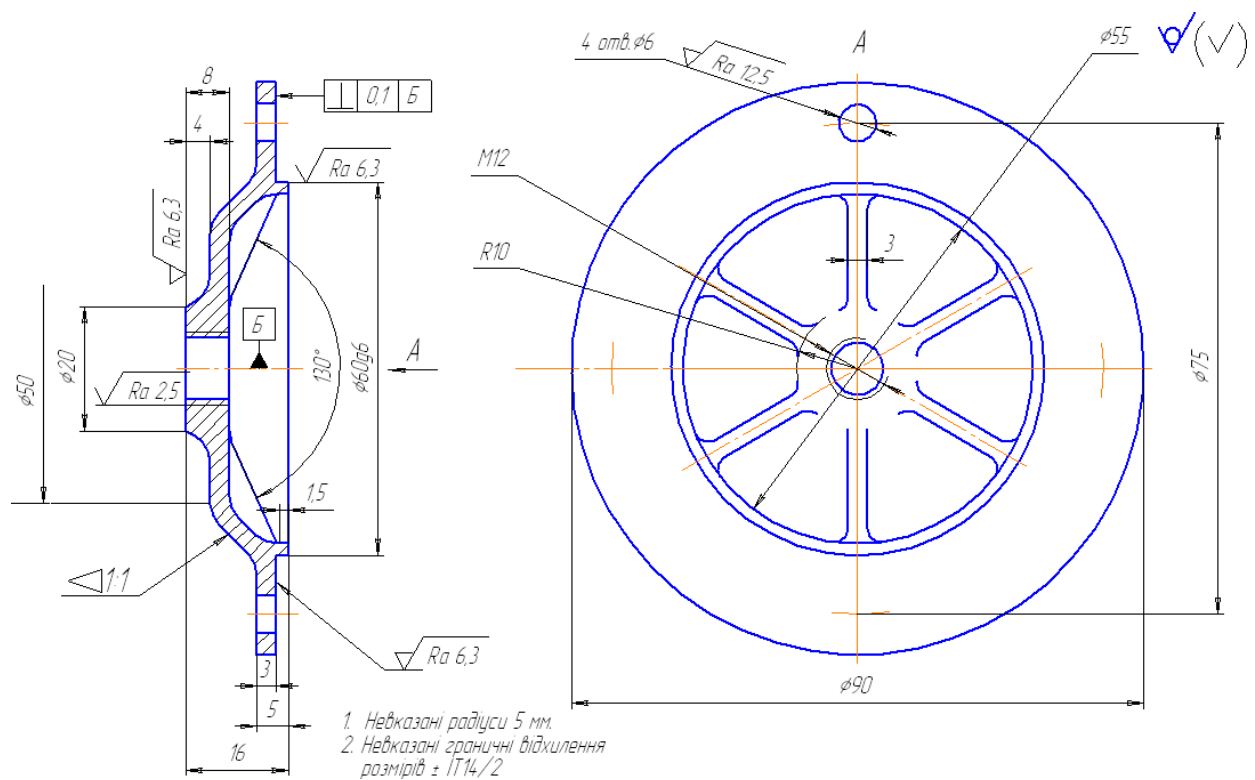


Рис. 4.7. Кришка оболонки електромагніту.

Методика скінченних елементів надає точний чисельний підхід для проектування.

Цей процес розпочинається з розробки геометричної моделі кришки (див. малюнок 4.8).

Далі йде етап визначення матеріалу для кришки (сталь 45) із каталогу SolidWorks (див. малюнок 4.8, а). Для реалізації статичного аналізу було

виконано фіксацію моделі (див. малюнок 4.8, б) та застосування навантаження (див. малюнок 4.10). Навантаження застосовувалось при його рівномірному розподілі по поршню ($9052/4 = 2263 \text{ Н}$).

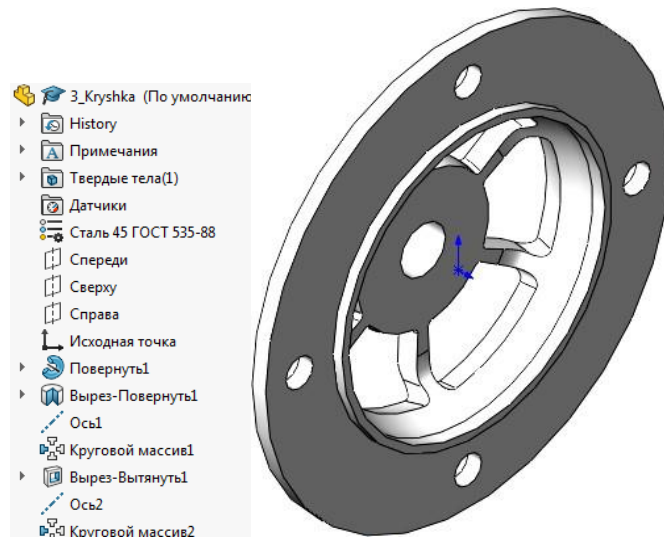
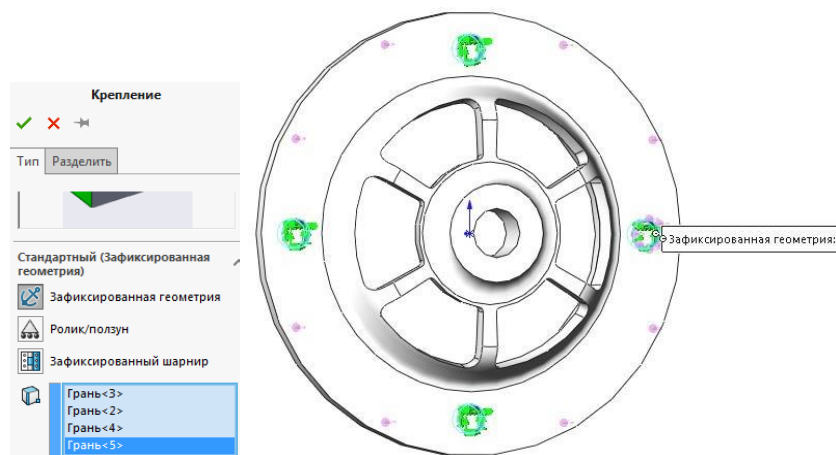


Рис. 4.8. Геометрична модель кришки.

