



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  
Ляшук О.Л.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту Бомашуку Роману Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для діагностики, технічного  
обслуговування та поточного ремонту гальмівного механізму автомобіля  
КрАЗ-6510 з дослідженням нерівномірності дії гальмівної системи

Керівник роботи Левкович М.Г., к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » вересня 2020 року № 4/7-690.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 27 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес  
обслуговування та ремонту гальмівного механізму

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

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Коротка технічна характеристика рухомого складу АТП – 1 аркуш формату А1. ТП процес проведення  
поточного ремонту гальмівного механізму коліс – 1 аркуш формату А1. Вдосконалений ТП поточного  
ремонт гальмівного механізму коліс – 2 аркуші формату А1. Стенд розбирання маточини з  
гальмівним барабаном – 1 аркуш формату А1. Стенд зрізання накладок з гальмових колодок – 1 аркуш  
формату А1. Виробничий корпус АТП – 1 аркуш формату А1. Наукові дослідження – 2 аркуші  
формату А1.



## РЕФЕРАТ

дипломної роботи на тему:

«Проект дільниці ремонтного цеху для діагностики, технічного обслуговування та поточного ремонту гальмівного механізму автомобіля КрАЗ-6510 з дослідженням нерівномірності дії гальмівної системи» студента групи МАМ-61 ТНТУ імені Івана Пулюя Бомашука Р.В. Керівник роботи – канд. техн. наук, доцент Левкович М.Г.

Розрахунково-пояснювальна записка: \_\_\_ арк. формату А4, \_\_\_ рисунків, \_\_\_ таблиць, \_\_\_ арк. формату А4 додатків, \_\_\_ літературне джерело, графічна частина – \_\_\_ аркушів формату А1.

Ключові слова: автобудування, технологічний процес, операція, ремонт, відновлення, деталь, складання, форма організації виробництва, технічне обслуговування, діагностика.

Мета роботи: дослідженням нерівномірності дії гальмівної системи автомобілів.

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний, науково-дослідницький.

Для досягнення поставленої мети вирішено задачі:

- Визначено методи вирішення поставлених задач та актуальність теми роботи;
- проаналізовано конструкцію та службове призначення об'єкту;
- підібрано необхідне технологічне оснащення;
- визначено виробничу програму по ТО і ремонту;
- розглянуто діагностичні параметри гальмівних систем.
- розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- оформлено графічну частину роботи.

## ЗМІСТ

|   |          |
|---|----------|
| ВСТУП   | 7        |
| <b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>  | <b>9</b> |
| 1.1 Характеристика АТП  | 9        |
| 1.2 Аналіз виробничо-технічної бази АТП   | 12       |
| 1.3 Причини зниження ефективності гальмівних систем   | 19       |
| 1.4 Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу  | 22       |
| <b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>   |          |
| 2.1 Технологічний розрахунок виробничої програми технічного обслуговування автомобілів                        | 24       |
| 2.2 Вдосконалення технологічного процесу проведення поточного ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів | 29       |
| 2.2.1 Робоча гальмівна система  | 29       |
| 2.3 Розрахунок кількості технологічного обладнання дільниці по ремонту гальмівних систем                      | 34       |
| 2.4 Розрахунок площі дільниці ремонту гальмівних систем   | 36       |
| 2.5 Планувальне рішення дільниці по ремонту   | 36       |
| <b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>  |          |
| 3.1 Основні складові гальмівної системи   | 38       |
| 3.1.1 Компресор   | 38       |
| 3.1.2 Регулятор тиску із запобіжним клапаном  | 38       |
| 3.1.3 Подвійний захисний клапан   | 39       |
| 3.1.4 Двохмагістральний перепускний клапан  | 40       |
| 3.1.5 Передня гальмівна камера  | 40       |
| 3.1.6 Гальмівна камера з пружинним енергоакумулятором   | 41       |
| 3.2 Технічна характеристика і опис конструкції обладнання   | 41       |
| 3.2.1 Стенд розбирання-збирання маточини з гальмівним барабаном   | 41       |
| 3.2.2 Стенд для зрізання гальмівних накладок з колодок  | 43       |
| 3.3 Розрахунок вузлів пропонованого технологічного устаткування   | 44       |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.1 Розрахунок пневмомеханічного підйомника стенду<br>розбирання-збирання маточини з гальмівним барабаном | 44 |
| 3.4 Оцінювання економічної ефективності інновації   | 47 |
| <b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b>   |    |
| 4.1 Причини виникнення нерівномірності гальм  | 56 |
| 4.2 Діагностичні параметри гальмівних систем  | 60 |
| <b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>  |    |
| 5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників  | 67 |
| 5.2 Заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях  | 69 |
| 5.3 Розрахунок по шуму  | 71 |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>  | 73 |
| <b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>   | 74 |
| <b>ДОДАТКИ</b>  |    |

## Вступ

При експлуатації автомобільного транспорту найважливіше значення має забезпечення безпеки дорожнього руху. Аварійність в містах і на дорогах України є однією з найсерйозніших соціально економічних проблем.

Зріст числа суб'єктів - власників транспортних засобів усіх форм власності: державної, муніципальної, приватної, іноземної, акціонерних товариств різного типу, а також індивідуальних підприємців з утворенням і без утворення юридичної особи та індивідуальних власників, що експлуатують автотранспортні засоби - супроводжується скороченням обсягів і зниженням якості технічного обслуговування.

Це пов'язано з відсутністю або слабким розвитком виробничо технічної бази, низькою кваліфікацією виконавців і недотриманням відповідних приписів виробників автототехніки. Несвоєчасне обслуговування і ремонт в поєднанні з низьким професійним рівнем водіння неминуче призводять до зниження рівня безпеки руху, зростання аварійності і збільшення шкідливого впливу автотранспорту на навколишнє середовище.

Одним з перспективних напрямків вирішення даних проблем в сфері технічної експлуатації є використання діагностування, що приводить до зниження питомих матеріальних та трудових витрат на обслуговування і ремонт автомобілів, підвищення їх економічності і безпеки руху, зменшення забруднення навколишнього середовища. Особливо актуальним є застосування засобів бортового діагностування гальмівних систем автомобілів, оскільки від технічного стану цих систем багато в чому залежить безпека руху.

Відмінною рисою бортового діагностування гальм є можливість вибору раціональних режимів руху автомобілів з точки зору безпеки руху. Ця особливість набуває великого значення в даний час у зв'язку зі значним зростанням числа малодосвідчених водіїв.

Відомо, що значний вплив на безпеку руху автомобіля надає нерівномірність дії гальмівних механізмів. Сучасні автомобілі обладнуються

достатньо надійними та ефективними гальмами, в тому числі з антиблокувальними системами (ABS), електронними системами розподілу гальмівних сил (ESP), системами стабілізації (VSA) тощо. Але навіть в цих гальмівних системах не вдається повністю усунути нерівномірність роботи гальмівних механізмів і забезпечити стійкість автомобілів при гальмуванні.

Однак, аналіз розроблених методів бортового діагностування гальмівних систем автомобілів показує, що вони, як правило, дозволяють проводити діагностування гальмівних систем за параметрами загальної ефективності їх роботи або мають низьку достовірністю діагностування, що ускладнює проведення локалізації несправностей колісних гальмівних механізмів і не дозволяє отримувати інформацію про нерівномірність їх роботи.



# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Характеристика АТП

В місті Кам'янське транспортні послуги та послуги з проведення ТО і ПР рухомого складу здійснюють декілька автотранспортних підприємств, а саме: ТОВ «Інтерспецмаркет», АТП «Дніпровська транспортна компанія», „ВАТ „ПРОМЗіПАКТИВ”, КАТП – 042802, ПП «Експрес 2001», ТОВ «Імперіал», ТОВ «Юнік». Як правило, це невеликі приватні та комунальні підприємства, які мають невелику кількість автомобілів, що забезпечують власні потреби в перевезеннях та надані необхідних видів ТО і ПР. Ремонтна база, як правило, на таких підприємствах невелика, в зв'язку деякий об'єм робіт по поточному ремонту та обслуговуванню виконується на інших підприємствах.

