

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
діагностики трансмісії вантажних автомобілів з дослідженням працездатності
деталей діагностичного стенду.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Вовчук П.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Ляшук О.Л.

(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 Вовчуку Павлу Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для технологічного процесу діагностики трансмісії вантажних автомобілів з дослідженням працездатності деталей діагностичного стенду.

Керівник роботи Ляшук Олег Леонтійович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Характеристика трансмісії вантажних автомобілів

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)

Приспосіблення для запересовування підшипників на певинний вал – 1А1.

Знімач тормозного барабана – 1А1.

Приспосіблення для розбирання карданних передач – 1А1.

Знімач для випресування півосі – 1А1.

Графіки розподілу напружень опорного вузла – 1А1.

Графіки розподілу напружень осі натягувача – 1А1.

Графіки розподілу напружень осі – 1А1.

Дільниця для ТП діагностики трансмісії вантажних автомобілів – 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	24.11.2023	
2	Технологічний розділ	30.11.2023	
3	Конструкторський розділ	05.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	07.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	14.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	21.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

_____ (підпис)

Вовчук П.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ляшук О.Л.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект дільниці ремонтного цеху для технологічного процесу діагностики трансмісії вантажних автомобілів з дослідженням працездатності деталей діагностичного стенду.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Ляшук О.Л.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 62 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 6 сторінок додатків.

Ключові слова: діагностичний стенд, працездатність деталей, технічне обслуговування, виявлення несправностей, оптимізація робочого процесу.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Діагностика трансмісії автомобіля.....	7
1.2 Характеристика трансмісії автомобіля.....	8
1.2.1 Зчеплення.....	8
1.2.2 Коробка передач.....	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Загальні параметри плану ділянки.....	17
2.2 Визначення розмірів площі для ділянки.....	17
2.3 Обчислення щорічного плану діагностичних робіт.....	19
2.4 Обчислення та визначення необхідного допоміжного устаткування.....	20
2.5 Графік робочого часу діагностичної зони.....	21
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	24
3.1 Конструкція та механізм функціонування діагностичної установки.....	24
3.2 Критерії використання діагностичної установки.....	27
3.3 Обчислення параметрів елементів установки.....	27
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	36
4.1 Створення макету та оцінка функціональності опорного вузла з підшипниками для тестувального устаткування.....	36
4.2 Оцінка статичної довговічності осі натягувача ланцюгової трансмісії тестового обладнання.....	40
4.3 Аналіз функціонування осі барабана.....	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
5.1 Порядок дій персоналу підприємств при виникненні пожежі.....	52
5.2 Протирадіаційні укриття.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
БІБЛІОГРАФІЯ.....	60
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному світі вантажний автотранспорт є невід'ємною складовою ефективною логістики та товароруху, що вимагає високого рівня надійності та готовності до експлуатації. Одним з ключових елементів, що забезпечують функціональність вантажних автомобілів, є їхня трансмісійна система, яка потребує регулярного технічного обслуговування та діагностики.

Ця магістерська робота присвячена проектуванню дільниці ремонтного цеху, орієнтованого на технологічний процес діагностики трансмісії вантажних автомобілів. Робота акцентує увагу на важливості розробки ефективною та надійною системи діагностики, яка включає в себе не тільки технічні аспекти, але й дослідження працездатності деталей діагностичного стенду.

Основною метою дослідження є створення проекту, який би задовольняв сучасні вимоги до діагностики та ремонту трансмісійних систем, а також забезпечував високий рівень якості та безпеки роботи. Для досягнення цієї мети в роботі будуть розглянуті різноманітні аспекти, включаючи аналіз існуючих рішень, проектування дільниці ремонтного цеху, а також дослідження та вибір оптимального обладнання для діагностичного стенду.

Робота важлива як з теоретичної, так і з практичної точок зору, оскільки вона спрямована на підвищення ефективності та надійності роботи вантажного автотранспорту, що є актуальним у контексті постійно зростаючих вимог до логістичних систем та ефективності перевезень.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Діагностика трансмісії автомобіля

Діагностика трансмісії автомобіля є важливим процесом, який допомагає виявити та вирішити потенційні проблеми з цією критично важливою системою. Ось докладний опис основних аспектів діагностики трансмісії:

1. Візуальний огляд. Перевірка на наявність витоків. Це включає огляд під автомобілем на предмет слідів трансмісійної рідини.

Перевірка компонентів. Оцінка стану приводних ременів, шлангів, охолоджувача трансмісії та з'єднань.

2. Перевірка рівня та стану трансмісійної рідини. Рівень рідини. Недостатній або надмірний рівень може вказувати на проблеми.

Якість рідини. Зміна кольору, запаху горілого або наявність домішок можуть вказувати на внутрішні пошкодження.

3. Перевірка кодів помилок. Використання діагностичного обладнання. Сучасні автомобілі мають комп'ютерні системи, які можуть зберігати коди помилок, пов'язані з трансмісією.

4. Тест-драйв. Виявлення незвичних звуків. Слухання шумів, стуку, скрипу при переключенні передач.

Відчуття роботи трансмісії. Оцінка плавності переключення передач, наявності прослизання чи інших незвичайних відчуттів.

5. Перевірка механічних компонентів. Зчеплення та маховик (у механічних трансмісіях). Перевірка на знос, пошкодження.

Конвертер крутного моменту (у автоматичних трансмісіях). Перевірка на функціональність та пошкодження.

6. Гідравлічна система (для автоматичних трансмісій). Перевірка Насоса: Оцінка тиску в системі.

Перевірка вентилів і шлангів. Виявлення витоків, забиття та інших пошкоджень.

7. Електронні компоненти. датчики та соленоїди. Перевірка на правильність сигналів та функціонування.

Профілактика. Регулярне обслуговування. Включає заміну трансмісійної рідини, перевірку та регулювання компонентів.

Діагностика трансмісії - це комплексний процес, що вимагає технічних знань та спеціального обладнання. У деяких випадках може знадобитися звернення до кваліфікованого механіка для детальної діагностики та ремонту.

1.2 Характеристика трансмісії автомобіля

Трансмісія автомобіля (рис. 1.1) - це ключова система, яка передає потужність від двигуна до коліс, дозволяючи автомобілю рухатися та контролювати його швидкість і крутний момент. Ось основні аспекти будови та призначення трансмісії:



Рис. 1.1. Силовий агрегат передає енергію на привідні механізми коліс.

1.2.1 Зчеплення

Зчеплення рис. 1.2. - це механізм, що знаходиться в системі передачі крутного моменту автомобіля, який дозволяє з'єднувати та роз'єднувати мотор з механізмом переключення швидкостей. Воно розміщене між мотором та системою передачі. У стані активації зчеплення, енергія з мотора переходить до задніх коліс у системі з заднім приводом, що змушує авто рухатися. У разі деактивації зчеплення, передача енергії з мотора до задніх коліс припиняється, що призводить до зупинки авто, незважаючи на роботу мотора.

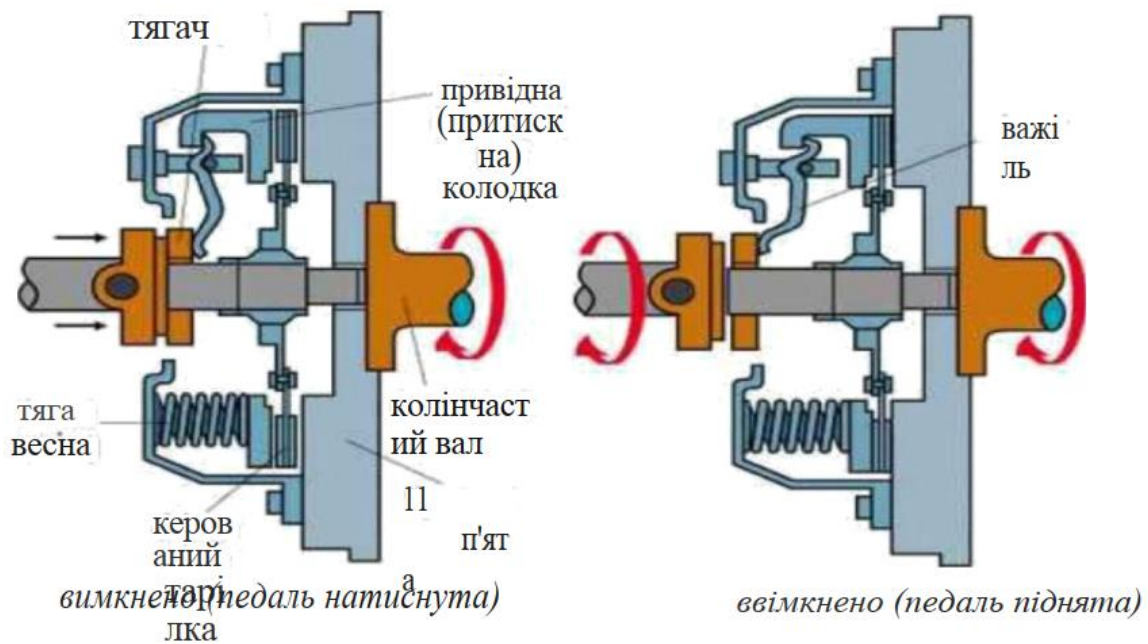


Рис. 1.2. Зчеплення.

Несправності зчеплення можуть значно вплинути на роботу автомобіля. Ось деякі з найпоширеніших проблем зчеплення та способи їх усунення.

Знос фрикційного диска.

Симптоми. Складності при переключенні передач, прослизання зчеплення.

Усунення. Заміна фрикційного диска.

Пошкодження або знос діафрагменної пружини:

Симптоми. Нерівномірний контакт між дисками, проблеми з відчуттям зчеплення.

Усунення. Заміна або регулювання натискної пластини.

Проблеми з вижимним підшипником:

Симптоми. Скрип або стукіт при натисканні на педаль зчеплення.

Усунення. Заміна вижимного підшипника.

Гідравлічні або кабельні проблеми.

Симптоми. Важке натискання педалі, неможливість повного включення або вимкнення зчеплення.

Усунення. Перевірка та ремонт гідравлічної системи або заміна кабелю зчеплення.

Пошкодження маховика.

Симптоми. Вібрації при русі, проблеми з переключенням передач.

Усунення. Перевірка та при необхідності заміна маховика.

Пошкодження або забруднення диска зчеплення.

Симптоми. Прослизання, важке переключення передач.

Усунення. Чистка або заміна диска зчеплення.

1.2.2 Коробка передач

Може бути механічною (ручною) рис. 1.3. або автоматичною рис. 1.4.

Вона відповідає за зміну передач.

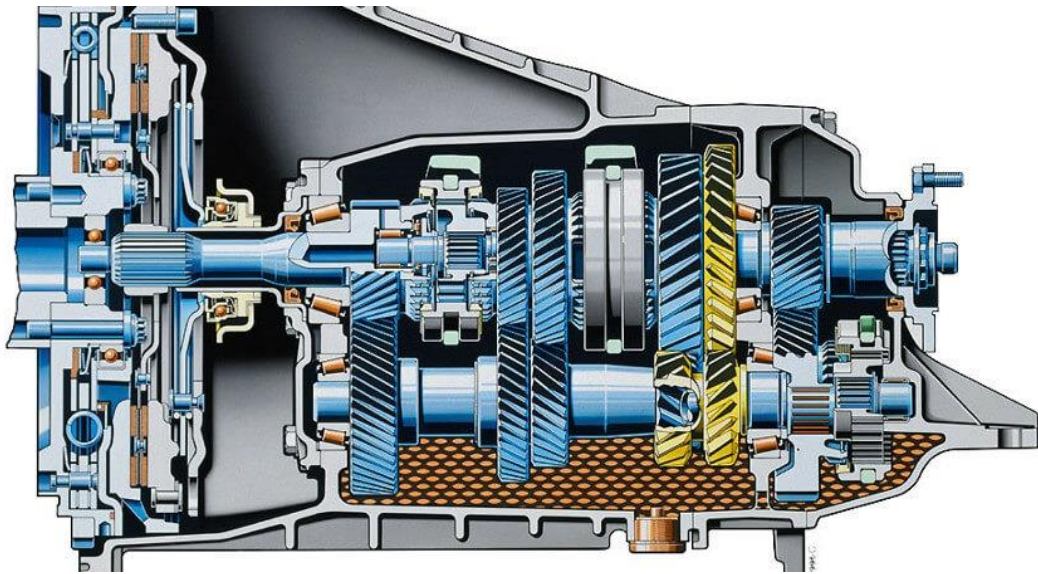


Рис. 1.3. Механічна КПП.

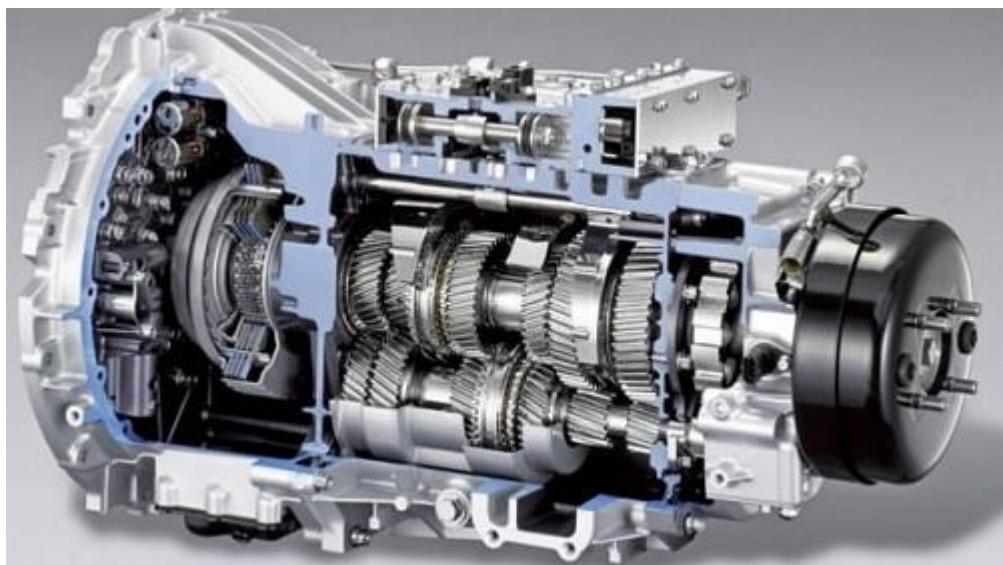


Рис. 1.4. автоматична КПП.

Механічна коробка передач (КПП) є важливим компонентом автомобіля,

який виконує наступні функції:

Передає крутний момент від двигуна до коліс.

Дозволяє водію контролювати швидкість та потужність автомобіля за допомогою вибору передач.

Уможливорює рух автомобіля назад.

Дозволяє двигуну працювати в оптимальному діапазоні обертів.

Несправності механічної КПП та способи їх усунення.

Проблеми з переключенням передач.

Симптоми. Труднощі або шум при переключенні передач.

Усунення. Перевірка та заміна зношених компонентів зчеплення, регулювання кабелю або важеля переключення передач.

Витік трансмісійної рідини.

Симптоми. Плями рідини під автомобілем.

Усунення. Виявлення та усунення витіку, можлива заміна ущільнювачів або прокладок.

Шуми або вібрації.

Симптоми. Незвичні звуки або вібрації під час руху.