Свойства		
Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости	2.04e+11	Н/м ²
Коэффициент Пуассона	0.3	Не применимо
Модуль сдвига	7.8e+10	Н/м ²
Массовая плотность	7826	кг/м ³
Предел прочности при растяжении	980000000	Н/м ²
Предел прочности при сжатии		Н/м ²
Предел текучести	830000000	Н/м ²
Коэффициент теплового расширения	1.19e-05	/К

а



б

Рис. 4.9. Дoбiр матерiалу для кришки (а) та фiксацiя моделi (б).

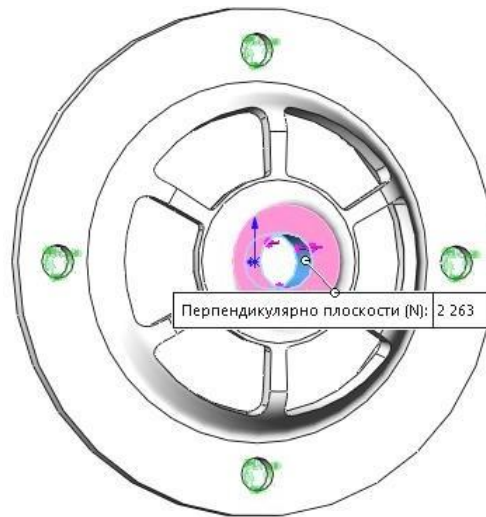


Рис. 4.10. Застосування навантаження на обкладинку

Далі програма розбиває модель на дрібніші простіші сегменти (елементи), що з'єднуються у точках зіткнення (вузлах): програма для аналізу методом скінченних елементів вважає модель мережею окремих пов'язаних елементів (сіткою). Метод скінченних елементів передбачає поведінку моделі, аналізуючи інформацію з усіх елементів, які формують модель. У нашому випадку характеристики сітки представлені на малюнку 4.11.

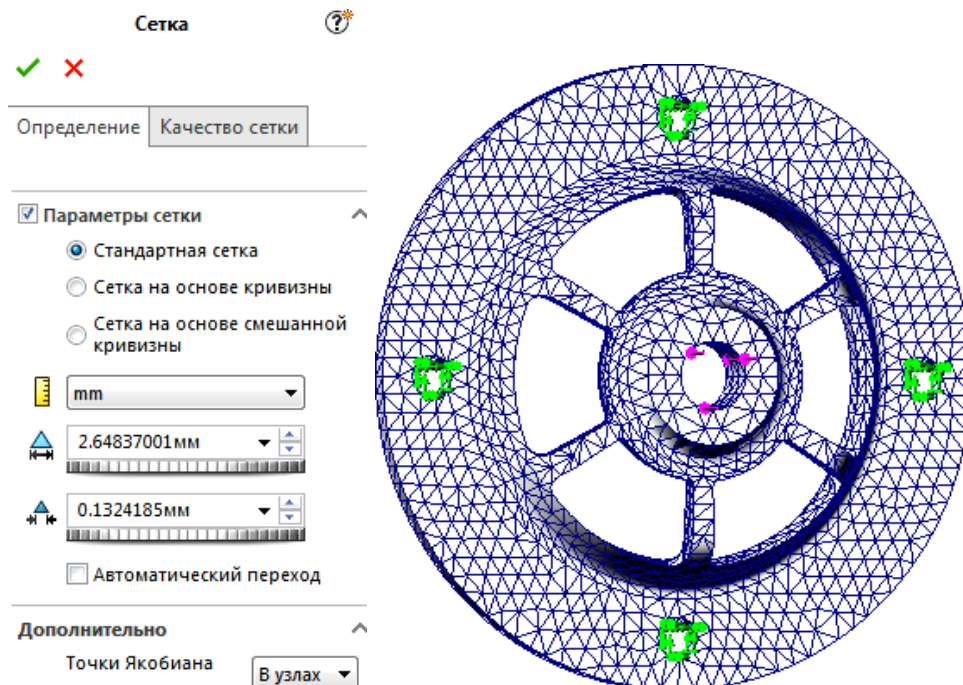


Рис. 4.11. Властивості скінченно-елементної сітки і її прояв на поверхні твердого об'єкта.

В результаті обчислень відображаються за допомогою градієнта кольорів, який ілюструє зміни в розподілі розрахованих параметрів. Ці параметри

включають напруження в моделі кришки (подивитися рисунок 4.12, а), переміщення (подивитися рисунок 4.12, б). деформацію (подивитися рисунок 4.13, а) та запас міцності (подивитися рисунок 4.13, б). Найменший значення коефіцієнта запасу міцності для кришки складає 1,994, що вказує на те, що міцність кришки є задовільною.