Автотранспортне підприємство містить: адміністративно-побутовий корпус, контрольно-технічний пункт, корпус для проведення ТО і ПР автомобілів, допоміжні та складські приміщення.

На території АТП розміщено,, головний виробничий, мийка автомобілів відкритого типу, складські і допоміжні приміщення.

Також дуже перспективним є ринок пасажирських перевезень на міських та приміських маршрутах міста. У 2019 року у зв'язку з численними скаргами городян на незадовільний стан транспорту, а також систематичне невиконання умов договору, управлінням транспортної інфраструктури та зв'язку Кам'янської міськради в односторонньому порядку були розірвані договори з перевізниками ТОВ «Юнік» і ТОВ «Імперіал».

Для перспективного планування розвитку АТП „АДА-Транссервіс” потрібно провести детальний аналіз роботи підприємства, виходячи з того, що рухомий склад АТП необхідно збільшити до 300 одиниць рухомого складу: МАЗ 5440, КрАЗ 6510, КамАЗ 55111, а дуже зношені та застарілі автомобілі ЗиЛ-ММЗ 4505 пропонується замінити на пасажирські автобуси малого класу БАЗ А079 для виходу підприємства на ринок пасажирських перевезень.

При розширенні матеріально-технічної бази АТП „ АДА-Транссервіс ” необхідно забезпечити підприємство обладнання для проведення ТО і ПР. В такому випадку дане підприємство буде мати можливість надавати послуги автотранспортним підприємствам міста та області по технічному обслуговуванню та поточному ремонту вантажних автомобілів та автобусів.

Отже, визначивши сектори ринку вантажних та пасажирських транспортних перевезень, можемо зробити висновок, що необхідно збільшувати кількість автомобілів до 300 одиниць, а також оновити технологічне обладнання для проведення ТО і ПР. Але для цього необхідно провести аналіз матеріально-технічної бази ТОВ „ АДА-Транссервіс ”, виходячи з парку рухомого складу 300 автомобілів.

Основними виробничими структурами підприємства є автоколони (служба експлуатації) і дільниці по обслуговуванню і ремонту рухомого складу (ремонтно-технічна служба).

Допоміжними структурами являються: виробничо-технічний відділ, бюро організації праці, облікове бюро, відділ безпеки руху.

Коротка технічна характеристика автомобілів, що складають рухомий склад АТП приведена в таблиці 1.1 [3].

Виробничий корпус призначений для обслуговування і ремонту вантажних автомобілів та автобусів малого, середнього та великого класу.

Таблиця 1.1 – Коротка технічна характеристика рухомого складу АТП

| Параметри                                 | ЗиЛ-ММЗ<br>4505 | МАЗ 5440 | КрАЗ 6510 | КамАЗ-<br>55111 |
|---|-----------------|----------|-----------|-----------------|
| Вантажопідйомність, т                     | 4,9             | 44       | 13,5      | 13              |
| Маса автомобіля, кг                       | 6000            | 7600     | 12500     | 9050            |
| Радіус повороту:                          |                 |          |           |                 |
| - по осі зовнішнього переднього колеса, м | 8,0             | 8,5      | 14,0      | 8,7             |
| - зовнішній габаритний, м                 | 8,6             | 9,5      | 14,7      | 9,0             |
| Максимальна швидкість,                    | 90              | 90-120   | 80        | 90              |

|  |   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
| Контрольна витрата палива при швидкості 50 км/ч, л/100км | 29  | 31,6   | 38  | 24  |
| Двигун   | ЗиЛ–508, карбюраторний, 4-тактний, V-подібн. 8-циліндр. | ЯМЗ–650 дизель 4-тактний V-подібн. 6-циліндр | ЯМЗ–238М2 дизель 4-тактний, V-подібн. 8-циліндр | КамаАЗ–740 дизель 4-тактний V-подібн. 8-циліндр |
| Робочий об'єм, л   | 6,0   | 11,12  | 14,86   | 10,85   |
| Максимальна потужність при 3200 хв-1, к.с. (кВт)         | 150 (110.3)   | 400 (294)                                    | 240 (176)                                       | 240 (176)                                       |
| Колісна формула  | 4x2   | 4x2  | 6x4   | 6x4   |
| Габаритні розміри, м:                                    |   |  |   |   |
| довжина  | 6,98  | 6,2  | 8,29  | 6,685   |
| ширина   | 2,50  | 2,55   | 2,472   | 2,500   |
| висота   | 2,52  | 4,00   | 2,800   | 2,700   |
| База автомобіля, м                                       | 3,3   | 3,600  | 4,080   | 2,840   |
| Колія коліс, м:  |   |  |   |   |
| передніх   | 1,8   | 1,97   | 1,95  | 2,02  |
| задніх   | 1,79  | 1,86   | 1,92  | 1,85  |
| Передній кут звисання,                                   | 38  | 30   | 42  |   |
| Задній кут звисання, град                                | 27  | 28   | 18  |   |
| Просвіт під передньою віссю, мм                          | 340   | 250  | 290   | 280   |
| Просвіт під задньою віссю,                               | 270   | 300  | 290   | 280   |

Рухомий склад, що повертається з лінії оглядаються черговим механіком на контрольно-технічному пункті (КТП). Справні автомобілі прямують в зону стоянки своїх колон. Несправні автомобілі, після миття відправляються на ТП або ПР.

Для перевірки стану двигунів і паливної апаратури на розміщені аналізатори відпрацьованих газів і роботи двигуна (мотор-тестер).

Щоденне обслуговування виконується в приміщенні допоміжного корпусу на ділянці загальною площею 652 м<sup>2</sup>. Рухомий склад, що повертаються на АТП, проходить мийку.

Для здійснення операцій, що стосуються технічного обслуговування автомобілів, існує 7 потокових постів на лініях ТО 1 та 2. Зважаючи на недостатню оснащеність ліній технологічним устаткуванням вони малопридатні для виконання операцій по технічному обслуговуванню.

Поточний ремонт автомобілів виконується в приміщенні виробничого корпусу.

Для здійснення операцій поточного ремонту існує 15 постів розбирання-збірки спеціалізованих і універсальних. Виконання ремонту передбачено агрегатно-вузловим методом.

Зберігання ТЗ проводиться на трьох майданчиках: закрита стоянка автомобілів; відкрита стоянка автомобілів № 1 з повітряним підігрівом; відкрита стоянка автомобілів № 2 з повітряним підігрівом.

Побутові приміщення для виробничих робітників передбачені в адміністративно-побутовому корпусі. В будівлі адміністративно-побутового корпусу передбачені наступні приміщення: кабінет директора і його заступників; відділ безпеки руху; виробничо-технічний відділ; бухгалтерія; їдальня; пункт медичної допомоги; вбиральня і душові.

## **1.2 Аналіз виробничо-технічної бази АТП**

Для вибору шляху розвитку підприємства приймається варіант розвитку, який дозволяє забезпечити отримання техніко-економічних показників не нижче, ніж на діючих підприємствах галузі.

Наступний етап – це техніко-економічний аналіз по ряду питань, що є необхідними при визначенні величини капітальних вкладень і які відображають значущість заходів, що пропонуються. Для правильного вибору форми нарощування ВТБ необхідно оцінити стан існуючої технічної бази АТП

та рівень її використання за останній період з наступними початковими даними:

1. Кількість автомобілів Асп = 300 автомобілів (розподіл по моделям: МАЗ 5440 -150 автомобілів; КраЗ 6510 – 50 автомобілів; КамАЗ 55111- 50 автомобілів; БАЗ А079.14 «Еталон» - 50 автобусів.

2. Вартість основних виробничих фондів ФО.П = 5160 тис.грн.;

3. Вартість транспортних засобів ФТ.С = 3990 тис.грн.

4. Загальна площа території АТП  $FT = 55686 \text{ м}^2$ .

5. Загальна площа виробничо-складських приміщень  $FP-C = 4384 \text{ м}^2$ .

6. Загальна площа стоянки  $FCT = 21832 \text{ м}^2$ .