Усунення. Перевірка та заміна зношених підшипників, синхронізаторів або зубчастих коліс.

Блокування передач.

Симптоми. Неможливість вибору або виходу з певної передачі.

Усунення. Перевірка механізму вибору передач, заміна зношених деталей.

Профілактичне обслуговування.

Включає перевірку рівня та стану трансмісійної рідини, а також огляд компонентів на предмет зносу або пошкодження.

Заміна трансмісійної рідини: згідно з рекомендаціями виробника автомобіля.

Автоматична коробка передач (КПП) виконує важливі функції в автомобілі:

Забезпечує плавне переключення передач без безпосередньої участі водія.

Дозволяє двигуну працювати в оптимальному діапазоні обертів,

забезпечуючи кращу ефективність палива.

Зменшує навантаження на водія, особливо у міських умовах з частими зупинками та рушеннями.

Забезпечує стабільний крутний момент для різних умов їзди.

Несправності автоматичної КПП та способи їх усунення.

Прослизання передач.

Симптоми. Відчуття, що автомобіль не набирає швидкість або передача ковзає.

Усунення. Перевірка та, при необхідності, заміна трансмісійної рідини або ремонт внутрішніх компонентів КПП.

Жорстке або запізніле переключення передач.

Симптоми. Різке або запізніле переключення між передачами.

Усунення. Діагностика електронних компонентів, перевірка рівня та стану трансмісійної рідини.

Шум або вібрації.

Симптоми. Незвичайні шуми або вібрації під час роботи трансмісії.

Усунення. Перевірка та заміна пошкоджених компонентів, таких як підшипники або маховик.

Витік трансмісійної рідини.

Симптоми. Плями рідини під автомобілем.

Усунення. Виявлення джерела витіку та його усунення, можлива заміна ущільнювачів або прокладок.

Проблеми з електронікою.

Симптоми. Неправильне або нерегулярне переключення передач.

Усунення. Діагностика та ремонт електронних компонентів, таких як датчики або соленоїди.

Профілактичне обслуговування. Включає перевірку рівня та стану трансмісійної рідини, а також стану механічних та електронних компонентів.

Виконувати згідно з рекомендаціями виробника.

Карданна передача (рис. 1.5.) в автомобілі відіграє ключову роль у передачі крутного моменту від двигуна та коробки передач до ведучих коліс, особливо у транспортних засобах з заднім або повним приводом. Основні

функції карданної передачі:

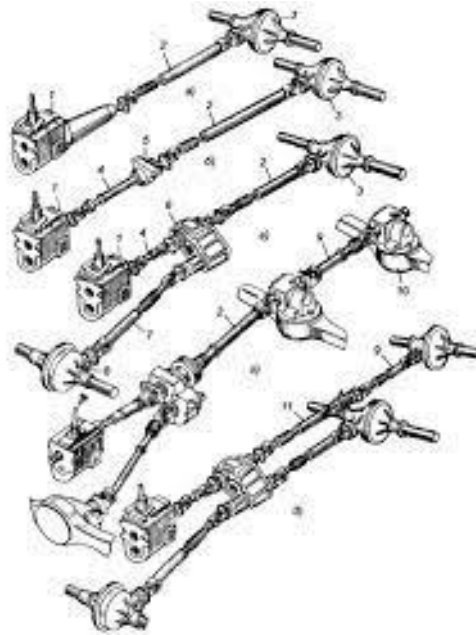


Рис. 1.6. Карданна передача автомобіля.

Від двигуна до коліс через трансмісію.

Дозволяє компенсувати рухи та зміни кута між двигуном і ведучими колесами.

Уможливорює розташування двигуна та трансмісії у різних конфігураціях.

Несправності карданної передачі та способи їх усунення.

Знос або пошкодження карданних шарнірів.

Симптоми. Незвичні шуми, стуки або вібрації при русі.

Усунення. Перевірка шарнірів, заміна зношених або пошкоджених деталей.

Неправильне балансування.

Симптоми. Вібрація при певних швидкостях.

Усунення. Перебалансування або заміна карданного валу.

Пошкодження підшипників підвіски.

Симптоми. Шум або вібрація, що зростає зі швидкістю.

Усунення. Перевірка та заміна підшипників.

Знос або пошкодження хрестовини.

Симптоми. Стукіт або вібрації, особливо при розгоні або зміні швидкостей.

Усунення. Заміна хрестовини карданного валу.

Профілактичне обслуговування. Особливу увагу приділяти стану шарнірів, хрестовин та підшипників.

Згідно з рекомендаціями виробника, щоб забезпечити довговічність компонентів.

Диференціал (рис. 1.7) є ключовим компонентом у трансмісійній системі автомобіля, особливо для транспортних засобів з заднім або повним приводом. Основні функції диференціалу:

Дозволяє колесам обертатися з різною швидкістю. Важливо при проходженні поворотів, оскільки зовнішнє колесо повинне робити більший шлях, ніж внутрішнє.



Рис. 1.7. Диференціал автомобіля.

Передача крутного моменту. від трансмісії до коліс.

Підвищення ефективності руху. Допомагає підтримувати контроль над автомобілем, забезпечуючи плавність руху.

Несправності диференціалу та способи їх усунення.

Шум або вібрації.

Симптоми. Незвичайні звуки або вібрації, особливо при поворотах.

Усунення. Перевірка та, за необхідності, заміна пошкоджених підшипників або зубчастих коліс у диференціалі.

Витік мастильної рідини.

Симптоми. Плями мастила під автомобілем у районі диференціалу.

Усунення. Виявлення та усунення джерела витоку, заміна ущільнювачів або прокладок.

Знос або пошкодження зубчастих коліс.

Симптоми. Стукіт або гул при русі, особливо на високих швидкостях.

Усунення. Заміна зношених або пошкоджених зубчастих коліс.

Проблеми з блокуванням диференціалу.

Симптоми. Проблеми з тягою або стабільністю автомобіля.

Усунення. Перевірка і ремонт або заміна блокування диференціалу.

Профілактичне обслуговування

Регулярна перевірка. Включає перевірку стану мастильної рідини та огляд диференціалу на предмет зносу чи пошкодження.

Заміна мастильної рідини. Виконувати згідно з рекомендаціями виробника.

Півосі (рис. 1.8) є важливою частиною системи приводу автомобіля, особливо в транспортних засобах з переднім або повним приводом. Основні функції півосей:

Передача крутного моменту. Від трансмісії до коліс, дозволяючи автомобілю рухатися.



Рис. 1.8. Півосі автомобіля.

Компенсація змін кутів і відстаней. Між двигуном/трансмісією та колесами, особливо при поворотах і русі по нерівних поверхнях.

Забезпечення гнучкості руху коліс. Дозволяють колесам підніматися та опускатися при проходженні нерівностей без впливу на трансмісію.

Несправності півосей та способи їх усунення.

Пошкодження або знос шрусів (шарнірів рівних кутових швидкостей).

Симптоми. Характерний стукіт або клацання при поворотах.

Усунення. Заміна шарнірів або весь півось.

Витік змащувальної рідини з шруса.

Симптоми. Знахідка мастила навколо шарніра.

Усунення. Заміна пильовика та підсилення змащення.

Фізичне пошкодження або знос півосі.

Симптоми. Вібрація під час руху, особливо на великих швидкостях.

Усунення. Перевірка на наявність пошкоджень або зносу та їх заміна.

Проблеми з кріпленням:

Симптоми. Незвичайні шуми або відчуття вільного ходу під час керування.

Усунення. Перевірка та затягування кріпильних елементів, заміна пошкоджених деталей.

Профілактичне обслуговування.

Особливу увагу приділяти стану шарнірів, пильовиків та загальному стану півосей.

Перевірка і заміна змащувальної рідини. У випадку наявності сервісних змащувальних точок.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні параметри плану дільниці

При розробці плану дільниці виходимо з основного розташування елементів усередині будівлі, визначаємо розташування зовнішніх та внутрішніх перегородок, стовпів, віконних отворів, в'їзних воріт, розміщення різних видів транспортних засобів, верстатів, полиць та іншого. Маркуємо також коридори та доріжки для проходу. На схемі обладнання для технологічних процесів зображуємо у спрощеній формі, враховуючи максимальні габарити рухомих елементів.

Кожен елемент обладнання присвоюємо послідовним номером у загальній системі нумерації. Навколо контуру обладнання додаємо символіку для позначення підключень до електромережі, повітряних та водних ліній. Розміщення обладнання проводимо з дотриманням встановлених вимог, включаючи стандарти відстаней між апаратурою та конструктивними елементами приміщення, а також враховуємо норми для ширини проїздів і мінімальні відстані між окремими одиницями обладнання.

Розміщуємо обладнання відповідно до послідовності проведення технологічних процедур. Також плануємо розстановку з можливістю адаптації до новітніх технологічних рішень у майбутньому. На схемі 2.1 представлено організацію простору дільниці для діагностування.

2.2 Визначення розмірів площі для дільниці

Розмір зони дільниці

$$F_{дiл} = aF_{сум} * K; \quad (2.1)$$

$$F_{дiл} = F_{pm1} + F_{pm2} + F_{pm3}, \quad (2.2)$$

Тоді

$$F_{pm1} = 6 * 2,5 = 15 м^2.$$

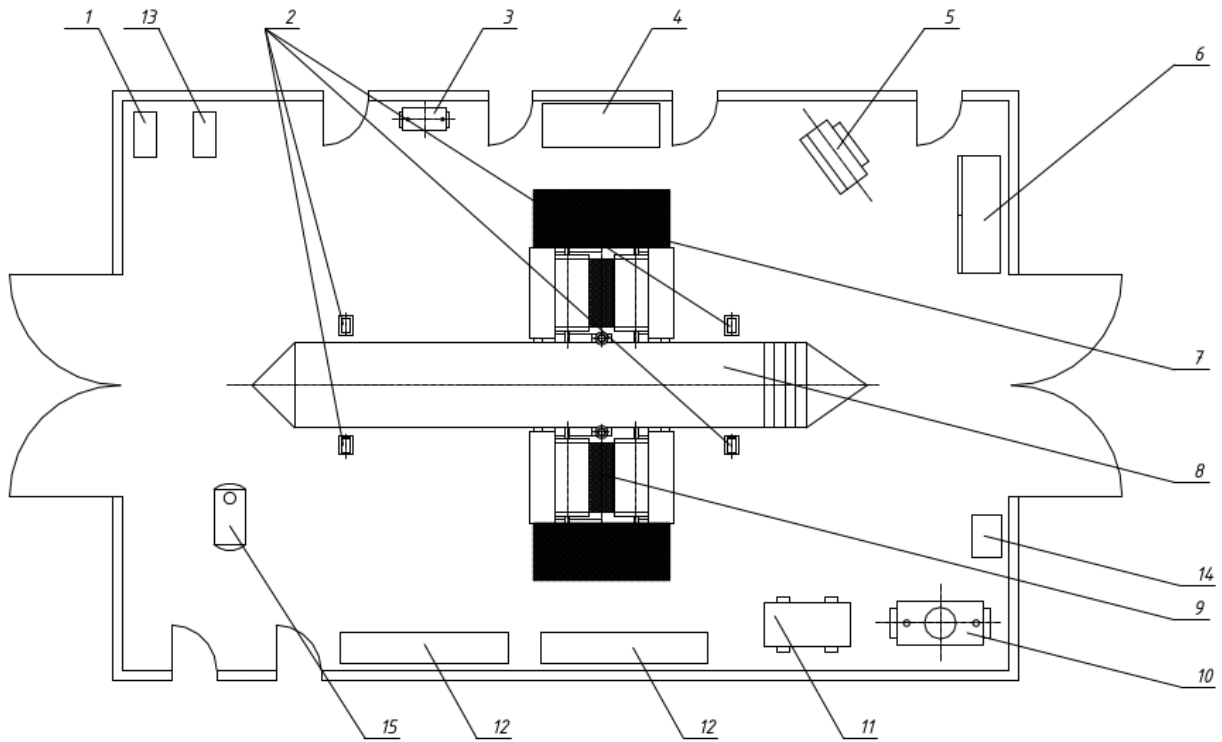


Рис. 2.1. Організація простору діагностичної зони:

1 - ящик з піском; 2 - механізм фіксації; 3 - апаратна шафа; 4 - верстак слюсарний; 5 - шафа управління; 6 - шафа для приладів діагностики;
 7 - правчастина діагностичного стенду; 8 - оглядова яма; 9 - ліва частина діагностичного стенду; 10 - витяжний пристрій для відведення вихлопних газів; 11 - пересувний інструментальний візок; 12 - стелаж;
 13 - домкрат гаражний гідравлічний; 14 - підйомник; 15 - мастилозбірник відпрацьовано гомастила

$$F_{pm2} = 1,92 * 4 = 7,68 \text{ м}^2.$$

$$F_{pm3} = 10,1 * 5 = 50,5 \text{ м}^2.$$

$$F_{dil} = 15 + 7,68 + 50,5 = 74 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $F_{dil} = 74 \text{ м}^2$.

2.3 Обчислення щорічного плану діагностичних робіт

Початок обчислення щорічного плану здійснюється шляхом встановлення кількості ремонтних робіт та технічних перевірок для різних моделей автотранспорту. Кількість проведених капітальних ремонтів:

$$N_K = \frac{W_p \cdot n}{M_K}, \quad (2.3)$$

Щорічне планове використання визначається на основі стандартних даних або інформації від підприємства. Наприклад, для вантажного цей показник становить $W_p=1500$ км. Час експлуатації до проведення капітального ремонту – 4800 км. Для двох вантажних автомобілів.

$$N_K = \frac{1500 * 2}{4800} = 0,62$$

Встановлюємо $N_K = 1$ од. Кількість проведених поточних ремонтів:

$$N_n = \frac{W_p \cdot n}{M_n} - N_K \quad (2.4)$$

$M_n = 2200$ км.

$$N_n = \frac{1500 * 2}{2200} - 1 = 0,36 \text{ шт.}$$

Визначаємо $N_{п}$ як 0.

Кількість технічних перевірок ТО-2:

$$N_{ТО-2} = \frac{W_2 * n}{M_{ТО-2}} - N_K - N_n - N_{TJ-3} \quad (2.5)$$

$$N_{TO-2} = \frac{2500 * 2}{500} - 1 - 4 = 5 \text{ шт.}$$

Кількість ремонтних робіт та технічного обслуговування для інших моделей автомобілів визначається за тією ж методикою. Отримані дані узагальнені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Обсяг ремонтних робіт та технічного обслуговування

Марка автомобіля	Капітальний ремонт, шт.	Поточний ремонт, шт.	ТО-2, шт.
КамАЗ-5320	1	0	5
КрАЗ-65032	1	1	14
ЗІЛ-5301	4	7	75

2.4 Обчислення та визначення необхідного допоміжного устаткування

Вибір устаткування здійснюється на основі технологічного підходу, тобто кожен сектор ділянки має бути оснащений обладнанням, необхідним для здійснення всіх етапів технологічного процесу діагностики. Ділянки технічної діагностики мають бути обладнані спеціалізованим устаткуванням у достатній кількості для забезпечення безперебійного технічного обслуговування та поточного ремонту автотранспорту.