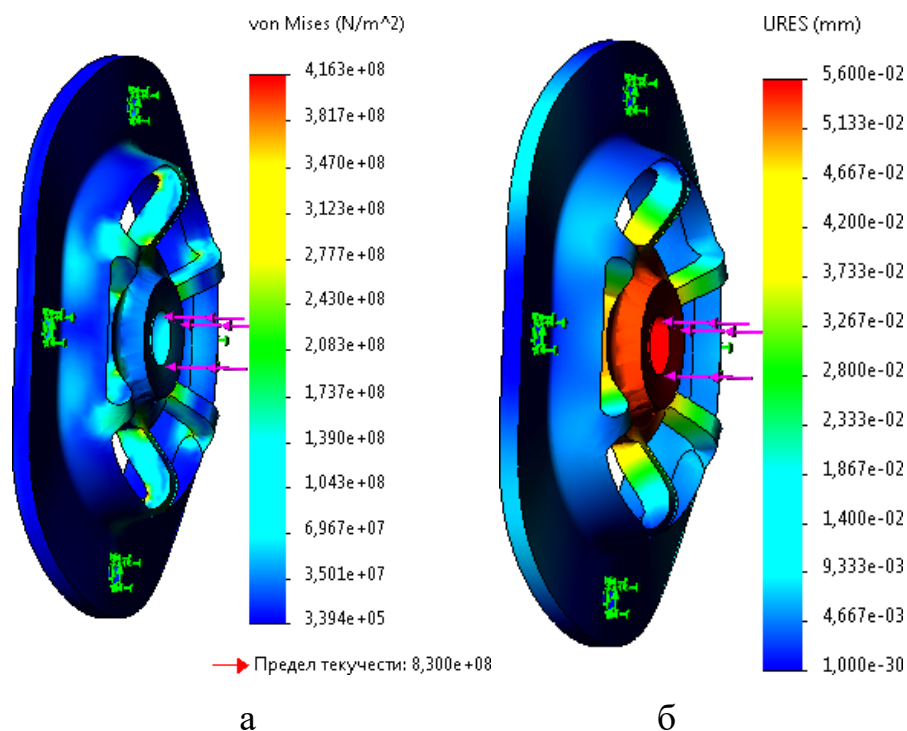


Рис. 4.12. Графіки контурів для сумарних напружень в моделі кришки von Mises (а) та переміщень URES (б).

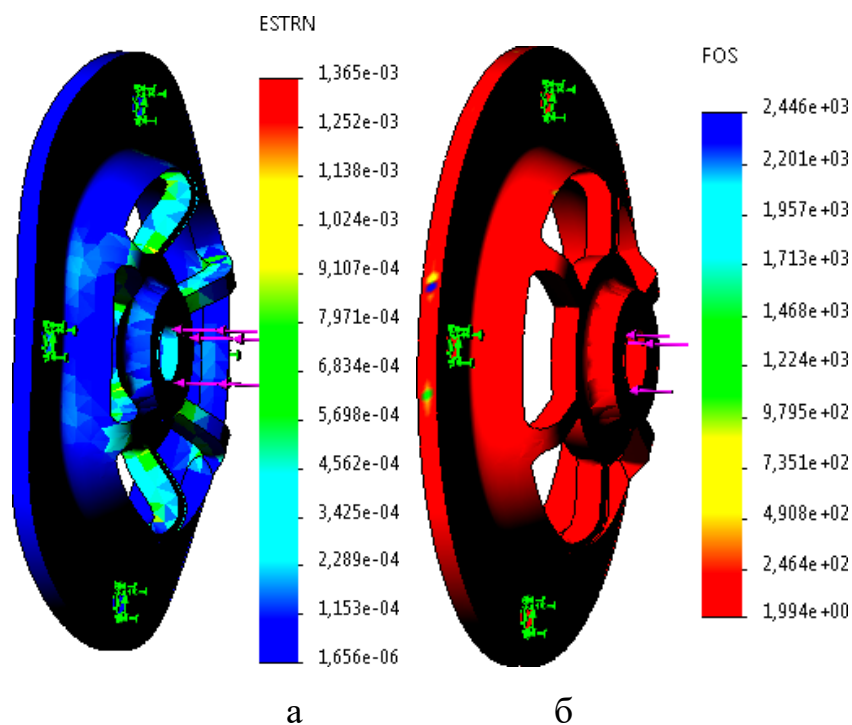


Рис. 4.13. Діаграми зображення деформації в моделі кришки позначені як ESTRN (а), і графіки показників запасу міцності FOS (б).

4.3 Аналіз міцності магнітопроводу корпусу

Схематичне зображення корпусу магнітопроводу (позиція 17 на рисунку 1.1) подається на рисунку 4.14.