7. Загальна площа допоміжних приміщень  $Fв = 3073 \text{ м}^2$ .

8. Кількість постів для ТО і ТР ХП = 18.

9. Кількість виробничих робочих Р = 102 люд.

10. Річний пробіг автомобілів по  $Lз = 22,1$  АТП млн.км.

11. Середній середньодобовий пробіг  $lcc = 200$  км.

На підставі вище приведених даних визначаємо реальні значення оцінних показників по АТП.

Фондозабезпеченість рухомого складу розраховуємо як відношення вартості основних виробничих фондів, ФОП, тис.грн. за вирахуванням вартості транспортних засобів, ФТ.С, тис.грн, до облікової кількості рухомого складу, Асп, автомобілів

$$\Phi_{o.c} = \frac{\Phi_{o.p} - \Phi_{т.с}}{A_{cn}},$$
$$\Phi_{o.c} = \frac{5160 - 3990}{300} = 3,9 \text{ тис.грн/авто.}$$

Забезпеченість площами розраховуємо як відношення відповідних площ,  $FT, FP-C, FCT, Fв$  до облікової кількості автомобілів  $A_{cn}$  за рівняннями:

$$F_{TP} = \frac{F_T}{A_{cn}},$$

$$F_{TP} = \frac{55686}{300} = 185,6 \text{ м}^2/\text{авто.}$$

$$F_{II-C.P} = \frac{F_{II-C}}{A_{cn}},$$

$$F_{II-C.P} = \frac{4384}{300} = 14,6 \text{ м}^2/\text{авто.}$$

$$F_{CT.P} = \frac{F_{CT}}{A_{cn}},$$

$$F_{CT.P} = \frac{21832}{300} = 72,8 \text{ м}^2/\text{авто.}$$

$$F_{\text{г.р}} = \frac{F_{\text{г}}}{A_{cn}},$$

$$F_{\text{г.р}} = \frac{3073}{300} = 10,2 \text{ м}^2/\text{авто.}$$

Оснащеність робочими постами визначається як відношення кількості постів для ТО і ПР, ХП, шт, до річного пробігу автомобілів,  $L_2$ , млн.км

$$X_{II.P} = \frac{X_{II}}{L_2},$$

$$X_{II.P} = \frac{18}{22,1} = 0,81 \text{ пост.км.}$$

Ремонтні робітники визначають відношенням числа виробничих робітників на АТП, Р, люд, до річного пробігу автомобілів,  $L_2$ , млн.км

$$P_P = \frac{P}{L_2},$$

$$P_P = \frac{102}{22,1} = 4,6 \text{ люд/млн.км.}$$

Далі проводимо корегування значень питомих показників для еталонних умов стосовно оцінюваного АТП. Для цього використовуємо коефіцієнти приведення., що враховують:

$K_1$  – категорію умов експлуатації;

$K_2$  – тип рухомого складу;

$K_3$  – природнокліматичні умови;

$K_4$  – середньодобовий пробіг;

$K_5$  – облікова кількість автомобілів;

$K_6$  – умови зберігання рухомого складу;

$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$  – наявність причіпного складу.

$$F_T = F_{T.э} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де  $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$  – еталонне значення площі території.

Для нашого випадку  $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 100 \text{ м}^2$ .

Значення коефіцієнта  $K_2$ , розраховуємо методом інтерполяції, інші приймаємо для умов: 300 автомобілів:

$$K_2 = \frac{K_2^1 \cdot A_{cn1} + K_2^2 \cdot A_{cn2} + K_2^3 \cdot A_{cn3} + K_2^4 \cdot A_{cn4}}{A_{cn}},$$

де  $K_2^1, K_2^2, K_2^3, K_2^4$  – коефіцієнти, що враховують відповідний тип рухомого складу;

$A_{cn1}, A_{cn2}, A_{cn3}, A_{cn4}$  – відповідно кількість рухомого складу по моделях автомобілів

$$K_2 = \frac{1 \cdot 50 + 1,16 \cdot 150 + 0,88 \cdot 50 + 0,88 \cdot 50}{300} = 1,04$$

$$F_T = 100 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,869 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 = 69,2 \text{ м}^2.$$

Аналогічно корегуються значення наступних показників.

Визначаємо площу виробничо-складських приміщень ФП-С, що доводиться на 1 автомобіль:

$$F_{П-С} = F_{П-С.э} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де  $F_{П-С.э}$  – еталонне значення площі виробничо-складських приміщень.

Для нашого випадку  $F_{П-С.э} = 13 \text{ м}^2/\text{авто}$ .

Визначаємо площу стоянки, ФСТ, на одне місце зберігання,  $\text{м}^2/\text{авто}$ :

$$F_{СТ} = F_{СТ.э} \cdot K_2 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де  $F_{СТ.э}$  – еталонне значення площі стоянки.

Для нашого випадку  $F_{CT.э} = 34 \text{ м}^2/\text{авто}$ .

$$F_{CT} = 34 \cdot 1,04 \cdot 1,44 \cdot 1 = 50,9 \text{ м}^2/\text{авто}.$$

Визначаємо площу допоміжних приміщень,  $F_г$ :

$$F_г = F_{г.э} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де  $F_{г.э}$  – еталонне значення показника площі допоміжних приміщень, що доводиться на один автомобіль. Для нашого випадку  $F_{г.э} = 7,5 \text{ м}^2/\text{авто}$ .

$$F_г = 7,5 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,869 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,05 = 6,05 \text{ м}^2/\text{авто}.$$

Робочі пости на 1 млн.км пробігу:

$$X_{II} = X_{II.э} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де  $X_{II.э}$  – еталонне значення показника, який рівний 0,85 поста/млн. км.

$$X_{II} = 0,85 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,869 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,05 = 0,69 \text{ поста/млн. км}.$$

Ремонтні робітники на один млн.км пробігу рухомого складу:

$$P = P_э \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де  $P_э$  – еталонне значення на 1 млн.км пробігу, рівне 3,4 люд/млн. км.

$$P = 3,4 \cdot 1,17 \cdot 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,869 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 = 2,62$$

Коефіцієнт технічної готовності:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + l_{cc} \left( \frac{D_{TO-2,PP}}{1000} + \frac{D_{KP}}{L_{KP}} \right)},$$

де  $l_{cc}$  – середньодобовий пробіг автомобілів, км;

$D_{TO-2,PP}$  – норма простою при ТО-2 і ПР на 1000 км пробігу, днів;

$D_{KP}$  – норма простою при капітальному ремонті, днів;

$L_{KP}$  – скорегований пробіг до капітального ремонту (цикловий пробіг), км.

Значення  $D_{TO-2,PP}$ ,  $D_{KP}$ ,  $L_{KP}$  визначаються як середньовиваженні величини:

$$D_{TO-2,PP} = \frac{D_{TO-2,PP}^1 \cdot A_{cn1} + D_{TO-2,PP}^2 \cdot A_{cn2} + D_{TO-2,PP}^3 \cdot A_{cn3} + D_{TO-2,PP}^4 \cdot A_{cn4}}{A_{cn}},$$



$$D_{TO-2,IP} = \frac{0,45 \cdot 50 + 0,5 \cdot 150 + 0,5 \cdot 50 + 0,5 \cdot 50}{300} = 0,492 \text{ дня /1000 км. пробігу.}$$

$$D_{KP} = \frac{D_{KP}^1 \cdot A_{cn1} + D_{KP}^2 \cdot A_{cn2} + D_{KP}^3 \cdot A_{cn3} + D_{KP}^4 \cdot A_{cn4}}{A_{cn}}$$

де  $D_{KP}^1, D_{KP}^2, \dots$  – норми простою рухомого складу при капітальному ремонті, днів.

$$D_{KP} = \frac{15 \cdot 50 + 22 \cdot 150 + 22 \cdot 50 + 22 \cdot 50}{300} = 19,2 \text{ дня.}$$

$$L_{KP} = \frac{K_1 K_3 (L_{KP}^1 \cdot K_2^1 \cdot A_{cn1} + L_{KP}^2 \cdot K_2^2 \cdot A_{cn2} + L_{KP}^3 \cdot K_2^3 \cdot A_{cn3} + L_{KP}^4 \cdot K_2^4 \cdot A_{cn4})}{A_{cn}}$$