З урахуванням технологічних вимог, формуємо список обладнання для виробництва, зазначаючи модель кожного елемента. Кількість машин для миття:

$$S_M = Qt/\Phi_y * g * h_o * h_b, \quad (2.6)$$

$$t = 0,5 \text{ год.};$$

$$h_o = 0,6 - 0,8;$$

$$ht = 0,8 - 0,9.$$

$$Q = \beta_1 Q'_p * N_p + \beta_2 * Q'_a * N_a, \quad (2.7)$$

$$Q = 0,5 * 3000 * 18 + 0,7 * 400 * 18 = 32040 \text{ кг}$$

Кількість установок для миття становитиме:

$$S_{.m} = 32040 * 0,5 / 2115 * 100 * 0,6 * 0,8 = 0,16 \text{ шт.}$$

Вибираємо одну машину для миття.

Кількість обладнання для діагностики:

$$S_{уст} = \frac{T_{заг} * K_n}{\Phi_c * \eta_y} \quad (2.8)$$

$$K_n = 1,0 - 1,3;$$

$$h_o = 0,85 - 0,9.$$

$$S_{уст} = \frac{633,12 * 1,1}{2115 * 0,86} = 0,4.$$

Інше устаткування підбираємо відповідно до виробничих потреб та включаємо його до відповідного списку обладнання.

2.5 Графік робочого часу діагностичної зони

Під терміном "режим роботи" розуміється кількість днів роботи протягом року, довжина робочої зміни, кількість змін, а також обсяг робочих годин за тиждень, день та годину.

Графік роботи включає п'ятиденний робочий тиждень, 8-годинну зміну, роботу у одну зміну.

Нормативний часовий фонд роботи:

$$\Phi_H = (K_P * t_{3M} - K_{II} * t_C) * n \quad (2.9)$$

$$t_{3M} = 8 \text{ год.}$$

$$K_{II} = 5$$

$$K_P = K_K - K_B - K_{CB}, \quad (2.10)$$

$$K_K = 366;$$

$$K_B = 106.$$

$$K_{CB} = 10.$$

$$K_P = 366 - 106 - 10 = 250 \text{ днів};$$

$$\Phi_H = (250 * 8 - 5 * 1) * 1 = 1995 \text{ год.}$$

Фактичний щорічний робочий час працівника:

$$\Phi_D = (\Phi_H - K_0 * t_{CM}) * h_P \quad (2.11)$$

$$K_0 = 20 \text{ днів};$$

$$h_P = 0,97.$$

$$\Phi_D = (1995 - 20 * 8) * 0,97 = 1780 \text{ год.}$$

Показник чисельності персоналу:

$$\eta_M = \frac{\Phi_D}{\Phi_H}, \quad (2.12)$$

$$\eta_M = \frac{1780}{1995} = 0,9.$$

Реальний щорічний часовий фонд функціонування устаткування:

$$\Phi_{Д.О.} = \Phi Н * h_0 * n \quad (2.13)$$

$$h_0 = 0,97.$$

$$\Phi_{Д.О.} = 1995 * 0,97 * 1 = 1935 \text{ год.}$$

У процесі проектування ділянки важливо враховувати цілий ряд факторів для забезпечення ефективності та продуктивності робочого процесу. Передусім, необхідно визначити оптимальне розташування обладнання та робочих зон, враховуючи специфіку технологічних процесів, особливості роботи з вантажними автомобілями, а також забезпечити зручний доступ до всіх необхідних ресурсів, таких як електроенергія, вода, повітря та інші.

Ключовим елементом є також розрахунок необхідної площі, з урахуванням потреб у місці для роботи, зберігання, а також можливості розширення у майбутньому. Важливо також врахувати норми безпеки, забезпечити належні умови праці для персоналу та оптимізувати робочий процес для підвищення ефективності.

Врахування всіх цих аспектів при проектуванні ділянки дозволить створити високоефективне робоче середовище, яке сприятиме підвищенню продуктивності, зниженню виробничих витрат та забезпеченню високої якості діагностичних та ремонтних робіт.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Конструкція та механізм функціонування діагностичної установки

Зовнішній вигляд апарату для діагностики представлено на ілюстрації 3.1.

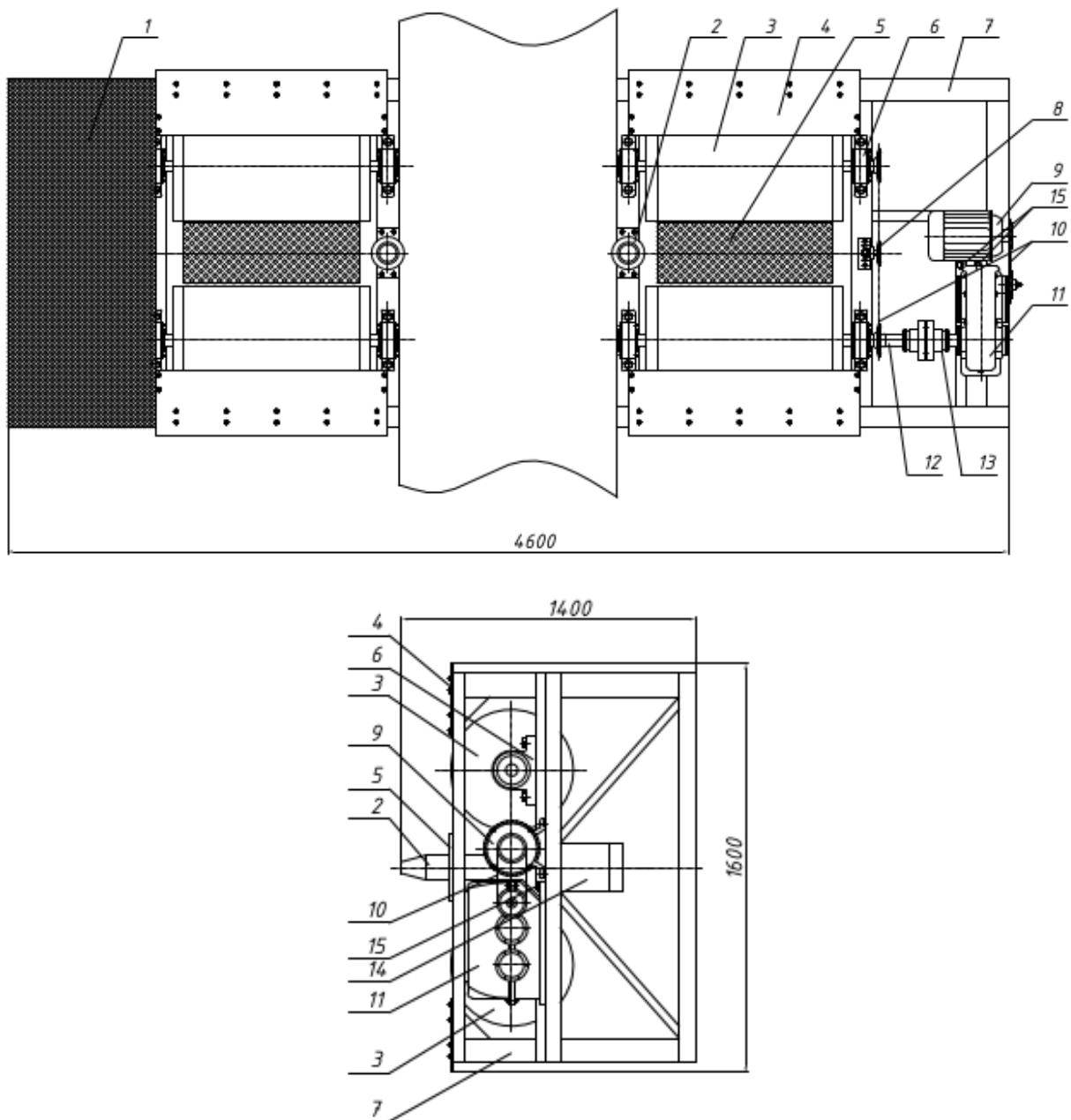


Рис. 3.1. Апарат для діагностичного аналізу.

- 1 – захисний майданчик; 2 – ролик відбійний; 3 – барабан; 4 – трапз'їзду; 5 – піднімач пневматичний; 6 – підшипникова опора; 7 – рама; 8 – натягувач ланцюгової передачі; 9 – двигун; 10 – ланцюгова передача; 11 – редуктор; 12 – муфта; 13 – вал; 14 – пневмоциліндр; 15 – натягувач

Діагностична установка включає в себе каркас, електричне гальмо, трансмісійний вузол, керувальну панель, реостат на рідинній основі та вісім наборів вібраційних сенсорів для діагностування.

Каркас сконструйовано з металевих елементів сталевих кутників однакової міцності, швелерів, квадратних труб за допомогою комбінації зварювання та болтових з'єднань. На цьому каркасі розміщено два комплекти роликів лівий та правий, які мають однакову конструкцію.

Кожен модуль містить два циліндричні вали з ударозахисними кільцями, що перешкоджають небажаному зсуву транспортного засобу вбік. Ці вали розташовані на кулькових підшипниках і з'єднані між собою за допомогою ланцюгового механізму. Комплект валів через передавальну систему пов'язаний з електричним гальмом. Передавальна система складається з еластичної муфти з штифтовим з'єднанням, двоступеневого циліндричного редуктора та ланцюгової передачі з регулятором натяжності.

Електричне гальмо та редуктор прикріплені до каркасу за допомогою болтових фіксаторів. Електричне гальмо функціонує як двигун, що генерує електрику, передаючи струм у мережу через реостат на рідинній основі. У консолі керування установки розміщені вимірювальні прилади та сенсори вимірювальної системи. Поміж валиків розташований пневматичний ліфт двосторонньої дії забезпечує легкий доступ та виїзд транспорту з установки. Установка оснащена блокувальним механізмом, що використовується для фіксації транспортного засобу і створення додаткового навантаження на привідні колеса, збільшуючи тим самим тертя між колесами та валами установки.

Консоль керування встановлена передньою частиною до валиків з правої сторони під кутом у 45 градусів до поздовжньої вісі установки. Доступ до задньої частини консолі має бути забезпечений без перешкод.

Електричні кабелі протягують через трубопроводи. Кабелі системи вимірювань мають бути розміщені у відокремленому трубопроводі. Підключення установки до електромережі відбувається через трифазну мережу змінного струму з напругою 380 / 220 Вольт і частотою 50 Герц.

Основа функціонування діагностичної установки полягає у застосуванні навантаження на привідні колеса транспортного засобу. Це навантаження контр-крутний момент генерується на валах установки через використання електричного гальма.

Транспортний засіб, який пройшов початкову обробку (чищення та миття), розміщується на установці так, що привідні колеса розташовуються на секції валів, після чого платформи пневматичних підйомників опускаються. У такому стані транспорт забезпечується фіксацією за допомогою блокувального механізму. Для повнопривідних транспортних засобів із формулою коліс 4x4 або 6x6, неактивні привідні мости мають бути від'єднані. У випадку, коли конструкційні особливості авто не допускають цього, слід здійснити підвішування коліс та встановити транспортний засіб на підставки.

Здійснюється зовнішній перегляд корпусу трансмісії та шасі приводного мосту. Фіксують металевий гнучкий шланг на вихлопній системі авто, що перешкоджає проникненню вихлопних газів до приміщення. Розміщують сенсори на корпусі трансмісійного механізму та на основі моста, який підлягає діагностиці.

Запустити мотор автомобіля, активують першу швидкість, налаштовують стандартні оберти двигуна і реєструють дані з сенсорів. Поступово збільшують навантаження на обидва привідні колеса рівномірне навантаження забезпечить лінійний рух та аналізують індикації приладів. Виявляють дефекти, такі як надмірні зазори в підшипниках, зносилися втулки шестерень, підвищений рівень шуму та гудіння у зубчастому зачепленні. Під час цього процесу контролюють, аби не відбувалось випадкового вимкнення залученої швидкості, що свідчить про ефективність фіксатора. Така несправність часто виникає через нерівномірний конусний зазор між шестернями та валами. Це також можливо при значному осьовому зазорі між проміжними та вторинними валами у трансмісії, що іноді виникає у коробці передач. Ці процедури проводять на всіх швидкостях, включно з задньою.

Функціональність диференціала визначають, створюючи відмінні гальмівні крутні моменти на правих і лівих барабанних секціях установки. Шляхом надання різної кутової швидкості обертання приводних коліс імітують

ефект повороту. В результаті, проводять оцінку продуктивності та технічного здоров'я осьових шестерень, диференціальних сателітів та їх основних валів.

3.2 Критерії використання діагностичної установки

Під час експлуатації необхідно уникати забруднення валиків, оскільки це може вплинути на рівень тяги між ними та колесами транспортного засобу.

Важливо систематично чистити канаву. Не можна дозволяти потраплянню води, масла і інших речовин до внутрішньої частини мотора.

Не менше ніж раз на півроку слід проводити такі дії:

перевіряти рівень масла у редукторах і за потреби додавати;

наносити змазку на підшипники підтримки валиків через масляні прес-ніпелі;

інспектувати та очищати ланцюги, наносити на них змазку і регулювати їх натяжність;

лубрикувати штоки пневматичних підйомників та підшипники двигуна;

оновлювати масло в підшипниках основних барабанів і направляючих роликах.

Додатково, слід регулярно валідувати точність даних сенсорів вимірювальної системи та систематично контролювати якість ізоляції кабелів та ефективність їх заземлення.

3.3 Обчислення параметрів елементів установки

Здійснимо обчислення та вибір механізмів для передачі крутного моменту з секції валів до електричного гальма. Цей механізм включає в себе: еластичну муфту з штифтовим з'єднанням, двоступеневий циліндричний редуктор та ланцюгову передачу. Кінематичне зображення представлено на ілюстрації 3.2.

Для вибору сполучної муфти за максимальним крутним моментом, який створюється привідними колесами, використовують наступні параметри: –

тяговий зусилля складає 3000 кілограм-сили; – максимальний крутний момент на приводних колесах $M_{кр}$ становить 375 Ньютон-метрів.

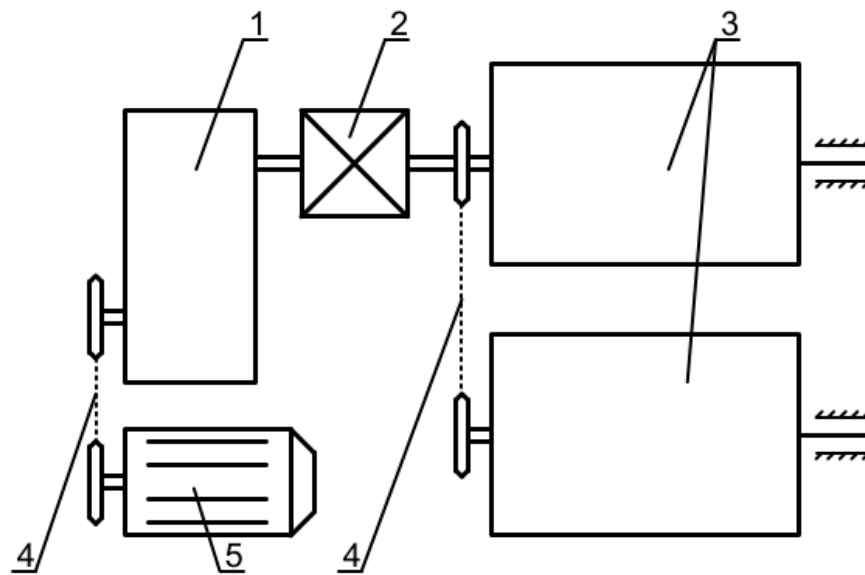


Рис. 3.2. Схема кінематики приводного механізму:

1 – редуктор; 2 – пружна пальцева муфта; 3 – блок барабанів;
4 – ланцюгова передача; 5 – електрогальмо

Вибір муфти здійснюємо з типової серії;

діаметр осі d становить 45 міліметрів;

припустимий обчислювальний момент M_p дорівнює 450 Ньютон-метрів;

максимальна кількість оборотів на хвилину n_{max} складає 3350 об/хв.