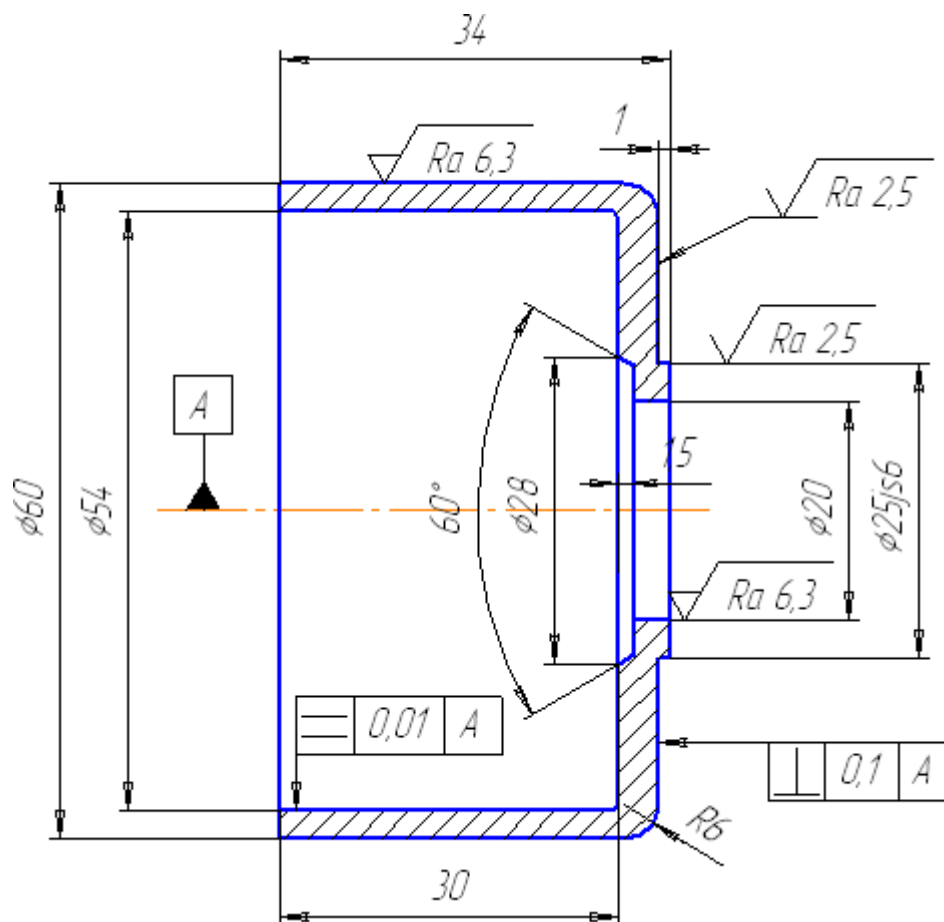


Рис. 4.14. Креслення корпусу магнітопроводу.

сталь електротехнічна нелегована 10864.

Визначили значення сили, необхідної для утримання корпусу магнітопроводу (див. рисунок 4.15);

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления
Зафиксированный-1		Объекты: 1 грани Тип: Зафиксированная геометрия

Рис. 4.15. Сили необхідної для утримання корпусу магнітопроводу.

Визначили область, де діяло навантаження (осьове навантаження від силової пружини $F = 7840 \text{ Н}$ - зображено на рисунку 4.16).

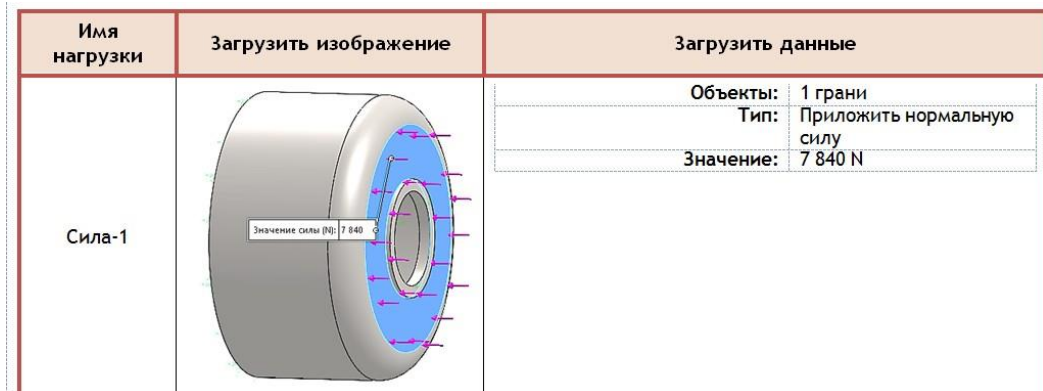


Рис. 4.16. Застосоване навантаження.

Встановили взаємодії, що виникають при контакті, і розробили комп'ютерну модель корпусу магнітопроводу, використовуючи скінченно-елементний метод (див. рисунок 4.17).

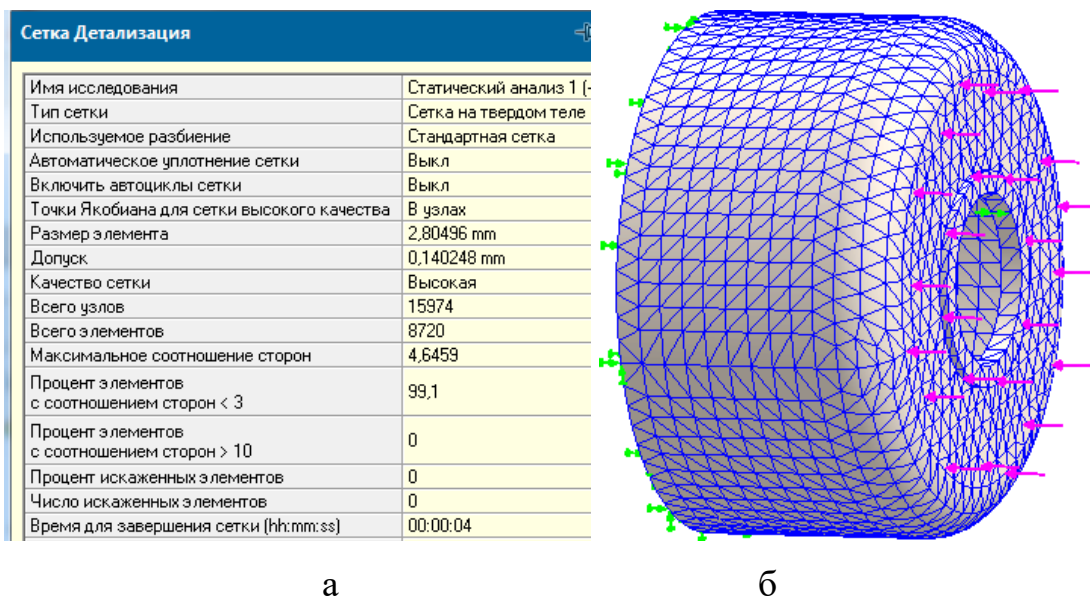


Рис. 4.17. Характеристики мережі (а) і її репрезентація на моделі (б).

Програмне забезпечення SolidWorks Simulation виробило математичні формули, і після їх систематизації знайдені невідомі (див. рисунок 4.18).

Оскільки коефіцієнт надлишкової міцності мінімальний і дорівнює 2,075, то деталь може вважатися працездатною.