де – пробіг відповідної моделі автомобіля до капітального ремонту, км.

$$L_{KP} = \frac{0,8 \cdot 1,1 (250000 \cdot 1 \cdot 50 + 300000 \cdot 1 \cdot 150 + 350000 \cdot 1 \cdot 50 + 300000 \cdot 1 \cdot 50)}{300} = 264000 \text{ км.}$$

Скорегований коефіцієнт технічної готовності:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + 400 \cdot (0,001 \cdot 0,492 + 19,2 / 264000)} = 0,97$$

Значення питомого показника фондозабезпечення корегується за формулою:

$$\Phi_{OC} = \Phi_{OC,э} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де  $\Phi_{OC,э}$  – показник для еталонних умов, 3,34 тис.грн/авто;

$K_1$  – категорії умов експлуатації;

$K_2$  – шини рухомого складу;

$K_3$  – спеціалізацію кузова автомобіля;

$K_4$  – середньодобовий пробіг автомобіля;

$K_5$  – засіб зберігання автомобілів.

$$\Phi_{OC} = 3,34 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 3,44 \text{ тис.грн/авто.}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків

| Показник      | Од. вим.             | Значення по АТП | Скореговане еталонне | Відхилення % |
|---------------|----------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| <i>FT</i>     | м <sup>2</sup> /авто | 123,1           | 69,3                 | + 43,8       |
| <i>FP – C</i> | м <sup>2</sup> /авто | 9,7             | 14,7                 | – 33,6       |

|            |                      |      |      |        |
|------------|----------------------|------|------|--------|
| <i>FCT</i> | м <sup>2</sup> /авто | 48,2 | 50,8 | + 5,1  |
| <i>Fв</i>  | м <sup>2</sup> /авто | 6,7  | 6,05 | + 11,1 |
| <i>Xп</i>  | пост/млн.км          | 0,82 | 0,69 | +14,8  |
| <i>P</i>   | люд/млн.км           | 4,7  | 2,62 | + 43,1 |
| <i>aГ</i>  |                      | 0,86 | 0,97 | - 9,3  |
| <i>ФОС</i> | тис.грн/авто         | 2,58 | 3,44 | - 24,7 |

Аналогічним чином проводимо оцінку стану виробничо-технічної бази за 2017 та 2019 роки. Результати розрахунків наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Результати та порівняння розрахунків

| Показник      | Од. вим.             | 2017 рік        |              | 2018 рік        |              | 2019 рік        |              |
|---------------|----------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|               |                      | Значення по АТП | Відхилення % | Значення по АТП | Відхилення % | Значення по АТП | Відхилення % |
| <i>FT</i>     | м <sup>2</sup> /авто | 123,2           | + 43,8       | 123,2           | + 43,8       | 123,2           | + 43,8       |
| <i>FP – C</i> | м <sup>2</sup> /авто | 9,7             | - 33,6       | 9,7             | - 33,6       | 9,7             | - 33,6       |
| <i>FCT</i>    | м <sup>2</sup> /авто | 48,3            | + 5,2        | 48,3            | + 5,2        | 48,3            | + 5,2        |
| <i>Fв</i>     | м <sup>2</sup> /авто | 6,8             | + 11,1       | 6,8             | + 11,1       | 6,8             | + 11,1       |
| <i>Xп</i>     | пост/млн.км          | 0,81            | +14,8        | 0,79            | +12,7        | 0,78            | +11,5        |
| <i>P</i>      | люд/млн.км           | 4,6             | + 43,1       | 4,4             | +40,5        | 4,34            | +39,6        |
| <i>aГ</i>     |                      | 0,88            | - 9,3        | 0,82            | -15,5        | 0,78            | -19,6        |
| <i>ФОС</i>    | тис.грн/авто         | 2,59            | - 24,7       | 2,54            | - 26,2       | 2,45            | -28,8        |

На підставі отриманих даних можна зробити висновок про те, що на АТП недостатньо розвинута виробничо-технічна база (відхилення скорегованого значення від еталонного показника фондозабезпечення – 28,8%).

АТП забезпечено земельними ділянками і площами, виключення складає недозабезпеченням складськими приміщеннями FP-C (відхилення складає – 33,6%).

Показниками оцінки рівня використання виробничо-технічної бази є:  
– фондоддача виробничих фондів

$$\Phi_{від} = \frac{Д}{\Phi_{ОВ}}$$

де *Д* – доходи від перевезень і інших послуг, грн;

$\Phi_{OB}$  – вартість основних виробничих фондів, грн.

$$\Phi_{eid} = \frac{7224000}{5160000} = 1,4 \text{ грн.}$$

– загальна рентабельність складає

$$R_{zag} = \frac{\Pi_{\sigma} \cdot 100}{\Phi_{OB} + \Phi_{OB}},$$

де  $\Pi_{\sigma}$  – балансовий прибуток, грн;

$\Phi_{OB}$  – вартість нормованих оборотних коштів, грн.

$$R_{zag} = \frac{941850 \cdot 100}{5160000 + 380000} = 17,3\%$$

– продуктивність праці ремонтних робітників

$$W_{p.p} = \frac{L_{zag}}{N_{p.p}},$$

де  $L_{zag}$  – загальний пробіг автомобілів, тис.км;

$N_{p.p}$  – чисельність ремонтних робітників, люд.

$$W_{p.p} = \frac{22100}{102} = 209 \text{ тис.км/люд.}$$

### 1.3 Причини зниження ефективності гальмівних систем

Гальмівні властивості відносяться до найважливіших експлуатаційних властивостей, які визначають активну безпеку автомобілів, що в сучасних умовах збільшення швидкості і інтенсивності руху має першорядне значення.

Як відомо, поєднання властивостей гальмування, які забезпечують необхідні параметри процесу гальмування автомобіля, називається ефективністю гальмівних системи. Ця концепція включає в себе дві найважливіші властивості: ефективність гальмування і стійкість автомобіля при гальмування.

Ефективність гальмівних робіт також впливає на основні технічні та експлуатаційні характеристики автомобіля - продуктивність, оскільки значною

мірою визначається його швидкістю. Висока швидкість може бути досягнута тільки з високою продуктивністю і надійні гальма.

В ході експлуатації автомобіля під впливом великої кількості факторів відбуваються зміни технічного стану гальмівної системи.

Фактори, що впливають на зміну технічного стану, як правило розділяють на дві групи: конструктивні і виробничі фактори, що визначають початкову якість гальмівних систем, і експлуатаційні фактори, що визначають зміну технічного стану при експлуатації.

До першої групи входять: вибір схематичні та дизайнерські рішення, вибір матеріалів, технологія виготовлення, якість виробництва, збірка тощо.

У роботах вчених достатньо вивчено питання впливу конструктивних і виробничих факторів на розмір і стабільність звивистого моменту. У цих дослідженнях велика увага приділяється визначенню фізичних закономірностей функціонування гальмівних системи автомобіля або окремих його елементів, математичному опису робочих процесів.

При вивченні робочих процесів гальмівних систем автомобілів особливу увагу приділяють аналізу нестійких фрикційних процесів фрикційних пар гальмівних механізмів, викликаних різними факторами, серед яких відхилення коефіцієнта тертя гальмівних накладок від номінальних значень особливо дестабілізує.

Друга група включає операційні фактори, які можуть бути як суб'єктивними, так і об'єктивними. Суб'єктивні фактори пов'язані з впливом обслуговуючого персоналу. До них відносяться: вибір правильних гальмівних режимів роботи, їх підтримання і ремонт; кваліфікації супроводжуючих та якості його роботи.

Об'єктивні фактори включають: гальмівні умови, включаючи розмір і частоту повторення робочих навантажень, температурних режимів, впливу на навколишнє середовище тощо.

Зміни технічного стану гальмівних систем призводять до погіршення ефективності гальмування автомобіля, кількості встановленого уповільнення, часу гальмівних систем і коридору руху.