Вибираємо двоступінчатий редуктор зі стандартної лінійки моделей Ц2-350 з урахуванням передавального крутного моменту, сили та частоти для забезпечення потрібних обертів на електричному гальмі:

відстань між осями на ступені низької швидкості 200 мм; на високошвидкісній ступені 250 мм;

стандартне передаточне число 28;

стандартний крутний момент на валу низької швидкості 300 кгс м;

стандартне радіальне навантаження на вихідному валу 2800 кгс м.

Обчислення ланцюгової трансмісії.

Вихідні параметри:

передавальна потужність від ведучої зірки N становить 3.8 кіловат;

швидкість обертання ведучої зірки n_1 дорівнює 1560 об/хв., веденої $n_2 = 1030$ об/хв.;

навантаження є стале, лінія центрів розташована під кутом $\beta = 0^\circ$.

Передаточне відношення трансмісії:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.1)$$

$$i = \frac{1650}{1030} = 1,5$$

Згідно, обираємо кількість зубців на ведучій зірці $z_1 = 14$.

Кількість зубців на веденій зірці:

$$z_2 = i * z_1 \quad (3.2)$$

Обираємо ланцюг як звичайний втулково-роликівий з кроком ПР-19,05-3180-1, відповідно до стандарту.

$$t = 19,05 \text{ мм},$$

$$Q = 31800 \text{ Н},$$

$$q = 1,5 \text{ кг / м},$$

$$F = 105,8 \text{ мм}^2.$$

Крутний момент на осі:

$$t \geq 2,8 * \sqrt[3]{\frac{M * K_p}{z * [p]}} \quad (3.3)$$

$$K_p = k_d * k_a * k_n * k_z * k_c * k_l \quad (3.4)$$

$$k_d = 1;$$

$$k_a = 1;$$

$$k_n = 1;$$

$$k_z = 1;$$

$$k_c = 1;$$

$$k_n = 1.$$

Тоді $k_p = 1,25$

Вибираємо дозволений середній тиск $[p] = 23 \text{ Н} / \text{мм}^2$.

Відповідно:

$$M = 52 \text{ Н} / \text{м} = 52 * 10^3 \text{ Н} / \text{мм}.$$

Потрібна величина потужності:

$$N = M * \varpi = M * \frac{\pi * n}{30} \quad (3.5)$$

Темп руху ланцюга

$$v = \frac{z_1 * t * n_p}{60 * 10^3} = \frac{14 * 19,05 * 99}{60 * 10^3} = 0,44 \text{ м} / \text{с} \quad (3.6)$$

Обертова сила:

$$P_4 = \frac{N}{v}; \quad (3.7)$$

$$P_4 = \frac{3,8 * 10^3}{0,44} = 8636 \text{ Н}$$

Навантаження на з'єднанні:

$$p = \frac{P_u * K_p}{F}; \quad (3.8)$$

$$p = \frac{8636 * 1,25}{105,8} = 51,6 \text{ H / мм}^2$$

Припустиме навантаження:

$$[p] = 51 * [1 + 0,01 * (z - z_2)] \quad (3.9)$$

$$[p] = 51 * [1 + 0,01 * (14 - 21)] = 54,6 \text{ H / мм}^2.$$

Навантаження $p \leq [p]$.

Навантаження в ланцюзі через прогин:

$$P_f = 9,81 * k_f * q * a_y \quad (3.10)$$

$$k_f = 1,5;$$

$$q = 1,5 \text{ кг / м};$$

$$a_y = 30 * t = 30 * 19,05 = 585 \text{ мм} = 0,58 \text{ м},$$

Беремо $a_y = 0,6 \text{ м}$.

Навантаження в ланцюзі від центробіжних сил:

$$P_f = 9,81 * k_f * q * a_y \quad (3.11)$$

$$P_f = 9,81 * 1,5 * 1,5 * 0,6 \approx 12,4 \text{ Н}.$$

$$P_v = q * v^2 \quad (3.12)$$

$$P_v = q * v^2 = 1,5 * 0,44^2 \approx 0,29 \text{ Н}.$$

Навантаження, яке обчислюється для валу:

$$R_y = P + 2 * P_f \quad (3.13)$$

$$R_y = 8636 + 2 * 12,4 = 8660H.$$

Запас міцності до розтягування ланцюга виражається через коефіцієнт:

$$n = \frac{9,81 * Q}{P + P_v + P_f} \quad (3.14)$$

$$n = \frac{9,81 * 3180}{8660 + 0,29 + 7,72} \approx 25,3$$

$$n^3[n], [n] = 7,5.$$

Головні розміри зірок:

$$d_{\partial_1} = \frac{t}{\sin \frac{180^0}{z_1}} \quad (3.15)$$

$$d_{\partial_1} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{14}} = 85,8 \text{ мм}$$

$$D_{e_1} = \frac{t}{\operatorname{tg} \frac{180^0}{z_1}} + 0,6 * t \quad (3.16)$$

$$D_{e_1} = \frac{19,05}{\operatorname{tg} \frac{180^0}{14}} + 0,6 * 19,05 = 92,3 \text{ мм}$$

Зірочкові маточини. $d_{\text{мат}} = 1,6 * 20 = 32 \text{ мм}$

$l_{\text{мат}} = (1,2 - 1,6) * 20 = 24 - 32 \text{ мм},$

Проводимо розрахунок для передавального механізму, який передає обертовий момент. Для ланцюга використовуємо типовий втулково-роликівий елемент з обзначенням ПР-19,05-3180-1.

$t = 19,05 \text{ мм},$

$Q = 31800 \text{ Н},$

$q = 1,5 \text{ кг / м},$

$F = 105,8 \text{ мм}^2,$

$k_p = 1,25,$

$[p] = 23 \text{ Н / мм}^2,$

$M = 52 \text{ Н / м} = 52 * 10^3 \text{ Н / мм},$

$N = 0,54 \text{ кВт}.$

Швидкість руху механічного з'єднання:

$$v = \frac{z_1 * t * n_p}{60 * 10^3} \quad (3.17)$$

$$v = \frac{17 * 19,05 * 99}{60 * 10^3} = 0,53 \text{ м / с}$$

Сила впливу в напрямку центру:

$$P_{\text{кол}} = \frac{N}{v} \quad (3.18)$$

$$P_{\text{кол}} = \frac{0,54 * 10^3}{0,53} = 1018 \text{ Н}$$

Значення тиску в місці з'єднання

$$p = \frac{P_{\text{кол}} * k_p}{F} \quad (3.19)$$

$$p = \frac{1018 * 1,25}{105,8} = 12 \text{ Н / мм}^2$$

Припустимий обсяг тиску $[p] = 31 \text{ Н / мм}^2$.

Силовий вплив $p \leq [p]$.

Силовий вплив у ланцюзі, викликаний його прогином:

$$P_f = 9,81 \times k_f \times q \times a_y \quad (3.20)$$

$$k_f = 1,5;$$

$$q = 1,5 \text{ кг / м};$$

$$a_y = 50 * t = 50 * 19,05 = 950 \text{ мм} = 0,95 \text{ м}$$

$$P_f = 9,81 * 1,5 * 1,5 * 0,95 \approx 21 \text{ Н}$$

Силовий вплив у ланцюзі через дію сил відцентрових:

$$P_f = 9,81 \times k_f \times q \times a_y ; \quad (3.21)$$

$$P_v = q * v^2 = 1,5 * 0,53^2 \approx 0,42 \text{ Н}.$$

Обчислювана навантаження, що діє на вали.

$$R_y = P + 2 * P_f = 1018 + 2 * 21 = 1060 \text{ Н}. \quad (3.22)$$

Міцність ланцюга під час розтягування виражається через коефіцієнт безпеки:

$$n = \frac{9,81 Q}{P + P_v + P_f} \quad (3.23)$$

$$n = \frac{9,81 * 3180}{1018 + 0,42 + 21} \approx 30.$$

$$n^3[n],[n] = 7,5$$

Основні параметри заготовок зірок:

$$d_{\partial_1} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} \quad (3.24)$$

$$d_{\partial_1} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{17}} = \text{мм}$$

$$D_{e_1} = \frac{t}{\text{tg} \frac{180^\circ}{z_1}} + 0,6 * t \quad (3.24)$$

Маточина зірочки:

$$d_{\text{мат}} = 1,6 \times 22 = 36 \text{мм},$$

$$l_{\text{мат}} = (1,2 - 1,6) \times 22 = 26 - 36 \text{мм}.$$

Беремо 34мм.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Створення макету та оцінка функціональності опорного вузла з підшипниками для тестувального устаткування

Розглянемо критичну ситуацію, яка може відбутися під час монтажу обладнання для діагностики – послаблення (або неприсутність) кріпильного елемента справа для опорного вузла з підшипниками (елемент 6 на ілюстрації 3.1, див. ілюстрацію Б1), що спричиняє нерівномірне положення осі барабану.

Підхід до створення моделі з обмеженим числом елементів [23] для опори з підшипниками:

розробка просторової конструкції опорного вузла з підшипниками у програмі SolidWorks (див. рис. 4.1);

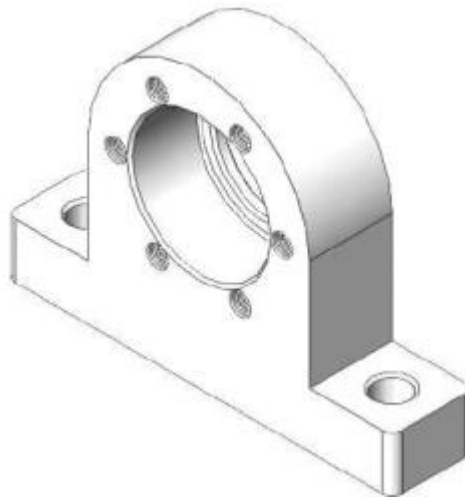


Рис. 4.1. Об'ємна конструкція опорного вузла


присвоєння матеріальних характеристик конструкції, використовуючи матеріал її виробництва;

фіксація опорного вузла з підшипниками та застосування до нього навантаження (ілюстрація 4.2);

створення мережі з обмежених елементів (див. зображення 4.3);

формується матриця твердості;

здійснюється злиття моделі з обмеженими елементами з індивідуальних частин, враховуючи умови фіксації деталі в точках з'єднання;

Навантаження та кріплення				
Ім'я кріплення	Зображення кріплення	Дані кріплення		
Зафіксований-1		Об'єкти: 1 грані Тип: Зафіксована геометрія		
результуючі сили				
Компоненти	X	Y	Z	Результуюча
Сила реакції (N)	-0.587097	-0.187225	-0.54452	0.822469
Реактивний момент (N.m)	0	0	0	0


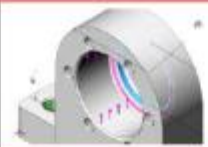
Ім'я навантаження	Завантажити зображення	Завантажити дані		
Сила-1		Об'єкти: 1 грані Довідковий: Грань <1> Тип: Докласти чинності Значення: 5000,N		
Сила-2		Об'єкти: 1 грані Довідковий: Грань <1> Тип: Докласти чинності Значення: -5000,-N		

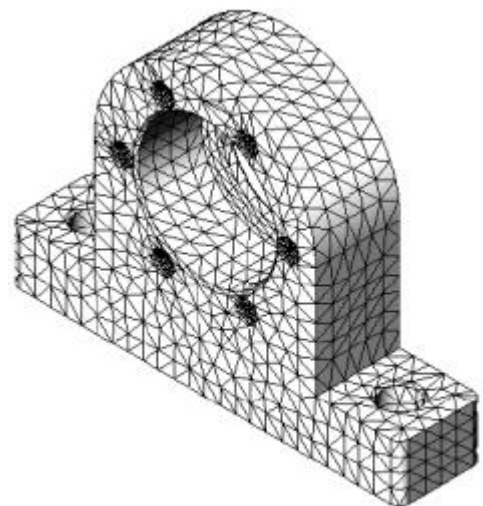
Рис. 4.2. Фіксація опорного вузла та застосування до нього навантаження

Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана	4 Точки
Размер элемента	11.4653 mm
Допуск	0.573265 mm
Эпюра качества сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	44793
Всего элементов	26861
Максимальное соотношение сторон	16.009
% элементов с соотношением сторон < 3	68.1
% элементов с соотношением сторон > 10	0.365
% искаженных элементов (Якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:02:56
Имя компьютера:	



а

б

Рис. 4.3. Характеристики мережі опорного вузла (а) та модель обмежених елементів цієї опори (б)

вирішується створена система алгебраїчних рівнянь та встановлюються аспекти стану під напругою і деформацією – див. малюнки 4.4 – 4.8.

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	-0.587097	-0.187225	-0.54462	0.822403

Моменты реакции

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

Рис. 4.4. Навантаження та реактивні моменти для опорного вузла.

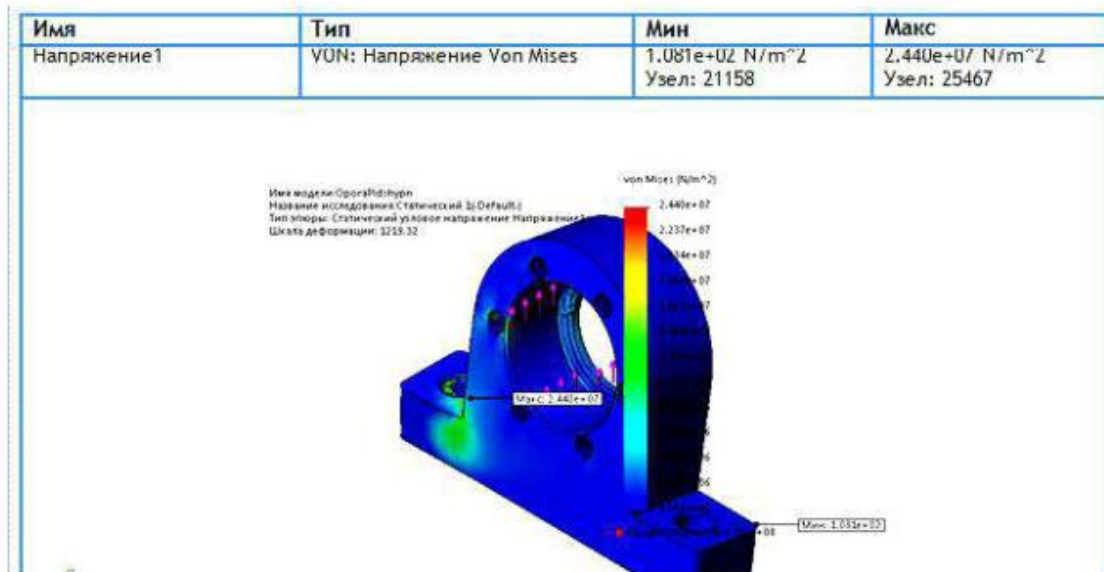


Рис. 4.5. Графік розподілу загальних напружень за von Mises для конструкції опорного вузла.