Результаты исследования

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	1,370e+04N/m ² Узел: 12117	1,735e+08N/m ² Узел: 3106

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00mm Узел: 254	1,057e-02mm Узел: 5689

Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	5,894e-07 Элемент: 2625	5,138e-04 Элемент: 3563

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	2,075e+00 Узел: 3106	2,628e+04 Узел: 12117

Рис. 4.18. Результат дослідження стійкості корпусу магнітопроводу.

4.4 Аналіз стійкості сердечника

Схематичне зображення сердечника (позиція 18 на рисунку 1.1) представлено на рисунку 4.19.

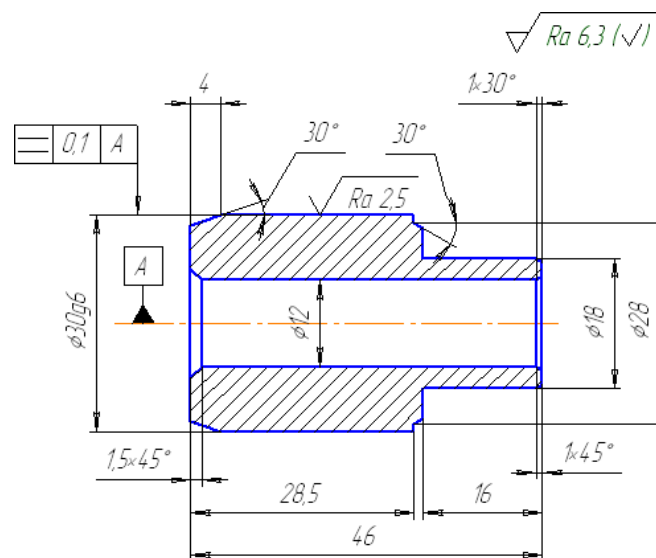


Рис. 4.19. Креслення сердечника.

Інформація про характеристики матеріалу сердечника наведена на рисунку 4.20.

Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости	2.1e+11	Н/м ²
Коэффициент Пуассона	0.28	Не применимо
Модуль сдвига	7.9e+10	Н/м ²
Массовая плотность	7850	кг/м ³
Предел прочности при растяжении	500000000	Н/м ²
Предел прочности при сжатии		Н/м ²
Предел текучести	360000000	Н/м ²
Коэффициент теплового расширения	1.1e-05	/К

Рис. 4.20. Властивості матеріалу сердечника.

Сердечник піддається дії пружини з фіксуючого пристрою, яка виконує зусилля:

В процесі застосування актуальних деформацій $F_2 = 20 \text{ Н}$;

В процесі застосування попередньої деформації $F_1 = 12 \text{ Н}$.

При проведенні розрахунків була вибрана пружина згідно зі стандартом №239, яка діє з силою $F_{\max} = 24 \text{ Н}$, досягаючи максимальної деформації (до зіткнення витків). Для обчислень ми приймаємо значення сили більше - 24Н. Схему навантаження та кріплення сердечника можна побачити на рисунку 4.21.

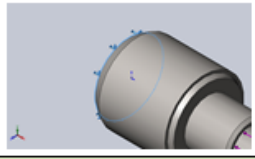
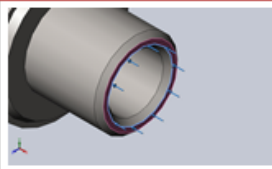
Нагрузки и крепления				
Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты: 1 кромки Тип: Зафиксированная геометрия		
Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	24	1,95093e-05	-3,58336e-05	24
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0
Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные		
Сила-1		Объекты: 1 кромки Справочный: Грань < 1 > Тип: Приложить силу Значения: ---; ---; 24 N		

Рис. 4.21. Спосіб навантаження та метод закріплення сердечника.

Розробка мережі для моделювання твердотільного об'єкта - див. рисунок 4.22.

Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана для сетки высокого качества	В узлах
Размер элемента	1,34576 mm
Допуск	0,0672882 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	76475
Всего элементов	51975
Максимальное соотношение сторон	5,3698
% элементов с соотношением сторон < 3	99,8
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0
Процент искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:08
Имя компьютера:	

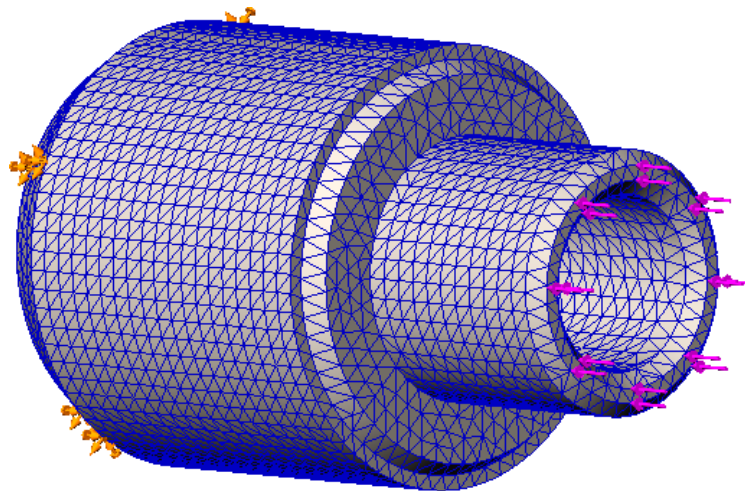


Рис. 4.22. Параметры мережі і спосіб її представлення на поверхні твердого об'єкта.

Результат розрахунку рис. 4.23.