Проводячи дослідження впливу експлуатаційних факторів на зниження ефективності гальм, виявлено, що збільшення зазорів між гальмівними колодками та гальмівним барабаном призводить до збільшення гальмівного шляху під час роботи автомобіля і сприяє зниженню максимального уповільнення автомобіля.

Так, зміна зазорів між накладками і барабаном від 0,1 - 1,0 мм призводить до зниження гальмівної сили в 1,5 рази, а уповільнення - в 2 рази. При цьому час гальм збільшується на два, а гальмівний шлях - в 1,5 рази.

Також відомо, що час відставання гальмівної системи залежить від розмірів зазорів і швидкості руху педалі, а час збільшення гальмівної сили на колесі значною мірою - від радіальної деформації гальмівного барабана.

Крім того, час гальмівного гідравлічного приводу збільшується за допомогою розгерметизації приводу, засмічення клапанів і гальмівних труб, набряку гумових манжет тощо.

В ході експлуатації автомобіля зі збільшенням його пробігу спостерігається зниження коефіцієнта тертя гальмівних колодок за рахунок проковтування рідин, масла, води і введення зносу продукції.

Змащення гальмівних колодок тягне за собою зниження сили гальмування і уповільнення, а значить, збільшення гальмівного шляху в 4...5 рази.

Окрім того, несправності гальмівних механізмів впливають як на загальну ефективність гальмування, так і на стійкість автомобіля через появу нерівномірних гальмівних механізмів.

У деяких випадках регулювання вузла може відновити необхідну ефективність гальмування. В інших випадках коригування не мають належного ефекту. Наприклад, зменшення радіального зазору в лівому гальмівному механізмі, який супроводжується деякими попереду тригера, не призводить до

нормального уповільнення через змащення накладок. Таким чином, аналіз показує, що основні причини зниження гальмівних систем автомобілів серед нерівномірного розподілу гальмівних моментів на колесах однієї осі зв'язані з роботою гальм.

#### **1.4 Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу**

Безпека дорожнього руху має важливе значення в роботі автомобільного транспорту. Аварії в містах і на дорогах України є однією з найсерйозніших соціально-економічних проблем.

Аналіз показує, що в цілому ці проблеми все більше стають соціально важливими, вимагаючи всіх можливих рішень. Одним з перспективних способів вирішення цих проблем у сфері технічної експлуатації може стати використання діагностики, а також зниження забруднення. Особливо актуальним є використання бортових діагностик, оскільки технічний стан цих систем багато в чому залежить від безпеки руху.

Відмінною особливістю бортових діагностик гальм є можливість вибору раціональних режимів пересування автомобілів з точки зору безпеки дорожнього руху. Ця функція зараз набуває великого значення завдяки значному збільшенню кількості недосвідчених водіїв.

Відомо, що нерівномірність гальм має значний вплив на безпеку автомобіля. Сучасні автомобілі оснащені досить надійними і ефективними гальмами, в тому числі протиблокувальними системами (ABS), електронними гальмівними системами розподілу електроенергії (ESP), системами стабілізації (VSA) тощо.

Однак аналіз розроблених методів бортових систем діагностики гальмівних систем автомобілів показує, що вони зазвичай дозволяють діагностиці гальмівних систем за параметрами їх загальної продуктивності або мають низьку надійність діагностики, що ускладнює локалізацію

несправностей гальмівного колеса і не дозволяє отримувати інформацію про нерівномірність їх роботи.

Дослідження гальм дозволяє поліпшити інформаційне забезпечення водіїв, що на сьогоднішній день є актуальним завданням. Враховуючи всі ці переваги, робимо висновок, що тема даної магістерської роботи є актуальною.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний розрахунок виробничої програми технічного обслуговування автомобілів

Початкові дані для розрахунку приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку виробничої програми

| Показники   | БАЗ А079.14<br>«Еталон» | МАЗ 5440  | КрАЗ 6510   | КамАЗ 55111  |
|---|-------------------------|-----------|-------------|--------------|
| Кількість автомобілів,<br>$A_{сп}$ , од   | 50                      | 150       | 50          | 50           |
| нових, $a_n$ , %  | 50                      | 20        | 15          | 50           |
| після КР, $A_{кр}$ , %  | 50                      | 80        | 85          | 50           |
| Середньодобовий пробіг, $L_{сд}$  | 300                     | 170       | 160         | 180          |
| Час роботи автомобіля на лінії, $T_n$ , годин   | 12                      | 10,4      | 10,4        | 10,4         |
| Кількість робочих днів в році, $D_{рр}$ , днів  | 305                     | 254       | 254         | 254          |
| Категорія умов експлуатації   | III                     | III       | III         | III          |
| Середній пробіг нових автомобілів з початку експлуатації, $L_{срн}$ , в частках від пробігу до КР | 0,25 – 0,50             | 0,25      | 0,50 – 0,75 | 0,256 – 0,50 |
| Середній пробіг автомобілів з початку експлуатації, $L_{сркр}$ , в частках від пробігу до КР      | 1,25 – 2,50             | 1,0 – 1,2 | 1,2 – 1,5   | 1,00 – 1,2   |



Розрахунок робимо на прикладі автобусів БАЗ-А079 «Еталон». Перш ніж приступати до розрахунку кількості обслуговувань і ремонтів, необхідно визначити величини пробігів між ними по нормах “Положення про технічне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту” [3].

Для автобусів БАЗ-А079 «Еталон» пробіг до ТО-1 складає 3000 км., до ТО-2 – 12000 км., до ПР – 250000 км. Періодичність видів ТО

$$L_1 = L_{1н} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3; \quad (1.1)$$

$$L_2 = L_{2н} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.2)$$

де  $L_{1н}$ ,  $L_{2н}$  – періодичність ТО-1 і ТО-2, км.;

$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$  – коефіцієнти, що враховують: вплив категорій умов експлуатації на пробіг між ТО; модифікацію і організацію роботи автомобіля; кліматичні умови роботи автомобіля.

Приймаємо  $K_1 = 0,8$ ,  $K_2 = 1,0$ ,  $K_3 = 1,0$  [3].

$$L_1 = 3000 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2400 \text{ км.};$$

$$L_2 = 12000 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 9600 \text{ км.}$$

Пробіг до капітального ремонту з урахуванням “віку”:

$$L_k = \left( \frac{L_{кн} \cdot A_n + 0,8 \cdot L_{кн} \cdot A_{кр}}{A_{сн}} \right) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.3)$$

де  $L_{кн}$  – нормативний пробіг до капітального ремонту, км.

$$L_k = \left( \frac{250000 \cdot 25 + 0,8 \cdot 250000 \cdot 25}{50} \right) \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180000 \text{ км.}$$

З урахуванням кратності ТО-2 отримаємо:

$$L_k = 19 \cdot 9600 = 182400 \text{ км.}$$

Визначаємо число обслуговувань і ремонтів на один автомобіль (автобус) за цикл по наступних залежностях:

$$N_k = \frac{L_k}{L_u} = 1, \quad (1.4)$$

$$N_2 = \frac{L_k}{L_2} - N_k, \quad (1.5)$$

$$N_1 = \frac{L_k}{L_1} - (N_k + N_2), \quad (1.6)$$

$$N_{3MO} = \frac{L_k}{L_{3MO}} = \frac{L_k}{L_{cc}}, \quad (1.7)$$

де  $L_u$  – пробіг автомобіля за цикл (пробіг до КР), км.;

$N_k, N_2, N_1, N_{3MO}$  – відповідно число капітальних ремонтів, ТО-2, ТО-1 та ЗМО за цикл на один автомобіль.

$$N_2 = \frac{182400}{9600} - 1 = 18,$$

$$N_1 = \frac{182400}{2400} - (1 + 18) = 57,$$

$$N_{3MO} = \frac{182400}{300} = 608.$$

Розрахунковий коефіцієнт технічної готовності:

$$\alpha_m = \frac{D_{э.ц}}{D_{э.ц} + D_{р.ц}}, \quad (1.8)$$

де  $D_{э.ц}$  – кількість днів експлуатації автомобіля за цикл

$$D_{э.ц} = \frac{L_k}{L_{cc}}, \quad (1.9)$$

$D_{р.ц}$  – кількість днів простою автомобіля в ремонті і на ТО-2 за цикл

$$D_{р.ц} = D_k + D_{ТО-ТР} \frac{L_k}{1000} \cdot K_4', \quad (1.10)$$

де  $D_k$  – простій автомобіля в капітальному ремонті, дні;