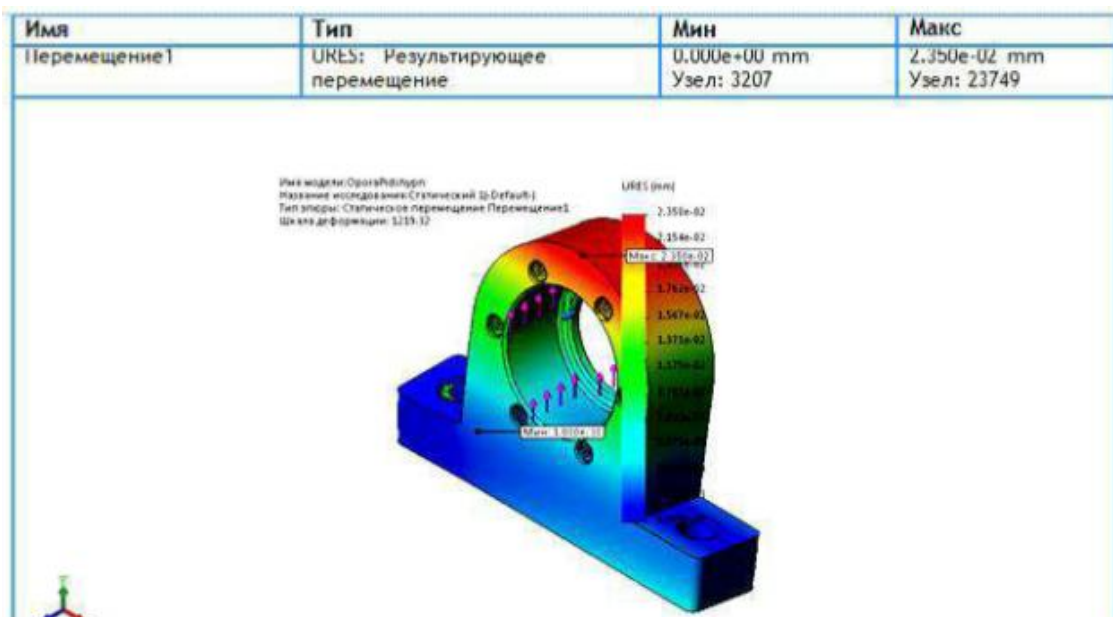


Рис. 4.6. Графік розподілу узагальнених зсувів URES конструкції опорного вузла.

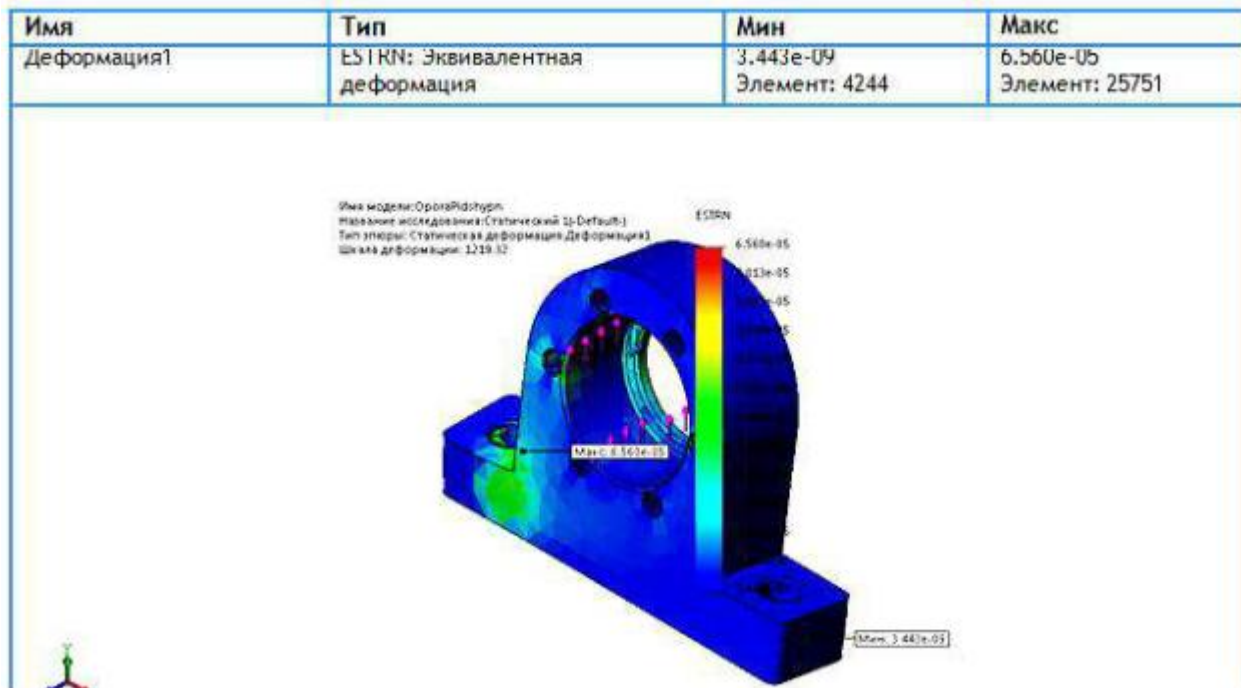


Рис. 4.7. Діаграма контурів загальних деформацій ESTRN для моделі опори

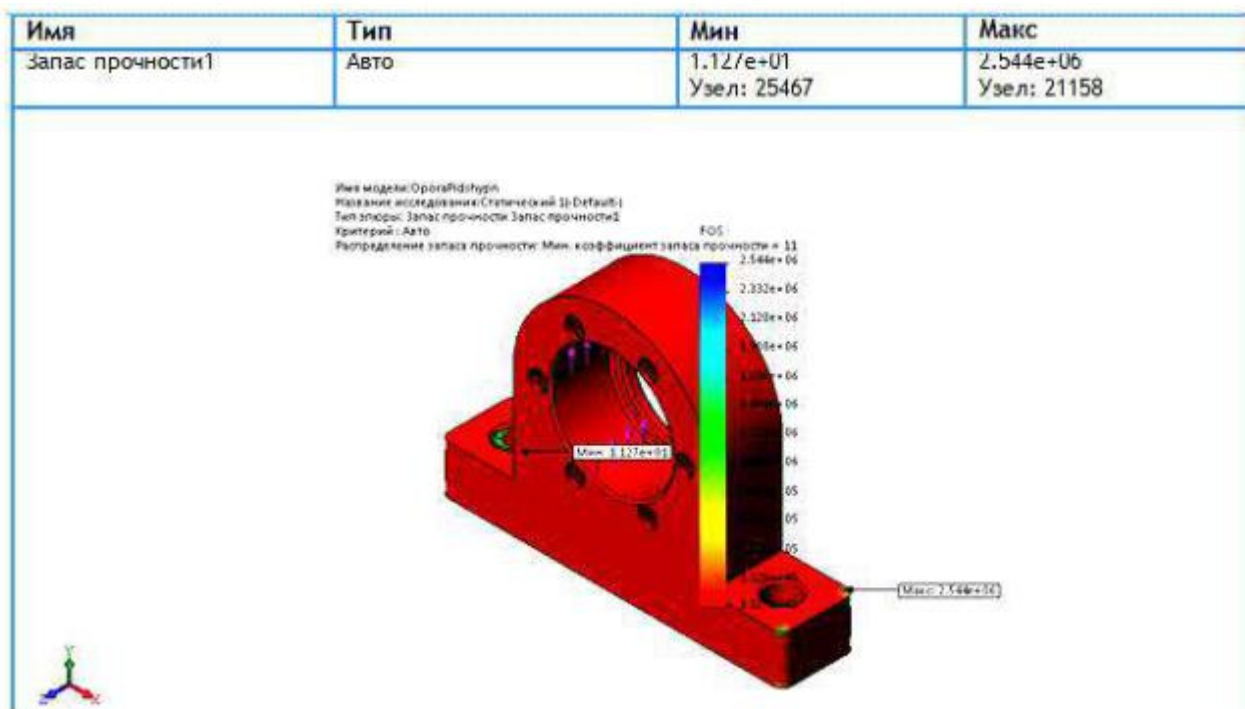


Рис. 4.8. Діаграма розподілу коефіцієнта запаса міцності FOS для конструкції опорного вузла

Оскільки найменший коефіцієнт запаса міцності дорівнює $n = 11,27$, опора з підшипниками є функціональною (нормативний коефіцієнт $[n]$ становить 1,5).

4.2 Оцінка статичної довговічності осі натягувача ланцюгової трансмісії тестового обладнання

На початковій фазі цифрового проектування в SolidWorks формується тривимірна конструкція осі (див. ілюстрацію 4.9).

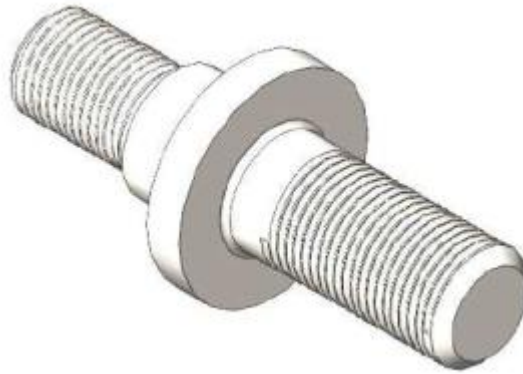


Рис. 4.9. Тривимірна просторова конструкція осі натягувача.

На наступному етапі до конструкції осі натягувача застосовується інструментарій SolidWorks Simulation: визначається вид дослідження для оцінки напруження та деформації – аналіз статичного стану (див. малюнок 4.10).

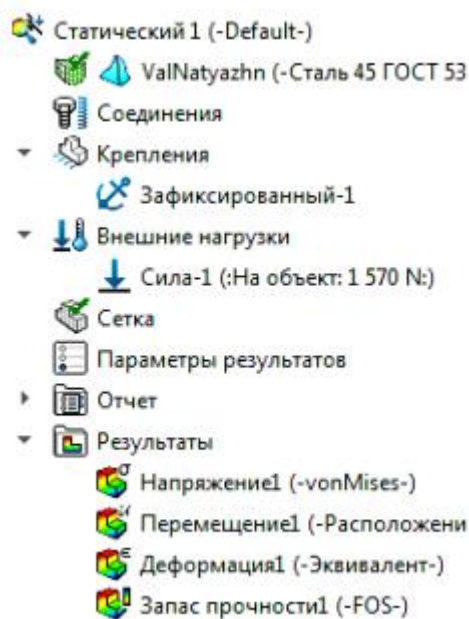


Рис. 4.10. Визначення виду аналізу стану напруження та деформації для осі натягувача.

Дані щодо конструкції осі натягувача представлені на малюнку 4.11.

Информация о модели


			
Имя модели: ValNatyazhn Активная конфигурация: Default			
Твердые тела			
Имя и ссылка документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Резьба5 	Твердое тело	Масса: 0.183214 kg Объем: 2.34056e-05 m ³ Плотность: 7827.8 kg/m ³ Масса: 1.7955 N	D:\StendDiagn_Val\ValNatyazhn\ValNatyazhn.SLDPR T Sep 22 15:16:44 2022

Рис. 4.11. Деталі про конструкцію осі натягувального механізму.

Під час виконання статичного дослідження конструкції призначають матеріал для осі натягувача (сталь 45 – див. ілюстрацію 4.12).

Свойства материала


Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя:	Сталь 45 ГОСТ 535-88
	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
	Критерии прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
	Предел текучести:	8.3e+08 N/m ²
	Предел прочности при растяжении:	9.8e+08 N/m ²
	Модуль упругости:	2.04e+11 N/m ²
	Коэффициент Пуассона:	0.3
	Массовая плотность:	7826 kg/m ³
	Модуль сдвига:	7.8e+10 N/m ²
	Коэффициент теплового расширения:	1.19e-05 /Kelvin

Рис. 4.12. Присвоєння характеристик матеріалу, з якого зроблена модель осі натягувального механізму.

Подальший крок - визначення точок фіксації моделі (у цьому аналізі - нерухома геометрія) та застосування до неї зовнішніх навантажень (див. малюнок 4.13).

Нагрузки и крепления

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты: 1 грани Тип: Зафиксированная геометрия		
Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	-0.0604053	-1569.98	0.0086534	1569.98
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Справочный: Грань < 1 > Тип: Приложить силу Значения: 1570, ---, --- N

Рис. 4.13. Фіксація конструкції осі натягувача та створення образу навантаження.

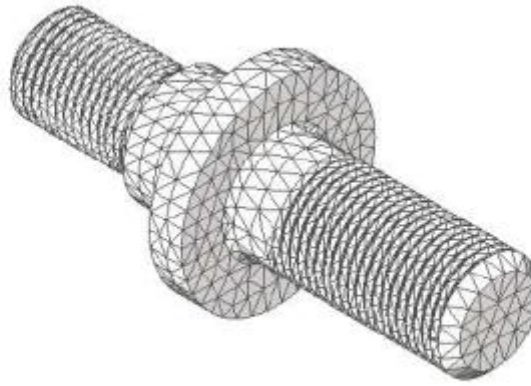
Далі здійснюється розбиття моделі на дрібні сегменти базових форм елементів, які з'єднуються в спільних точках вузлах: програмне забезпечення для аналізу обмежених елементів розглядає модель як систему окремих, взаємопов'язаних елементів мережу – див. малюнок 4.14.

Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана	4 Точки
Размер элемента	2.86146 mm
Допуск	0.143073 mm
Эпюра качества сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	35588
Всего элементов	22424
Максимальное соотношение сторон	23.77
% элементов с соотношением сторон < 3	74.8
% элементов с соотношением сторон > 10	5.85
% искаженных элементов (Якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:54



б

Рис. 4.14. Характеристики (а) та мережа обмежених елементів (б) моделі осі натягувача з типом твердого тіла.

Обчисленнями встановлено результуючі навантаження, які демонструються на ілюстрації 4.15.

Результирующие силы

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	-0.0604053	-1569.98	0.0086534	1569.98

Моменты реакции

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

Рис. 4.15. Навантаження та реактивні моменти для конструкції осі натягувача.

Наступний крок включає формування матриці твердості; здійснюється компонування моделі з обмеженими елементами із індивідуальних частин, враховуючи фіксацію деталей у точках з'єднань; вирішення створеної системи алгебраїчних рівнянь та ідентифікація елементів стану під напругою і деформацією (див. зображення 4.16 – 4.19).