Силы реакции

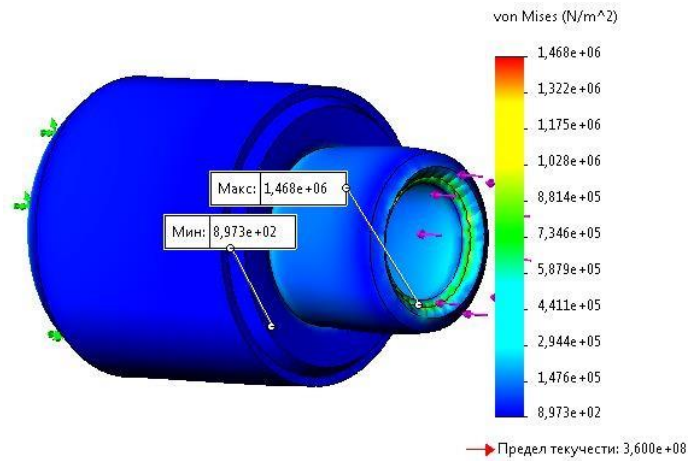
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	24	1,95093e-05	-3,58336e-05	24

Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N.m	0	0	0	0

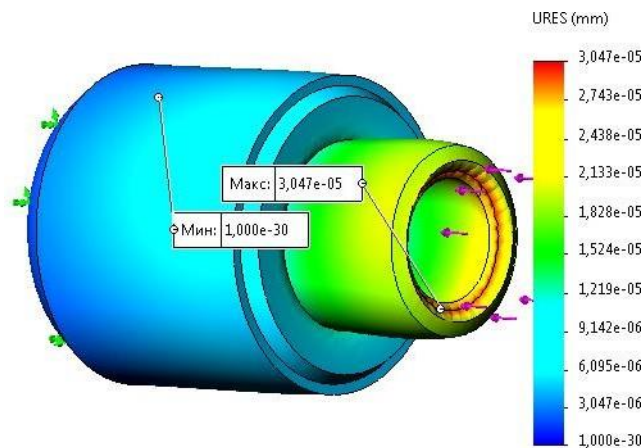
а – силові та обертові реакції.

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	8,973e+02N/m ² Узел: 6792	1,468e+06N/m ² Узел: 76430



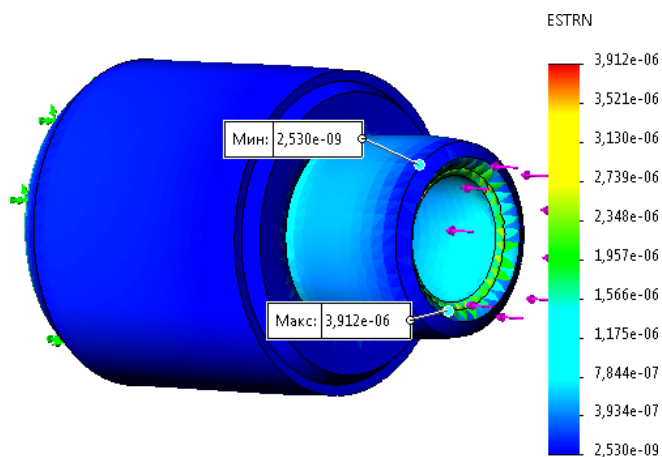
б – вузлове напруження.

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00mm Узел: 775	3,047e-05mm Узел: 8



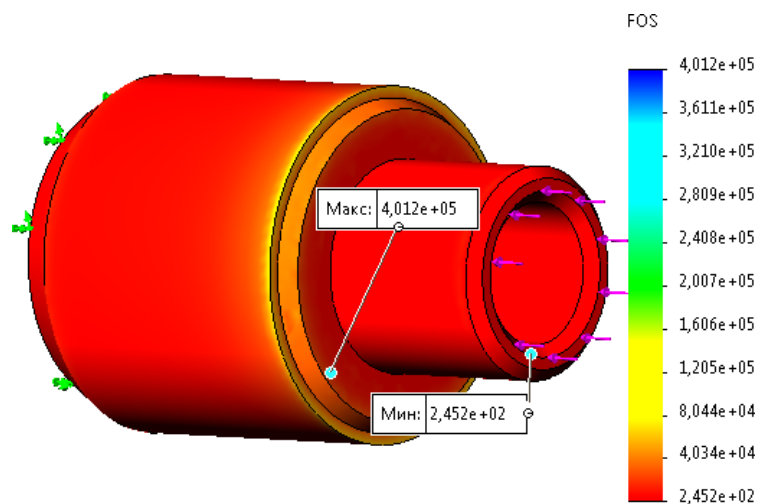
в – розподіл переміщень URES.

Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	2,530e-09 Элемент: 39386	3,912e-06 Элемент: 6151



г – величина деформації сердечника у відповідних одиницях виміру, що еквівалентна даній ситуації ESTRN.

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	2,452e+02	4,012e+05



д – показник надлишкової міцності

Рис. 4.23. Отримані в результаті аналізу сердечника

Визначено, що мінімальний показник надлишкової міцності перевищує припустимий рівень.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Протипожежна безпека

Протипожежна безпека означає стан об'єкту, при котрому виключається можливість запалювання і пожежі, а у випадку його виникнення виключається вплив на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей.

У відповідності по ступеню пожежної безпеки відноситься до категорії "Г".

В комплексі діагностики є ворота і дверні пройми через які може здійснюватися евакуація людей і рухомого складу.

Пожежні крани внутрішнього протипожежного водопроводу у всіх помешканнях обладнанні рукавами і стволами, розміщеними у шафі.

Зона діагностики забезпечена вогнегасниками з розрахунку один вогнегасник на п'ятдесят квадратних метрів площі, але не менше двох на кожне помешкання. Крім того, разом з вогнегасниками встановлені ящики з сухим просіяним піском з розрахунку один ящик ємкістю $0,5 \text{ м}^3$ на 100 м^2 площі, але не менше одного на кожне окреме помешкання.

На підприємстві організована добровільна пожежна дружина (ДПР), що слідкує за виконанням правил пожежної безпеки. За ДПР закріплені всі пожежні щити і засоби пожежогасіння.

На всіх робочих місцях вивішені плани евакуації людей і обладнання на випадок пожежі.