$D_{ТО-ТР}$  – питомий простій автомобіля на ТО-2 і ТР на 1000 км. пробігу, дні;

$K_4'$  – коефіцієнт, що враховує вплив пробігу автомобілів з початку експлуатації на величину простою в поточному ремонті

$$K_4' = \frac{K_{4н}' \cdot A_n + K_{4кр}' \cdot A_{кр}}{A_{сн}}, \quad (1.11)$$

де  $K_{4н}'$ ,  $K_{4кр}'$  – відповідно коефіцієнт коректування нових автомобілів і автомобілів, минулих КР

$$K_{4н}' = 0,7, K_{4кр}' = 1,3 [3]. \quad K_4' = \frac{0,7 \cdot 25 + 1,3 \cdot 25}{50} = 1,0.$$

Значення питомого простою в ТО-2 і ПР  $D_{\text{ТО-ПР}}$  і простій в капітальному ремонті  $D_k$  приймаються за даними Положення [3].

Приймаємо  $D_{\text{ТО-ПР}} = 0,4$  дн/1000 км.,  $D_k = 15$  днів.

Знаючи коефіцієнт  $K_4'$ , по формулі (1.10) визначаємо кількість днів простою в ремонті і на ТО-2 за цикл

$$D_{p.c} = 15 + 0,4 \frac{182400}{1000} \cdot 1,0 = 88.$$

По формулі (1.9) визначаємо кількість днів експлуатації автомобіля за цикл

$$D_{э.ц} = \frac{182400}{300} = 608 \text{ днів.}$$

Знаючи величини  $D_{p.c}$  і  $D_{э.ц}$ , по формулі (1.8) розраховуємо коефіцієнт технічної готовності:

$$\alpha_m = \frac{608}{608 + 88} = 0,87.$$

При відомих  $\alpha_t$ , кількості робочих днів підприємства в році  $D_{p2}$  і середньодобовому пробігу  $L_{cc}$  річний пробіг автомобіля може бути визначений як

$$L_z = D_{p2} \cdot \alpha_m \cdot L_{cc}, \quad (1.12)$$

$$L_z = 305 \cdot 0,87 \cdot 300 = 79605 \text{ км.}$$

Коефіцієнт переходу від циклу до року визначається із співвідношення

$$\eta_z = \frac{L_z}{L_k}, \quad (1.13)$$

$$\eta_z = \frac{79605}{182400} = 0,44.$$

Кількість дій на один автомобіль (автобус) в рік складе

$$N_{3MOz} = N_{3MO} \cdot \eta_z, \quad (1.14)$$

$$N_{1z} = N_1 \cdot \eta_z, \quad (1.15)$$

$$N_{2z} = N_2 \cdot \eta_z, \quad (1.16)$$

$$N_{3MOz} = 608 \cdot 0,44 = 268 \text{ обсл.,}$$

$$N_{1z} = 57 \cdot 0,44 = 25 \text{ обл.},$$

$$N_{2z} = 18 \cdot 0,44 = 8 \text{ обл.}$$

Множить отримані результати на облікову кількість автомобілів (автобусів), отримаємо річну програму по кількості обслуговувань

$$\sum N_{3mOz} = N_{3mOz} \cdot A_{cn}, \quad (1.17)$$

$$\sum N_{1z} = N_{1z} \cdot A_{cn}, \quad (1.18)$$

$$\sum N_{2z} = N_{2z} \cdot A_{cn}. \quad (1.19)$$

$$\sum N_{3mOz} = 268 \cdot 50 = 13400 \text{ обл.},$$

$$\sum N_{1z} = 25 \cdot 50 = 1250 \text{ обл.},$$

$$\sum N_{2z} = 8 \cdot 50 = 400 \text{ обл.}$$

Таблиця 2.2 – Річний обсяг технічних дій по АТП

| Показники   | БАЗ А079<br>«Еталон» | МАЗ-<br>5440 | КрАЗ-<br>6510 | КамАЗ<br>55111 |
|---|----------------------|--------------|---------------|----------------|
| Скоригований пробіг, км<br>до ТО-1, $L_1$                 | 2400                 | 2040         | 2080          | 2400           |
| до ТО-2, $L_2$  | 9600                 | 10200        | 10400         | 3600           |
| до КР, $L_{кр}$   | 182400               | 183600       | 1784200       | 24000          |
| річний пробіг, $L_p$                                      | 79605                | 37998,4      | 35763,2       | 45456          |
| Коефіцієнт технічної<br>готовності $\alpha_m$             | 0,87                 | 0,88         | 0,88          | 0,895          |
| Дні експлуатації за цикл, $D_{ец}$ ,<br>дні               | 608                  | 1080         | 1170          | 1200           |
| Дні простоювання в ТО, ПР і<br>КР за цикл, $D_{рц}$ , дні | 88                   | 141          | 151           | 142            |
| Кількість дій на парк за рік                              |                      |              |               |                |
| ТО-1 $\sum N_{1p}$  | 1250                 | 3353         | 1169          | 709            |
| ТО-2 $\sum N_{2p}$  | 400                  | 792          | 276           | 227            |
| КР $\sum N_{крp}$   | 50                   | 47           | 16            | 10             |

## **2.2 Вдосконалення технологічного процесу проведення поточного ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів**

Сучасні вантажні автомобілі обладнані чотирма автономними гальмівними системами наступних типів: робочої, запасної, стоянкової та допоміжної.

### **2.2.1 Робоча гальмівна система**

Робоча гальмівна система призначена для управління швидкістю автомобіля і його зупинки з необхідною ефективністю. Складається з гальмівних механізмів і пневматичного роздільного приводу.

На вантажних автомобілів застосовуються гальмівні механізми барабанного типу з двома внутрішнім симетричними колодками і кулачковим розтискувачем. До зовнішніх поверхонь колодок приклепані фрикційні накладки. Колодки спираються на одну вісь, встановлену в супорті, і стягуються пружинами, внаслідок чого вони завжди притиснуті до розтискного кулака через ролики. На шліцьових кінцях валів розтискних кулаків встановлені регулювальні важелі, сполучені вилками з штоками гальмівних камер. При повороті регулювального важеля розтискний кулак, повертаючись, розсовує колодки і притискує їх до барабана.

Привід робочої системи складається з двох незалежних контурів: контуру приводу механізмів коліс заднього моста і контуру приводу механізмів коліс переднього і середнього мостів. Привід включає: компресор, балони, захисну і регулювальну апаратуру, двосекційний гальмівний кран з ножним механічним приводом, виконавські органи – передні і задні гальмівні камери, трубопроводу і сполучну арматуру.

Гальмівна система стоянкова (запасна) призначена для утримання автомобіля нерухомим.

Гальмування стоянки здійснюється за допомогою гальмівних механізмів заднього і переднього мостів. Утримання їх в загальмованому стані здійснюється механічним шляхом за допомогою енергії заздалегідь стислих пружин енергоакумуляторів гальмівних камер.