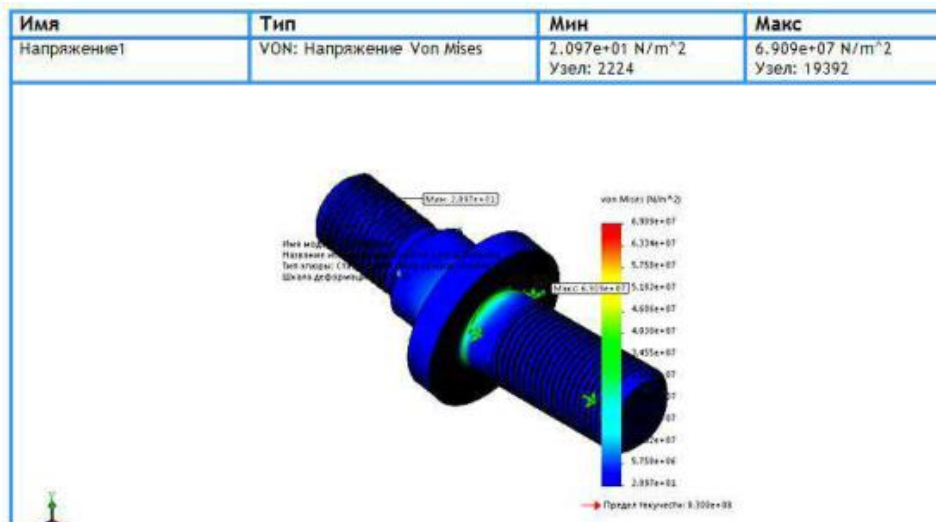


Рис. 4.16. Діаграма контурних зображень загальних напружень за von Mises для конструкції осі натягувача.

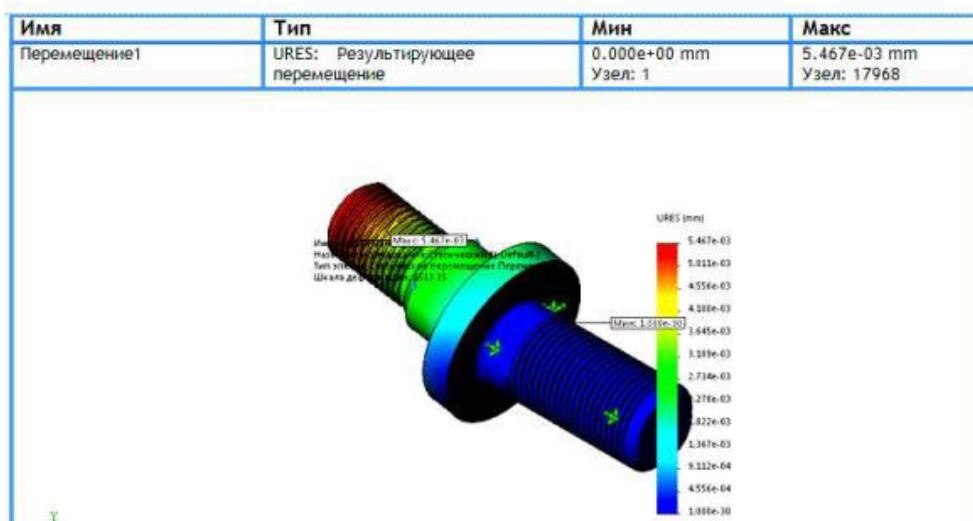


Рис. 4.17. Графік розподілу загальних зміщень URES у конструкції осі натягувального механізму.

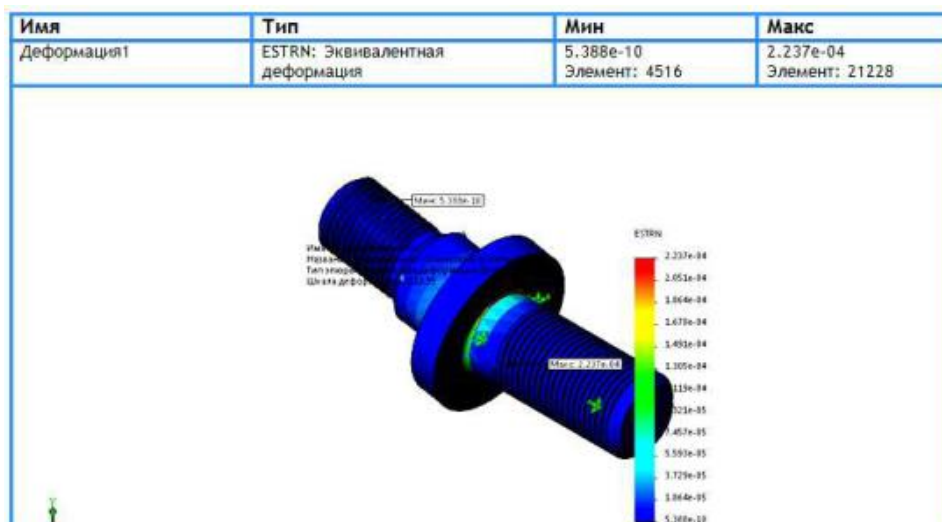


Рис. 4.18. Діаграма узагальнених деформацій ESTRN для моделі осі натягувального агрегату.

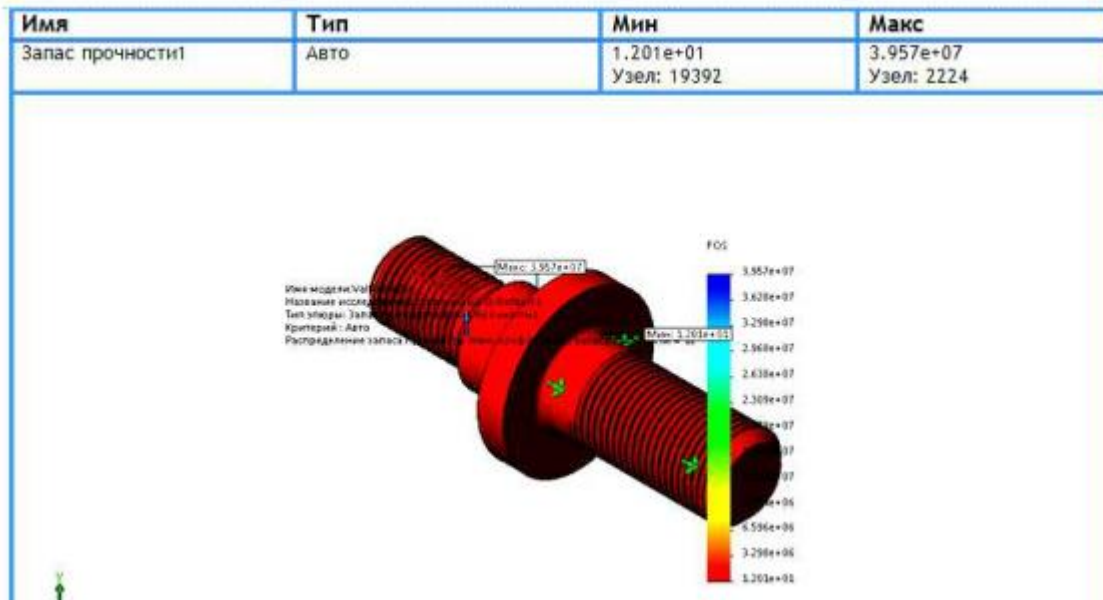


Рис. 4.19. Діаграма контурних ліній коефіцієнта запасу міцності FOS для конструкції осі натягувача.

Оскільки найнижчий коефіцієнт міцності FOS дорівнює $n = 12,01$ (згідно з ілюстрацією 4.19), а це перевищує дозволений рівень $[n] = 1,5$, ось чому вал натягувального механізму є функціональним.

4.3 Аналіз функціонування осі барабана

Виконаємо обчислення осі барабана обладнання для діагностики автомобільної трансмісії за допомогою SolidWorks Simulation.

На стартовому етапі цифрового проектування в SolidWorks розробимо тривимірну конструкцію осі (ілюстрація 4.20).

Активная конфигурация: По умолчанию		
Твердые тела		
Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства
Вырез-Вытянуть1 	Твердое тело	Масса: 4.98958 kg Объем: 0.000637565 m ³ Плотность: 7826 kg/m ³ Масса: 48.8979 N

Рис. 4.20. Тривимірна конструкція осі.

Далі з бібліотеки SolidWorks оберемо матеріал для осі – сталь 45 (ілюстрація 4.21).

Свойства материала

Ссылка на модель	Свойства
	Имя: Сталь 45 ГОСТ 535-88
	Тип модели: Линейный Упругий Изотропный
	Критерий прочности по умолчанию: Максимальное напряжение von Mises
	Предел текучести: $8.3e+008 \text{ N/m}^2$
	Предел прочности при растяжении: $9.8e+008 \text{ N/m}^2$
	Модуль упругости: $2.04e+011 \text{ N/m}^2$
	Коэффициент Пуассона: 0.3
	Массовая плотность: 7826 kg/m^3
	Модуль сдвига: $7.8e+010 \text{ N/m}^2$
	Коэффициент теплового расширения: $1.19e-005 / \text{Kelvin}$

Рис. 4.21. Визначення матеріалу для осі з каталогу SolidWorks.

Для виконання статичного дослідження:

здійснимо фіксацію конструкції осі (ілюстрація 4.22);



Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления				
Ролик/ползун-1		<table border="1"> <tr> <td>Объекты:</td> <td>2 грани</td> </tr> <tr> <td>Тип:</td> <td>Ролик/ползун</td> </tr> </table>	Объекты:	2 грани	Тип:	Ролик/ползун
Объекты:	2 грани					
Тип:	Ролик/ползун					

Рис. 4.22. Здійснення фіксації конструкції осі.

застосуємо обтяження до конструкції осі (ілюстрація 4.23).

Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	-202.38	0	0	202.38
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления				
Зафиксированный-1		<table border="1"> <tr> <td>Объекты:</td> <td>1 грани</td> </tr> <tr> <td>Тип:</td> <td>Зафиксированная геометрия</td> </tr> </table>	Объекты:	1 грани	Тип:	Зафиксированная геометрия
Объекты:	1 грани					
Тип:	Зафиксированная геометрия					

Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	202.411	0.153809	-0.107773	202.411
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

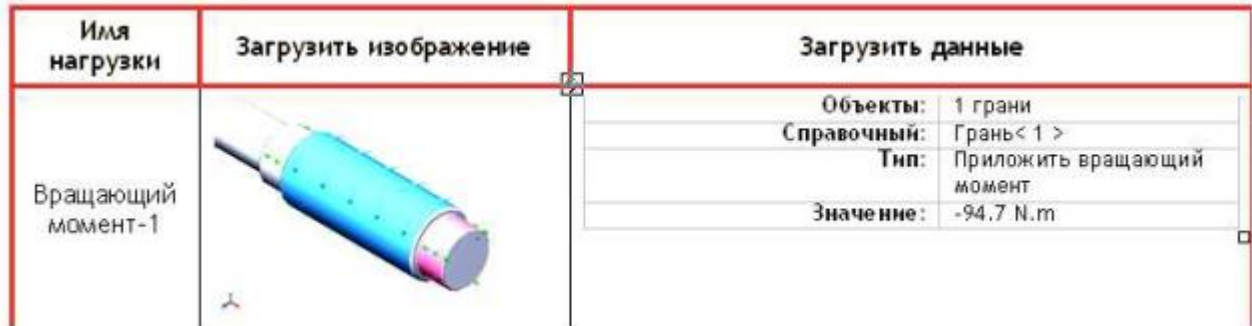


Рис. 4.23. Застосування обтяження до конструкції осі.

Дані щодо мережі моделі осі представлені на малюнку 4.24.

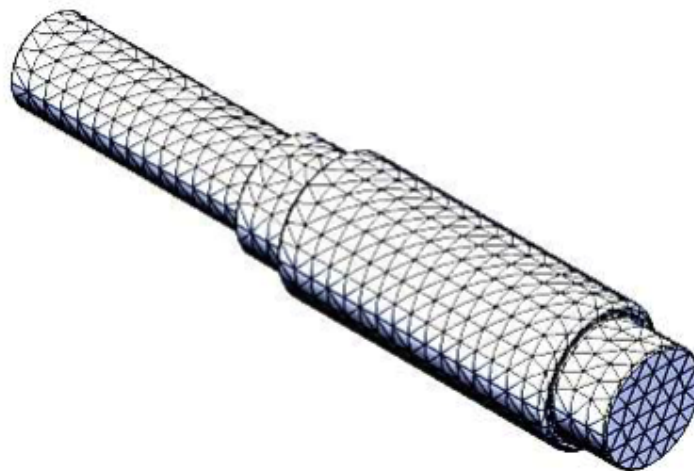
Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана	4 Точки
Размер элемента	8.60891 mm
Допуск	0.430446 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	14056
Всего элементов	9035
Максимальное соотношение сторон	11.158
% элементов с соотношением сторон < 3	92.6
% элементов с соотношением сторон > 10	0.0221
% искаженных элементов (Якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:11
Имя компьютера:	

а



б

Рис. 4.24. Характеристики мережі обмежених елементів моделі осі (а) та їхнє представлення на твердій поверхні (б).

Висновки обчислень (ілюстрації 4.25-4.28).

найвищі точкові напруження von Mises з'являються у точці № 13966 і становлять 285,96 МПа, що є в межах прийнятних норм;

найбільші точкові зміщення URES виявлені у точці № 10664 і дорівнюють 0,133 мм;

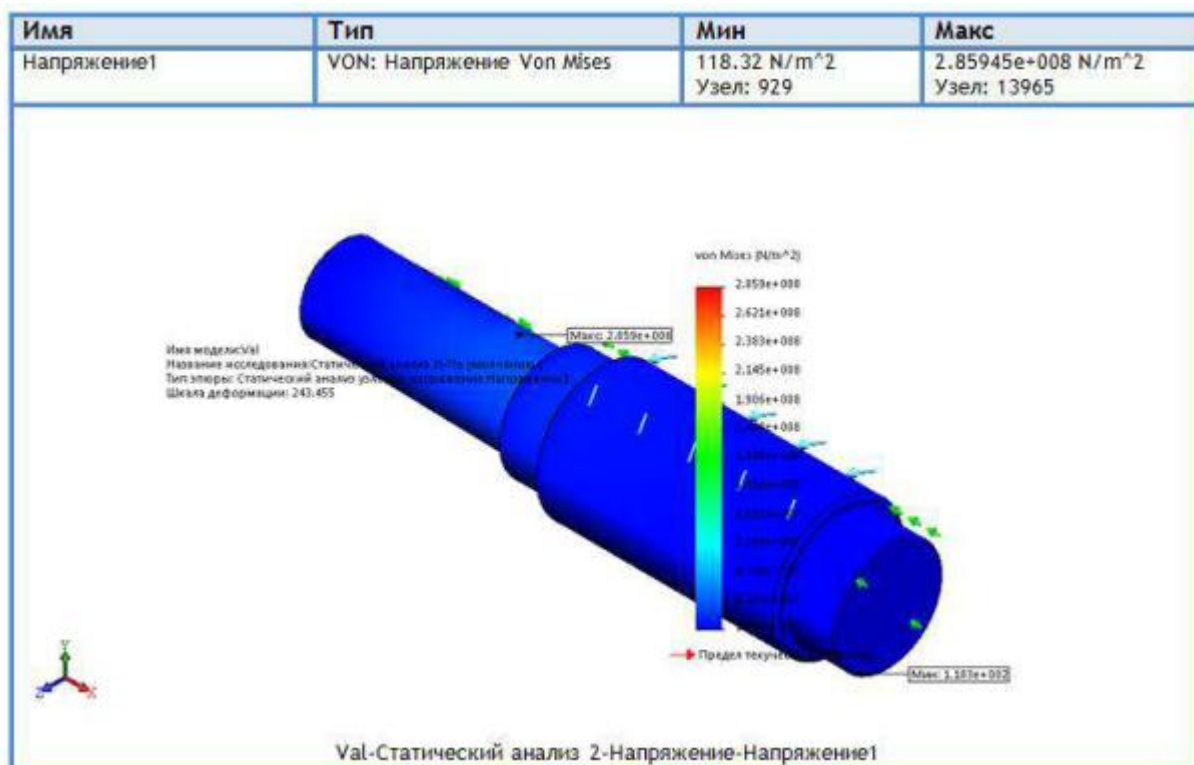


Рис. 4.25. Діаграма розподілу точкових напружень von Mises для моделі осі.