Спецодяг зберігається в металевих шафах.

5.2 Розрахунок вентиляції і освітлення головного виробничого корпусу

Для визначення кількості повітря, необхідного для розбавлення газових шкідливостей до допустимих концентрацій визначимо спочатку витрати палива одним карбюраторним двигуном за 1 годину при швидкості автомобіля в

помешканні 5 км.год.

$$Q = 0,6 + 0,8 \cdot V_h = 0,6 + 0,8 \cdot 2,445 = 2,556 \text{ кг/год},$$

Кількість окису вуглецю, що виділяється в зоні діагностики за 1 годину роботи карбюраторного двигуна:

$$W_{co} = 15 \cdot Q \cdot \frac{P_{co}}{100} = 15 \cdot 2,556 \cdot \frac{4}{100} = 1,534 \text{ кг/год},$$

Об'єм повітря, необхідний для розчину окису вуглецю визначаємо за формулою:

$$L = \frac{10^6}{20 \cdot K_{co}} \cdot W \cdot \tau \cdot n = \frac{10^6}{20 \cdot 20} \cdot 1,534 \cdot 10 \cdot 1 = 38350 \text{ м}^3/\text{год},$$

$K_{co} = 20 \text{ мг/м}^3$ – граничнодопустима концентрація окислу вуглецю в робочий зоні.

В зоні діагностування встановлені 2 відцентрових вентилятори Ц4-70 6, котрі забезпечують хорошу вентиляцію зони.

Достатнє і правильне освітлення робочих місць має велике значення для підвищення продуктивності праці і зниження травматизму.

В помешканні зони діагностування має місце природне і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через віконні пройоми.

В помешканні зони необхідне освітлення повинно складати $E = 2000 \text{ лк}$.

Використовуючи метод використання коефіцієнту світлового потоку, знаходимо необхідну кількість світильників. Для цього оперуємо формулою

$$\hat{O} = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot u}, \quad (5.1)$$

$$K = 1,5;$$

$$Z = 1,1 ;$$

$$n = 2;$$

З цієї формули маємо

$$N = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\hat{O} \cdot n \cdot u} . \quad (5.2)$$

Для визначення коефіцієнту використання світлового потоку скористаємося формулою

$$i = \frac{S}{H_n \cdot (A + B)} = \frac{324}{4 \cdot (9 + 36)} = 1,5 ,$$

Освітлення здійснюється світильниками типу ОДОР з люмінесцентними лампами типу ЛБ.

$$\text{Для } i = 1,5,$$

$$U = 43\% = 0,43.$$

Світловий потік люмінесцентної лампи типу ЛБ $\Phi = 5220$ лк.

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 324 \cdot 1,1}{5220 \cdot 2 \cdot 0,43} \approx 24 \text{ од.}$$

5.3 Принципи захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій

Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникненні надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і територій зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру невпинно зростає.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій розглядається як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад.

Захист населення і територій є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту, підпорядкованими їм силами та засобами підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, добровільними формуваннями, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливим інтересам громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають як під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, так і воєнних конфліктів.

Зовнішні загрози безпосередньо пов'язані з безпекою життєдіяльності населення і держави у разі розв'язання сучасної війни або локальних збройних конфліктів, виникнення глобальних техногенно-екологічних катастроф за межами України (на землі, в навколоремному просторі), які можуть спричинити негативний вплив на населення та територію держави.

Внутрішні загрози пов'язані з надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру або можуть бути спровоковані терористичними діями.

Організаційні та правові основи захисту громадян, об'єктів виробничого і соціального призначення, докільля від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру викладені у Законі України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».

Там же визначені основні принципи захисту населення:

- пріоритетність завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я людей і докільля;
- безумовного надання переваги раціональній та превентивній безпеці;

- вільного доступу до інформації щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- особливої відповідальності і піклування громадян про власну безпеку, неухильного дотримання ними правил поведінки та дій у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру;
- відповідальності у межах своїх повноважень посадових осіб за дотримання вимог Закону України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру»;
- обов'язковості завчасної реалізації заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру та мінімізацію їх негативних психо-соціальних наслідків;
- урахування економічних, природних та інших особливостей територій і ступеня небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- максимально можливого, ефективного і комплексного використання наявних сил і засобів, які призначені для запобігання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і реагування на них.

Головною метою захисту населення і територій під час надзвичайних ситуацій є забезпечення реалізації державної політики у сфері запобігання і ліквідації їх наслідків, зменшення руйнівних наслідків терористичних актів та воєнних дій.

Основними завданнями у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є:

- здійснення комплексу заходів щодо запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру;
- забезпечення готовності та контролю за станом готовності до дій і взаємодії органів управління у цій сфері, сил та засобів, призначених для запобігання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і реагування на них.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій проводиться спеціальний комплекс заходів, до якого відносяться:

Інформування та оповіщення, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення;

Спостереження за довкіллям, забрудненням харчових продуктів, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими біологічними агентами, забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної! територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю.

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає, у разі необхідності, усе населення відповідно до приналежності (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечних зонах тощо), досягається створенням фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час є основним способом захисту населення і досягаються їх завчасним плануванням.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ під час проектування і експлуатації споруд та інших об'єктів господарювання, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку населення та довкілля.

Медичний захист проводиться для запобігання або зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідемічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження залежно від характеру і ступеня зараження, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних проти-епідемічних та медичних заходів.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, організацію та проведення спеціальної обробки.

Державна стандартизація з питань безпеки у надзвичайних ситуаціях спрямована на забезпечення безпеки та якості продукції та матеріалів відповідно до розвитку науки, техніки та технологій.