Діючий на АТП технологічний процес проведення поточного ремонту гальмівних механізмів приведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технологічний процес проведення поточного ремонту гальмівного механізму коліс автомобілів КамАЗ 55111

| № оп. переходу | Найменування операції і зміст переходу   | Обладнання      | Технічні умови            | Розряд робочого | Норма часу, люд.-год. |
|----------------|--|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1              | Розбирання гальмівного вузла заднього мосту                                    | Електро-тельфер | Q=3,2 т.                  |                 |                       |
| 1.1            | Вивернути гайки і зняти буфер і захисний диск гальмівного барабану             | Набор ключів    |                           | 3               | 0,15                  |
| 1.2            | Вивернути гайки і зняти фланець маточини                                       | Набір ключів    | Викор. відтискні болти    | 4               | 0,15                  |
| 1.3            | Вийняти піввісь  | Знімач          |                           | 4               | 0,1                   |
| 1.4            | Спресувати маточину в зборі з гальмівним барабаном                             | Знімач          |                           | 4               | 0,2                   |
| 1.5            | Вивернути болт кріплення і зняти упорну шайбу, регулювальний ричав і прокладки | Ключ гайковий   |                           | 3               | 0,1                   |
| 1.6            | Вийняти з труби розтискний кулак   | Монтажн лопатка | Припідняти верхню колодку | 4               | 0,1                   |
| 1.7            | Зняти з осей гальмівні колодки з пружинами                                     |                 |                           | 3               | 0,1                   |
| 1.8            | Від'єднати пружини від гальмівних колодок                                      |                 |                           | 3               | 0,1                   |
| 2              | Спресування гальмівного барабану з маточини                                    | Знімач          |                           |                 |                       |
| 2.1            | Підняти и встановити маточину в зборі з гальмівним                             |                 |                           | 4               | 0,1                   |

|        |  |                 |  |   |     |
|--------|--|-----------------|--|---|-----|
|        | барабаном  |                 |  |   |     |
| 2.2    | Вставити і привернути надставку                                  |                 |  | 3 | 0,1 |
| 2.3    | Вивернути болті кріплення гальмівного барабану до маточини       | Гайкові ключі   |  | 3 | 0,1 |
| 2.4    | Спресувати гальмівний барабан з маточини                         | Знімач          |  | 4 | 0,1 |
| 3      | Зрізання гальмових накладок з гальмових колодок                  | Зубило, молоток |  |   | 0,4 |
| 4      | Приклепування гальмівних накладок до гальмівних колодок          | Молоток         |  |   | 0,2 |
| 5      | Збирання гальмівного вузла проводиться у зворотній послідовності |                 |  |   | 1,6 |
| Всього |  |                 |  |   | 3,6 |

Проаналізувавши таблицю 2.3 робимо висновок, що загальна трудомісткість проведення поточного ремонту гальмового механізму автомобіля КамАЗ-55111 в умовах АТП складає 3,6 люд-год., більшість операцій технологічного процесу не механізована, що призводить до перевитрат часу при виконанні ремонту, а також до фізичної втоми персоналу.

На основі аналізу ТП поточного ремонту гальмового механізму автомобіля КамАЗ-55111 необхідно спланувати заходи по удосконаленню діючого технологічного процесу.

Заходи по удосконаленню діючого технологічного процесу проведення поточного ремонту гальмівного механізму коліс автомобілів КамАЗ наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Удосконалення діючого технологічного процесу поточного ремонту гальмівного механізму коліс автомобілів КамАЗ 55111.

| Найменування організаційних і технічних заходів   | Результат від запровадження заходу                                  |                 |
|---|---|-----------------|
| 1. Розробка конструкції та введення в дію стенду для розбирання маточини з гальмівним барабаном | 1.Зменшення трудомісткості робіт по ремонту гальмівного механізму   | - 0,3 люд.-год. |
|   | 2. Підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу             | +7,5%           |
|   | 3. Зменшення часу на виконання операцій                             | - 15 хвилин     |
| 2. Розробка конструкції та введення в дію стенду для зрізання накладок з гальмівних колодок     | 1.Зменшення трудомісткості робіт по ремонту гальмівного механізму   | - 0,3 люд.-год. |
|   | 2. Підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу             | +7,5%           |
|   | 3. Зменшення часу на виконання операцій                             | - 20 хвилин     |
|   | 4. Полегшення умов праці робітників та зниження інтенсивності праці |                 |

Аналіз існуючого ТП показав, що технологічне обладнання застаріле та мало механізоване, це призводить до перевитрат часу під час виконання ремонту.

Для усунення перевитрат часу в таблиці 2.5 наведено вдосконалений технологічний процес проведення поточного ремонту гальмівного механізму коліс автомобілів КамАЗ 55111 з урахуванням запропонованого прогресивного технологічного обладнання, а саме: стенду для розбирання маточини з гальмівним барабаном; стенду для зрізання накладок з гальмівних колодок, що дозволяє зменшити затрату часу на виконання даних робіт та зменшить трудомісткість.



Таблиця 2.5 - Вдосконалений ТП поточного ремонту гальмівного механізму коліс автомобіля КамАЗ 5511.

| № операції | Найменування операції і зміст переходу   | Обладнання       | Технічні умови          | Розряд робочого | Норма часу, люд.-год. |
|------------|--|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1          | Розбирання гальмівного вузла заднього мосту                                    | Електро-тельфер  | Q=3,2 т.                |                 |                       |
| 1.1        | Вивернути гайки і зняти буфер і захисний диск гальмівного барабану             | Набір ключів     |                         | 3               | 0,15                  |
| 1.2        | Вивернути гайки і зняти фланець маточини                                       | Набір ключів     | Викор. відтискні болти  | 4               | 0,15                  |
| 1.3        | Вийняти піввісь  | Знімач           |                         | 4               | 0,1                   |
| 1.4        | Спресувати маточину в зборі з гальмівним барабаном                             | Знімач           |                         | 4               | 0,2                   |
| 1.5        | Вивернути болт кріплення і зняти упорну шайбу, регулювальний ричав і прокладки | Ключ гайковий    |                         | 3               | 0,1                   |
| 1.6        | Вийняти з труби розтискний кулак   | Монтажна лопатка | Припідн. верхню колодку | 4               | 0,1                   |
| 1.7        | Зняти з осей гальмівні колодки з пружинами                                     |                  |                         | 3               | 0,1                   |
| 1.8        | Від'єднати пружини від гальмівних колодок                                      |                  |                         | 3               | 0,1                   |
| 2          | Спресування гальмівного барабану з маточини                                    | Стенд розбирання |                         |                 |                       |
| 2.1        | Підняти и встановити маточину в зборі з гальмівним барабаном                   |                  |                         | 4               | 0,025                 |
| 2.2        | Вставити і привернути надставку  | Гайковерт станду |                         | 3               | 0,025                 |
| 2.3        | Вивернути болті кріплення гальмівного барабану до маточини                     | Гайковерт станду |                         | 3               | 0,025                 |
| 2.4        | Спресувати гальмівний барабан з маточини                                       | Стенд розбирання |                         | 4               | 0,025                 |

|        |  |                |  |   |       |
|--------|--|----------------|--|---|-------|
| 3      | Зрізання гальмових накладок з гальмових колодок                  |                |  |   |       |
| 3.1    | Встановити гальмову колодку в гніздо стану                       | Стенд зрізання |  | 3 | 0,025 |
| 3.2    | Установити ніж в робоче положення                                | Стенд зрізання |  | 4 | 0,025 |
| 3.3    | Запустити виконання робочого циклу стану                         | Стенд зрізання |  | 4 | 0,025 |
| 3.4    | Вийняти гальмову колодку з гнізда стану                          | Стенд зрізання |  | 3 | 0,025 |
| 4      | Приклепування гальмівних накладок до гальмівних колодок          | Молоток        |  |   | 0,2   |
| 5      | Збирання гальмівного вузла проводиться у зворотній послідовності |                |  |   | 1,6   |
| Всього |  |                |  |   | 3,0   |

Запропонований ТП проведення поточного ремонту гальмівних механізмів за рахунок введення нового обладнання, дозволяє скоротити трудомісткість виконання ремонту на 15% з 3,6 люд.-год. до 3,0 люд.-год.

### 2.3 Розрахунок кількості технологічного обладнання дільниці по ремонту гальмівних систем

Визначення кількості обладнання проводять за ступенем його використання.

Кількість технологічного обладнання моторної дільниці дорівнює:

$$M_{об} = \frac{T_{об}}{\Phi_{об}} = \frac{T_{об}}{D_{роб} \cdot t_{зм} \cdot n \cdot P \cdot \eta_{об}}, \quad (2.1)$$

де  $T_{об}$  - річна трудомісткість певного виду робіт, люд.-год.;

$D_{роб}$  - кількість робочих днів обладнання на рік;

$t_{зм}$  - тривалість роботи протягом зміни, год.