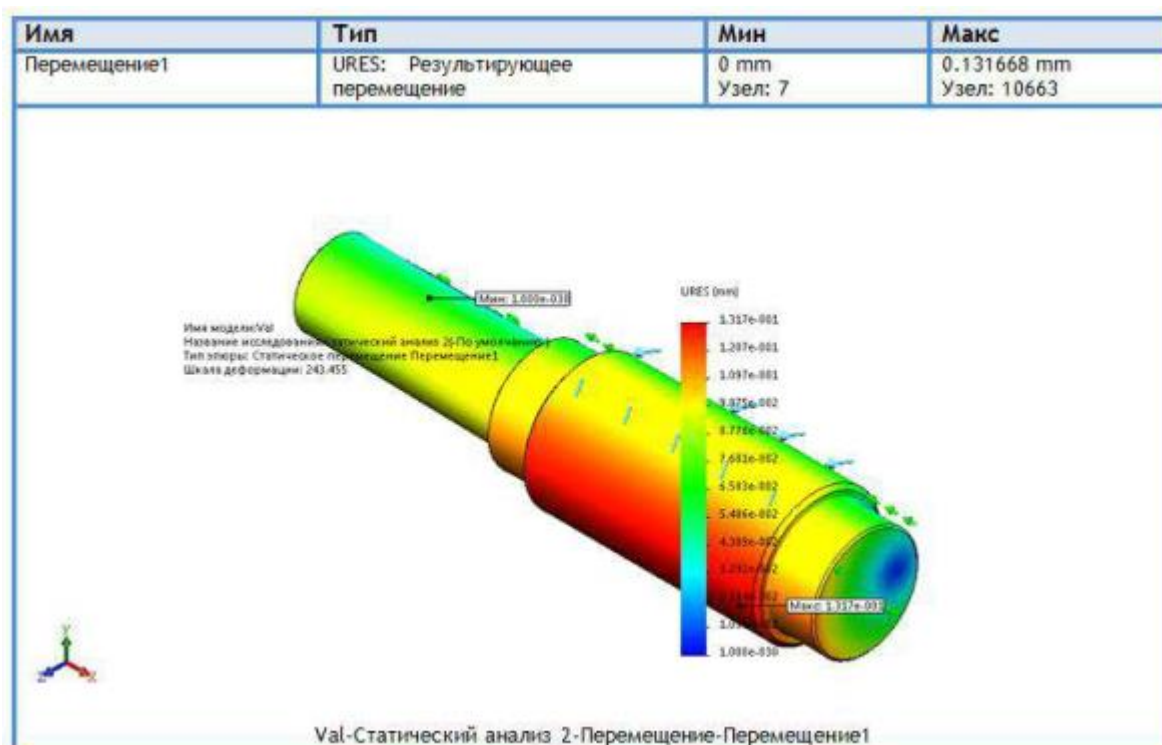


Рис. 4.26. Графік розподілу результируючих зсувів URES у конструкції осі.

максимальне рівнозначне вигинання ESTRN відбувається у точці № 4073 і дорівнює 0,000736;

найменший коефіцієнт міцності FOS спостерігається у точці № 13966 і становить 2,904, що перевищує допустимий рівень $[n] = 1,5$.

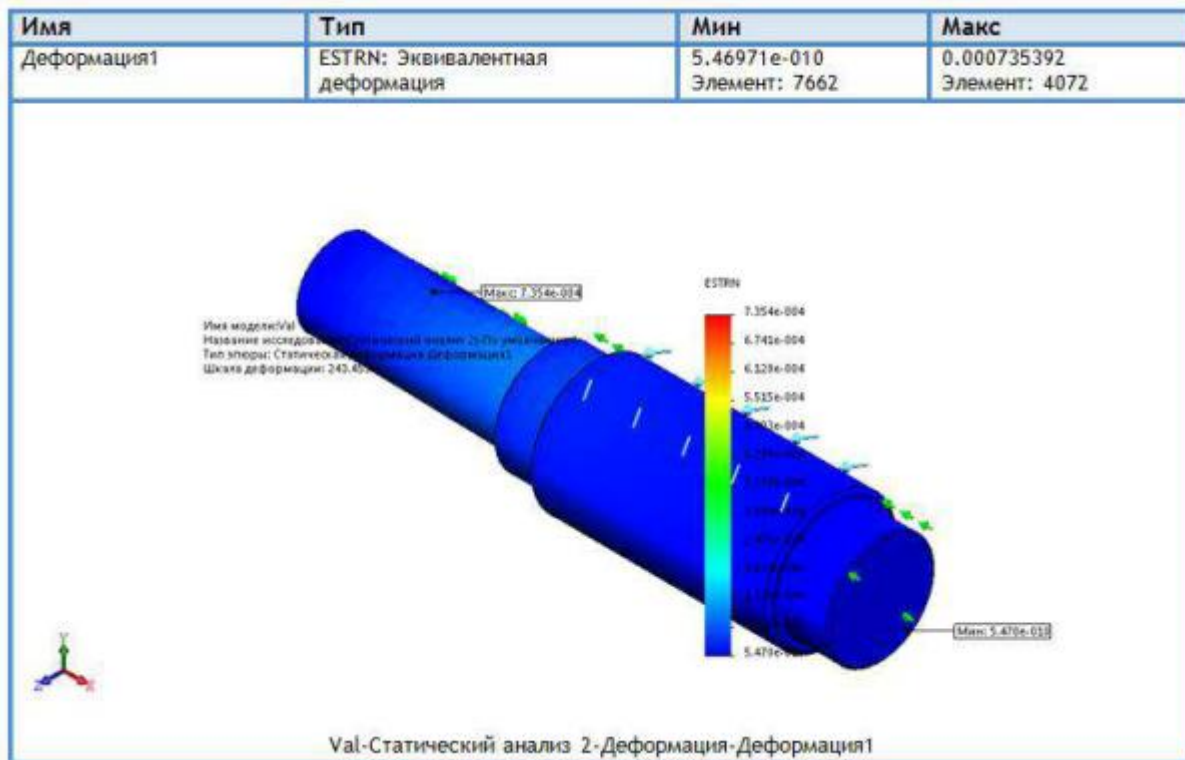


Рис. 4.27. Розподіл еквівалентної деформації ESTRN у моделі валу є епюром.

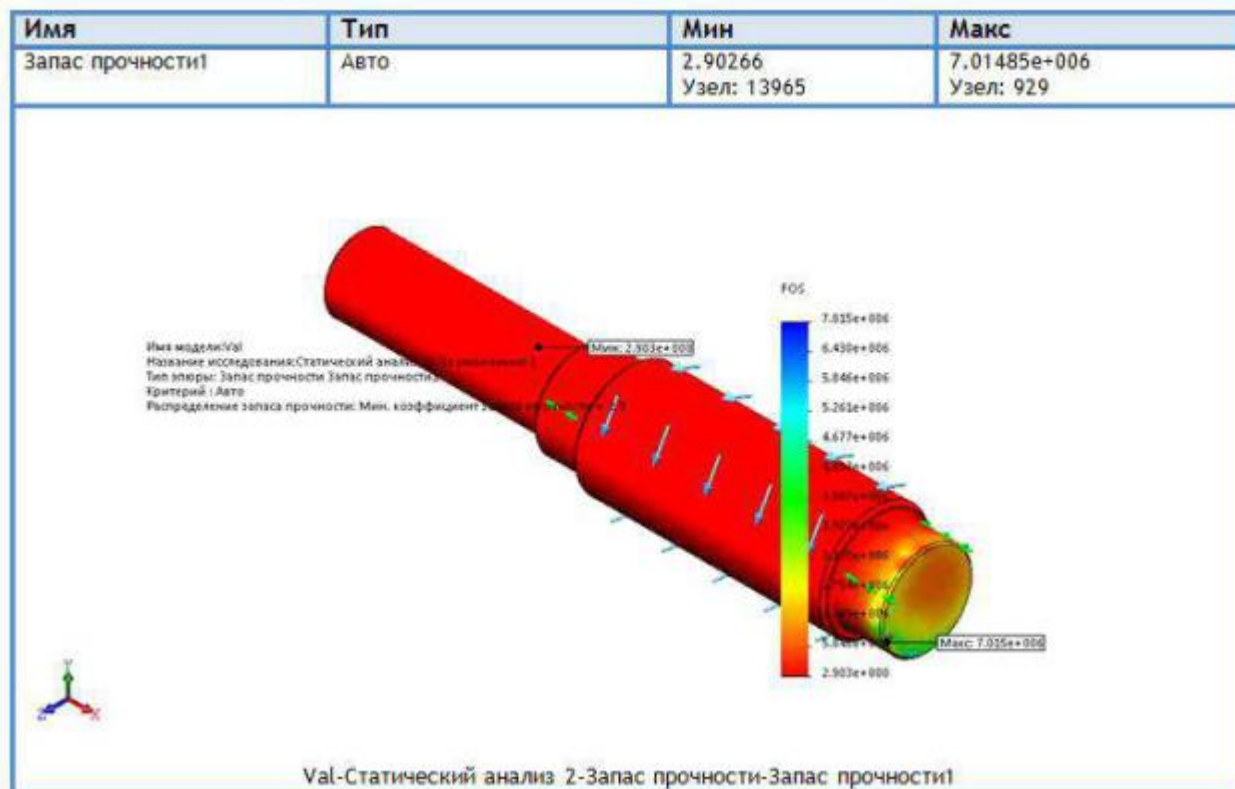


Рис. 4.28. Графік, який показує, як різниться запас міцності (FOS) у моделі вала.

Під час аналізу результатів моделювання було виявлено, що найменший значення коефіцієнта запасу міцності для вала дорівнює $n = 2,903$ (див. рис. 4.28), що перевищує припустимий показник $[n] = 1,5$. У зв'язку з цим основним завданням цього дослідження було поставлено визначення можливості заміни поточного матеріалу на інший, який може бути знайдений у ремонтних майстернях, такий як сталь 15 DIN 1.1141 (C15E) (див. рис. 4.29).

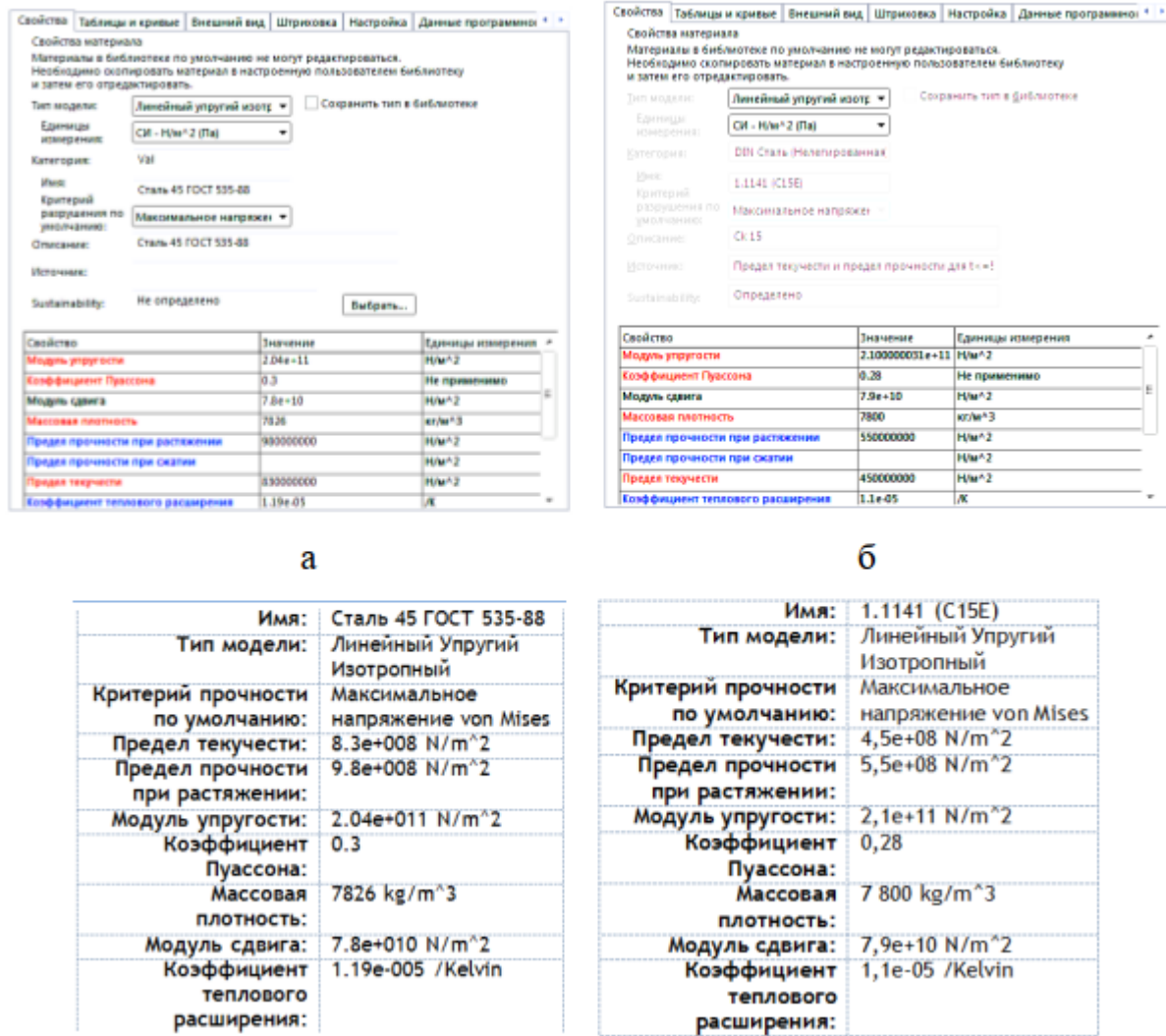


Рис. 4.29. Характеристики матеріалів сталі 45 (а) і сталі 15 (б).

У рамках подальших обчислень у програмі SolidWorks Simulation було виконано детальний розбір моделі вала на скінченні елементи. Була побудована матриця жорсткості та розглянуто умови закріплення вузлових точок, які були враховані при синтезі скінченно-елементної моделі. Після цього була вирішена система алгебраїчних рівнянь, і були отримані компоненти напружено-деформованого стану, що представлені на рисунку 4.30 і в таблиці 4.1.