Державна експертиза у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій здійснюється стосовно технологічної безпеки об'єктів виробничого та соціального призначення, що можуть спричинити надзвичайні ситуації і вплинути на стан захисту населення і територій.

Державний нагляд і контроль у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій організовується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, до компетенції якого віднесено питання захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, іншими уповноваженими на це органами виконавчої влади;

Декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки здійснюється з метою запобігання надзвичайних ситуацій, а також забезпечення готовності до локалізації надзвичайних ситуацій та їх наслідків.

Одним з основних способів захисту на випадок надзвичайних ситуацій є укриття населення в захисних спорудах.

Захисні споруди (ЗС) призначені для захисту людей від наслідків аварій (катастроф), стихійних лих, а також від уражаючих факторів зброї масового знищення та звичайних засобів нападу, дії вторинних уражаючих факторів.

Захисні споруди поділяються за:

місткістю:

- малої місткості (150–600 осіб);
- середньої місткості (600–2000 осіб);
- великої місткості (більше 2000 осіб). призначенням:
- для захисту населення;

– для розміщення органів управління і медичних установ; місцем розташуванням:

- вбудовані;
- окремо розташовані;
- метрополітени;
- у гірських виробках. термінами будівництва:

- збудовані завчасно;
- швидкоспоруджувані. захисними властивостями:
- сховища;
- протирадіаційні укриття (ПРУ);
- найпростіші укриття – щілини (відкриті та перекриті).

Сховища забезпечують найбільш надійний захист людей від уражаючих факторів (високих температур, шкідливих газів у зонах пожеж, вибухонебезпечних, радіоактивних і сильнодіючих отруйних речовин, обвалів та уламків зруйнованих будівель і споруд та інше), а також зброї масового знищення і звичайних засобів нападу.

Протирадіаційні укриття, в основному, забезпечують захист людей від радіоактивного зараження, світлового опромінення, а також зменшують дію ударної хвилі і проникної радіації. Крім того, вони захищають від крапельно-рідинних отруйних речовин і частково від хімічних та біологічних аерозолів.

Найпростіші укриття зменшують радіуси ураження людей ударною хвилею, послаблюють дію радіоактивних випромінювань та ураження світловим випроміненням.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проект ремонтного цеху, розроблений у межах цієї магістерської роботи, ефективно вирішує завдання технологічного обслуговування гальмівних камер вантажних автомобілів, з особливим акцентом на дослідження міцності енергоакумуляторів. Розробка включає в себе детальний аналіз потреб обслуговування, оптимізацію розташування обладнання, а також забезпечення належних умов праці для технічного персоналу.

Основна увага була приділена інтеграції сучасних технологій та методик діагностики, що дозволяють не тільки ефективно обслуговувати гальмівні системи, але й проводити глибоке дослідження деталей енергоакумуляторів на міцність. Це особливо актуально у контексті зростаючих вимог до безпеки вантажних автомобілів і довговічності їх компонентів.

Проект включає рекомендації щодо використання спеціалізованого обладнання, розробку безпечних робочих процедур, а також забезпечення високих стандартів якості ремонтних робіт. З урахуванням здійсненого аналізу економічної ефективності, проект демонструє значний потенціал зниження витрат на обслуговування та підвищення надійності гальмівних систем вантажних автомобілів.

Враховуючи всі аспекти, проект можна оцінити як вагомий внесок у підвищення ефективності технічного обслуговування вантажних автомобілів, а також у розвиток методик дослідження міцності важливих компонентів гальмівних систем.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є. Ю. Форнальчик. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
3. Сідашенко О. І. Ремонт машин та обладнання / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, Т. С. Скобло, З. В. Ружило – Харків: Міськдрук. 2010. – 332 с.
4. Строков А. П. Технічне обслуговування і ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник. 2 кн. / А. П. Строков. – К.: Грамота, 2005. Кн. 1. Основи будови та експлуатації автопоїздів. – 352 с.
5. Гевко І.Б. Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лешук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.
6. 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.
7. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
8. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
9. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» /

О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.

10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.

11. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.

12. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

13. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Шашків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.

14. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

15. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

16. Безпека в надзвичайних ситуаціях : навч. посібник для студентів ЗВО України : у 2 ч. Ч. 1: Надзвичайні ситуації / М. Л. Лисиченко, В. В. Вамболь, С. О. Вамболь, М. М. Кірієнко, І. А. Черепньов, В. М. Власовець ; за ред. М. Л. Лисиченка ; ХНТУСГ. – Харків : ТОВ “ПромАрт”, 2021. – 202 с.

17. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І. П., Хом'як Й. В., Хом'як В. В. - 2-ге вид., стер. - Суми : Університетська книга, 2015. - 374 с.

18. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom (2023) Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 118, pp. 161-172. (Scopus).

19. Aulina, V., Kropivnya, V., Kuzyka, O., Lyashuk, O., Bosyia, M., Vovk, Y., Kropivnaa, A., Sokol, M., Senyk, A., Slobodyan, L. The Influence of Titanium as a Desferoidizing Element on the Stability of Production of Magnesium Cast Irons with Compacted Graphite (2021) Tribology in Industry - Kragujevac : University of Kragujevac, 4 (43), pp. 654-666. (Scopus).
20. Метод скінченних елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_скінченних_елементів.
21. Автотранспортні засоби. Гальмівні властивості. Терміни та визначення : ДСТУ 2886:94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1996. – 28 с. – (Державний стандарт України).
22. Волков В. П. Теорія руху автомобіля: підручник / В. П. Волков, Г. Б. Вільський. – Суми : Університетська книга, 2010. – 320 с.
23. ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного схвалення типу транспортних засобів категорій М N та О стосовно гальмування: Правила ЄЕК ООН № 13. – [Чинні від 14.01.2008]. – Женева : Європейська Економічна Комісія Організації Об'єднаних націй, 2008. – 276 с.
24. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.