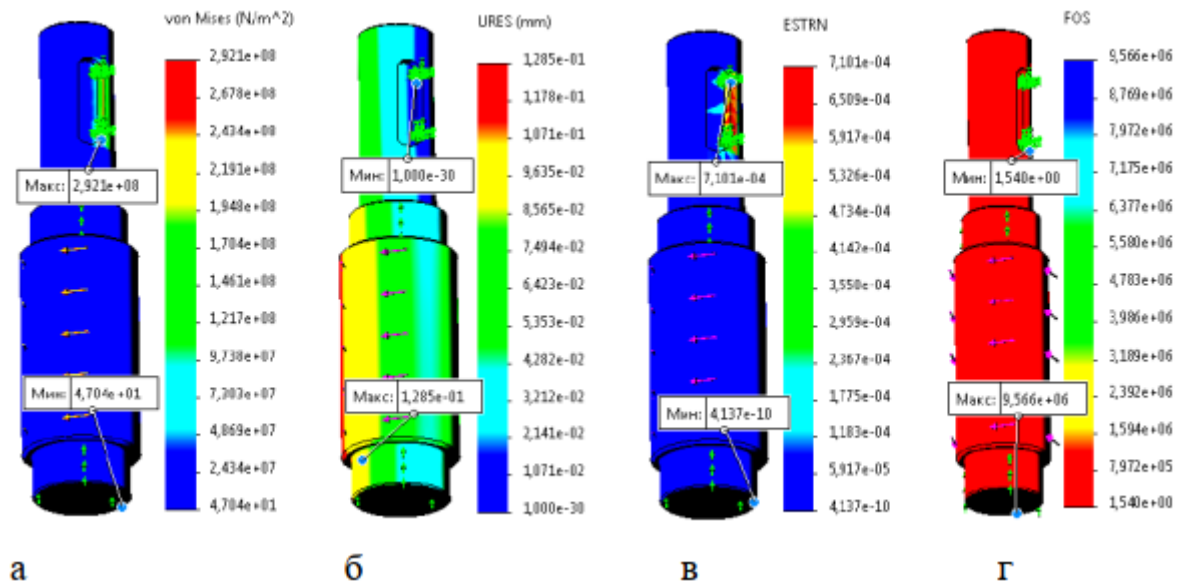


Рис. 4.30. Графіки, які відображають: а) Загальні напруження von Mises. б) Переміщення URES. в) Еквівалентні деформації ESTRN. д) Запас міцності FOS для вала.

Таблиця 4.1. Висновки отримані під час аналізу властивостей вала.

Сталь	Наванта - ження (макс.), σ , МПа	Перемі - щення (макс.), h, мм	Деформа - ція (макс.), d, мм	Запас міцності (мін.), k
45	285,95	0,132	0,000735	2,903
15	292,1	0,1285	0,0007101	1,540

Оскільки найменший коефіцієнт безпечності для вала, зробленого зі сталі 15, складає $n = 1,540$, то при заміні матеріалу на цю сталь замість сталі 45 для виготовлення вала, запас міцності залишається на задовільному рівні (припустимий коефіцієнт безпечності $[n] = 1,5$).

Таким чином, отримані результати підтверджують важливість проведеного дослідження, використовуючи програми SolidWorks та SolidWorks Simulation для лінійного статичного аналізу. З погляду забезпечення міцності виготовлення вала можливо, але враховуючи умови його роботи, рекомендується застосування термічної або хіміко-термічної обробки для підвищення його стійкості до зношування.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Порядок дій персоналу підприємств при виникненні пожежі

На підприємстві при виникненні пожежі дії адміністрації та персоналу слід спрямовувати на гарантування безпеки та евакуації людей.

Кожний працівник, який виявив пожежу, повинен:

негайно повідомити про це по телефону пожежну охорону (при цьому слід назвати адресу об'єкта, поверховість будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також назвати своє прізвище, ім'я та по батькові);

вжити (по можливості) заходів для евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

повідомити про пожежу керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового по підприємству або організації;

за потреби - викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну і та ін.).

Посадова особа підприємства, що прибула на місце пожежі, повинна:

перевірити, чи викликана пожежна охорона (продублювати повідомлення), повідомити власника підприємства про пожежу;

у разі загрози для життя людей негайно організувати їх порятунок (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили і засоби;

вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;

припинити роботи в приміщенні, крім робіт із вжиття заходів щодо ліквідації пожежі;

за потреби - відключити електроенергію (за винятком систем протипожежного захисту), зупинити транспортери, агрегати, апарати, перекрити сировинні, газові та парові комунікації, зупинити системи вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) і вжити інших заходів, які сприяють недопущенню розвитку пожежі та задимлення в приміщенні;

перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок пожежогасіння, протидимового захисту;

одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію відповідно до схеми і захист матеріальних цінностей;

забезпечити дотримання вимог безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі;

організувати зустріч підрозділів пожежної охорони, допомогти у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та встановленні на водні джерела.

Після прибуття на пожежу пожежних підрозділів слід забезпечити їх безперешкодний доступ на територію підприємств.

Після прибуття пожежного підрозділу адміністрація та технічний персонал підприємства зобов'язані брати участь у консультуванні керівника гасіння про конструктивні і технологічні особливості підприємства, де виникла пожежа, прилеглих будівель, організувати залучення сил та засобів підприємства до вжиття належних заходів, пов'язаних із ліквідацією пожежі та попередженням її розвитку.

Основні причини загорання на автотранспорті:

порушення герметичності комунікацій, несправностей паливної системи і загорання палива та електропроводки при стиканні з поверхнями, які мають високі робочі температури (вихлопним колектором, глушником та опалювальною установкою);

спалахування палива внаслідок потрапляння іскри, яка виникає від ударів сталених деталей пошкодженого кузова автомобіля під час ДТП;

спалахування палива від потрапляння іскри розряду статичної електрики;

спалахування спалимих конструкційних матеріалів і палива з причин несправності електрообладнання (короткого замикання, незадовільних контактів тощо);

спалахування спалимих конструкційних матеріалів і палива від впливу відкритого вогню (зварювальні роботи, розігрів вузлів автомобіля в зимовий період, перевірка наявності палива в паливних баках за допомогою відкритого вогню, паління та ін.).

При займанні автомобіля водій повинен зупинити автомобіль, з'їхавши на узбіччя, вимкнути запалення, відключити акумулятор від загальної мережі і виконати вимоги Правил дорожнього руху щодо позначення зупинки дорожнього транспортного засобу.

Після зупинки автомобіля водій повинен негайно відкрити всі виходи, забезпечити швидку евакуацію пасажирів і розпочати гасіння пожежі. Більш висока ефективність гасіння пожежі може бути досягнута, якщо гасіння проводитиметься одночасно з евакуацією пасажирів.

Гасіння пожежі вогнегасником потрібно починати з пролитого під автомобіль палива, здійснюючи подавання струменя на осередок вогню. Перед початком гасіння в підкапотному просторі водій повинен відкрити замки капота. Гасіння в підкапотному просторі слід починати одночасно з відкриттям капота - інтенсивність горіння після його відкриття зростає.

Успіх гасіння автомобіля залежить від оперативності дій водія. Водій зобов'язаний пам'ятати, що для всіх вогнегасників, рекомендованих для комплектації автотранспорту, час безперервної роботи вогнегасника становить 9-15 сек. Замково-пускове обладнання вогнегасника дозволяє за потреби припинити подавання вогнегасильного заряду. Це дозволяє гасити декілька осередків у різних місцях автомобіля або повторні загорання в одному осередку.

Найбільший ефект досягається при одночасному гасінні (групою людей) із застосуванням декількох вогнегасників, а також при одночасному застосуванні підсобних засобів: снігу, піску, покривал та ін. Гасити потрібно з навітряного боку, спрямовуючи струмінь з вогнегасника на поверхню, яка горить, а не на полум'я. При гасінні палива, яке витікає, слід подавати заряд від низу гирла отвору до гори. Для водія небезпечно гасити вогонь у забрудненому одязі (промасленому, просоченому парами палива) і з руками, змоченими пальним.

У разі ДТП, що призвели до пожежі при перевезенні небезпечних вантажів, водій зобов'язаний:

за потреби вжити заходів для виклику пожежної допомоги;

відповідно до аварійної картки - вжити заходів з первинного усунення наслідків аварії;

позначити місце ДТП згідно з вимогами Правил дорожнього руху, а також вжити заходів з евакуації дорожнього транспортного засобу за межі дороги, якщо це передбачено умовами безпечних перевезень небезпечних вантажів.

При вимушеній зупинці дорожнього транспортного засобу через пошкодження тари або упаковки з небезпечним вантажем, властивості якого становлять небезпеку для інших учасників руху, місце зупинки додатково позначається двома знаками «В'їзд заборонено», які встановлюються з обох напрямків руху на відстані не менше 100 м від дорожнього транспортного засобу.

При гасінні пожежі на газобалонному дорожньому транспортному засобі перш за все потрібно:

перекрити магістральний і балонний вентиля;

на двигуні, який працює, збільшити кількість обертів колінчатого вала і швидко відпрацювати газ, який залишився в системі газопроводів, від вентиля в карбюратор-змішувач;

гасити пожежу вуглекислотним або порошковим вогнегасником, піском, покривалом, водою, снігом та іншими підручними засобами.

Для попередження нагрівання балони з газом слід поливати холодною водою.

Відповідальний за стан і наявність вогнегасника на дорожньому транспортному засобі - його водій, він повинен знати будову вогнегасника і вміти ним користуватися. Водій зобов'язаний при щоденному огляді перевірити наявність на вогнегаснику пломб, відсутність механічних пошкоджень, величину тиску у вогнегаснику за індикатором (у вогнегасниках закачувального типу), термін чергового огляду. Не допускається до роботи дорожній транспортний засіб, термін чергового опосвідчення вогнегасника якого закінчився, а також якщо цей вогнегасник має механічні пошкодження, порушення пломби та падіння тиску.

5.2 Протирадіаційні укриття

Протирадіаційні укриття (ПРУ) – це споруди, які забезпечують захист людей від дії іонізуючих випромінювань при радіоактивному зараженні місцевості та безперервному перебуванні в них розрахункової кількості людей протягом 1–2 діб.

В зоні можливих слабких руйнувань ПРУ забезпечують також захист від обвалення окремих елементів будинків, для чого їх несучі конструкції повинні бути розраховані на тиск у фронті ударної хвилі повітря, що дорівнює 20 кПа (0,2 кг/см²).

ПРУ в межах зон можливих слабких руйнувань необхідно розташовувати в підвалах і цокольних поверхах, а за межами зон можливих руйнувань – також і на перших поверхах. При пристосуванні приміщень під ПРУ, демонтаж технологічного обладнання не передбачається.

Місткість ПРУ визначається сумою місць для сидіння і лежання (на верхніх ярусах) та приймається:

5 чоловік і більше, в залежності від площі приміщень укриттів, обладнаних в існуючих будинках і спорудах;

10–50 чоловік, в укриттях, які швидко зводяться та не використовуються в мирний час;

50 чоловік і більше, в залежності від площі приміщень, що проектуються і будуються в нових будинках та спорудах, які використовуються в мирний час в інтересах суб'єктів господарської діяльності.

В залежності від місця розташування ПРУ повинні мати коефіцієнт захисту k_3 рівний :

а) на об'єктах 1 і 2 категорії по ЦЗ, розташованих поза зонами можливих сильних руйнувань, для працюючих змін підприємств – 200;

б) у зонах можливого небезпечного радіоактивного зараження: для працюючих змін, формувань ЦЗ і лікувальних установ, що розгортаються у військовий час, – 200;

для населення – 100;

в) у зонах можливого сильного радіоактивного зараження:

для працюючих змін і лікувальних установ, що розгортаються у військовий час, – 100;

для населення – 50;

г) за межами зон можливого сильного радіоактивного зараження:

для працюючих змін і лікувальних установ, що розгортаються у військовий час, – 20;

для населення – 10.

ПРУ повинні мати приміщення для розміщення людей, санітарного вузла, вентиляційної камери, зберігання брудного верхнього одягу.

В ПРУ улаштовуються не менше двох входів.

Приміщення, які застосовуються під ПРУ, повинні бути забезпечені вентиляцією, опаленням, каналізацією і освітленням у відповідності з вимогами їх експлуатації в мирний час і в надзвичайних ситуаціях.

В ПРУ будь-якої місткості, що розташовуються на цокольних і перших поверхах будинках, а також в укриттях місткістю до 50 чоловік, що розміщуються в підвальних поверхах будинків, використовується не примусова вентиляція. В інших випадках – примусова вентиляція.

Система опалення ПРУ є загальною з опалювальною мережею будинків і повинна мати систему відключення.

Водозабезпечення ПРУ повинно здійснюватися від зовнішньої або внутрішньої водопровідної мережі. Норма використання води на одну людину – 25 л на добу. При відсутності водопроводу в укриттях передбачаються місця для розміщення баків з питною водою із розрахунку 3 л на добу на одну людину.

Електрозабезпечення ПРУ передбачається від загальної електромережі.

Параметри повітряного середовища та норми подачі повітря в ПРУ приймаються такими як для сховищ.

Прості укриття – це споруди, які забезпечують захист людей від світлового випромінювання і уламків зруйнованих будинків, а також знижують дію проникаючої радіації, ударної хвилі вибуху і радіоактивних випромінювань на зараженій місцевості.

До простих укриттів відносяться спеціально збудовані щілини, а також підвали і інші заглиблені приміщення, які пристосовані для захисту людей.

Щілини викопуються в ґрунті у вигляді вузьких ровів зі зламами в плані під кутом 90–120°. Довжина прямого відрізка повинна бути не більше 15 м. Місткість щілин приймається від 10 до 50 чоловік. В щілинах місткістю до 25 чоловік робиться один вхід, а при більшій місткості – два входи.

Підвали та інші заглиблені і підземні приміщення та споруди, які пристосовуються під прості укриття, повинні бути достатньо міцні, обгороджені конструкціями з не горючих матеріалів і не мати транзитних комунікацій (трубопроводів опалення і забезпечення водою діаметром більше 70 мм, паропроводів діаметром більше 40 мм, кабелів високої напруги). Місткість укриттів в підвалах будинків рекомендується приймати 50–300 чоловік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проект створення дільниці ремонтного цеху для технологічного процесу діагностики трансмісій вантажних автомобілів та дослідженням працездатності деталей діагностичного стенду є важливим та обіцяючим напрямком для підвищення ефективності обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Завдання цього проекту включають створення спеціалізованого майданчика для діагностики трансмісій вантажних автомобілів, який дозволить проводити ретельний аналіз їхнього стану та виявляти проблеми та несправності в ранніх стадіях. Це допоможе уникнути серйозних поломок та забезпечити безпеку на дорозі.

Окремим аспектом цього проекту є дослідження працездатності деталей діагностичного стенду. Це важливо для забезпечення надійності та точності вимірювань, які проводяться на стенді. Це може включати в себе періодичну калібрування обладнання, забезпечення його правильної роботи та заміну зношених або пошкоджених компонентів.

Всі ці заходи спрямовані на підвищення якості обслуговування автомобілів, зменшення часу та витрат на ремонт, а також забезпечення безпеки на дорозі. Проект такого роду може виявитися дуже корисним як для власників автопарку, так і для водіїв, які можуть бути впевнені в надійності своїх транспортних засобів.

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. Біліченко, В. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
3. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
4. Мархель І.І. Деталі машин: навчальний посібник / І.І. Мархель. – К.: Алерта, 2005. – 368 с.
5. Гевко І.Б. Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, 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 автотransпортних 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. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.

17. 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).

18. 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).

19. 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.

20. 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.