$n$  - число змін роботи;

$P$  - кількість робітників, які одночасно працюють на певному виді обладнання;

$\eta_{об}$  - коефіцієнт використання обладнання за часом:

$$M_{об} = \frac{14676}{254 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,8} = 6$$

Решту технологічного устаткування вибираємо згідно вимог ТП ремонту гальмівних систем. Піднімально-транспортне устаткування вибираємо згідно вимог ТП.

Відомість технологічного обладнання дільниці по ремонту гальмівних систем АТП приведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Відомість технологічного обладнання дільниці по ремонту гальмівних систем

| Найменування, тип і модель обладнання                       | Кількість | Габаритна площа, яку займає обладнання, м <sup>2</sup> |        | Потужність електродвигуна, кВт |        | Вартість обладнання, грн.. |        |
|---|-----------|--|--------|--------------------------------|--------|----------------------------|--------|
|   |           | Одиниця  | Всього | Одиниця                        | Всього | Одиниця                    | Всього |
| 1. Слюсарний верстак  | 2         | 0,84   | 1,68   | -                              | -      | 2000                       | 4000   |
| 2. Стенд регулювання запобіжного клапана і регулятора тиску | 1         | 0,43   | 0,43   | -                              | -      | 5000                       | 5000   |
| 3. Стенд випробування вlahовіддільника і захисного клапана  | 1         | 0,58   | 0,58   | -                              | -      | 10000                      | 10000  |
| 4. Стенд для ремонту і випробування гальмівних камер        | 1         | 0,63   | 0,63   | -                              | -      | 12000                      | 12000  |
| 5. Стенд розбирання маточини з гальмівним барабаном         | 1         | 1,34   | 1,34   | 2                              | 2      | 262500                     | 262500 |
| 6. Стенд для зрізання гальмівним накладок                   | 1         | 0,27   | 0,27   | 4                              | 4      | 214100                     | 214100 |
| 7 Мийна машина  | 1         | 0,51   | 0,51   | 1                              | 1      | 80100                      | 80100  |
| 8 Настільний свердлувальний верстат                         | 1         | 0,72   | 0,73   | 0,8                            | 0,8    | 20000                      | 20000  |
| 9 Верстат для заточування інструменту                       | 1         | 0,56   | 0,56   | 1                              | 1      | 10000                      | 10000  |
| 10 Тельфер електричний                                      | 1         | 0,35   | 0,35   | 2                              | 2      | 80000                      | 80000  |

## 2.4 Розрахунок площі дільниці ремонту гальмівних систем

Проводимо визначення виробничої площі, оскільки площа побутових приміщень дільниці входить в побутові приміщення цеху.

Виробничу площу моторної дільниці,  $F_{dil}$ , м<sup>2</sup>, визначають по формулі

$$F_{dil} = F_{об} \cdot K_n, \quad (2.34)$$

де  $F_{об}$  – площа зайнята устаткуванням та інвентарем, м<sup>2</sup>;  $F_{об} = 6,7$  м<sup>2</sup>.

$K_n$  – коефіцієнт переходу від площі, зайнятої устаткуванням і інвентарем, до загальної площі дільниці, приймаємо рівну,  $K_n = 4,5$ .

$$\text{Тоді, } F_{dil} = 6,7 \cdot 4,5 = 30,15 \text{ м}^2.$$

Після виконання технологічного планування та обліку вимог по охороні праці, площу дільниці приймаємо:

$$F_{dil} = 6 \cdot 9 = 54 \text{ м}^2.$$

## 2.5 Планувальне рішення дільниці по ремонту

При розробці переоснащення дільниці ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів необхідно проаналізувати планувальні рішення відповідних дільниць, як за типовими проектами і наявною літературою, так і по досвіду роботи передових підприємств.

Технологічне планування розроблено з урахуванням норм і правил проектування автотранспортних підприємств.

До складу гальмівної системи входять механізми і вузли, які потребують значних затрат високопродуктивної та високопрофесійної праці при їх обслуговуванні та ремонті.

Багато вузлів гальмівних систем вимагають індивідуального підходу при організації ремонту, починаючи від розбирання, збірки і випробування без знеособлення зв'язаних пар. Для виконання таких робіт виникла необхідність підготовки персоналу по ремонту вузлів та деталей, а також організація високого рівня технологічної підготовки виробництва.

Вирішуючи проблеми переобладнання дільниці, в кваліфікаційній роботі, запропоновані наступні інженерні пропозиції: забезпечення технологічного процесу розбирання, збірки і ремонту деталей гальмівних систем спеціальними стендами, що дають можливість виконувати роботи з малими трудовими витратами згідно вимог нормативно–технічної документації.

На плануванні дільниці розташовано необхідне технологічне устаткування, підйомно-транспортні механізми та виробничий інвентар.

Все устаткування “прив'язане” колонам до інших будівельних конструкцій, поставлені розміри відстаней від них в двох взаємно-перпендикулярних напрямках, а також позначені споживачі електроенергії, холодної води, стислого повітря і позначені всі робочі місця виконавців.

Для виконання вимог охорони праці і культури виробництва, повністю виключено складування деталей і агрегатів на підлозі. На дільниці передбачена тара контейнерного типу для складування деталей [6, 13,14].

На кресленні, планувального рішення дільниці, згідно вимог технологічного процесу проведення поточного ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів, вказана категорія виробництва по вибухопожежній і пожежній небезпеці.

Розроблене планувальне рішення після переоснащення дільниці представлено у графічній частині кваліфікаційної роботи магістра.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Основні складові гальмівної системи

#### 3.1.1 Компресор

Автомобільний компресор (рисунок 3.1) поршневого типу, двоциліндровий, непрямоточний, одноступінчастого стиснення. Встановлений в розвалі циліндрів двигуна на спеціальній площадці кришки блоку і приводиться в дію за допомогою ременя від шківа вентилятора. Призначений для живлення стислим повітрям пневматичного приводу гальмівних систем автомобіля.

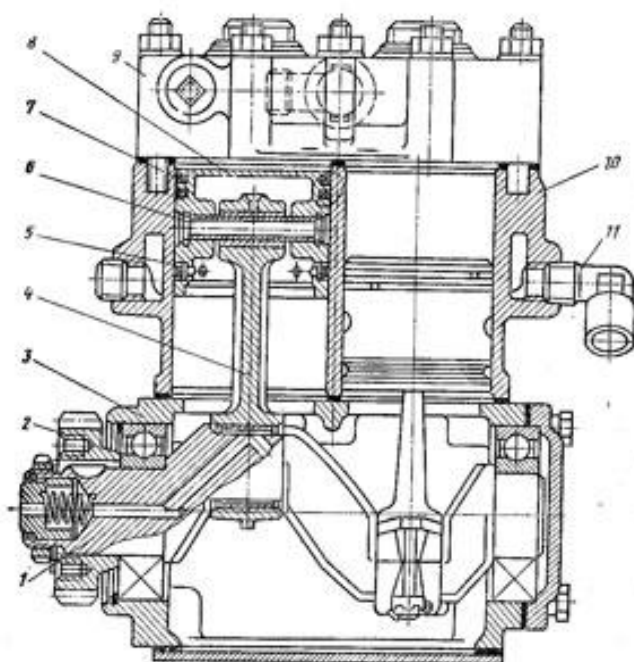


Рисунок 3.1 – Компресор пневматичний:

1- вал колінчатий; 2 – шестерня приводу; 3 - картер; 4 - шатун; 5 – мастилоз’ємне кільце; 6 – поршковий палець; 7 – компресорне кільце; 8 - поршень; 9 - головка блоку циліндрів; 10 - блок циліндрів; 11 – підвод охолоджуваної рідини.

#### 3.1.2 Регулятор тиску із запобіжним клапаном

Регулятор тиску (рисунок 3.2) встановлений в нагнітальному трубопроводі компресора (після вологовіддільника 27) і призначений для підтримки в системі тиску стислого повітря в межах 0,65...0,8 МПа шляхом періодичного розвантаження (випуску повітря) компресора в атмосферу.

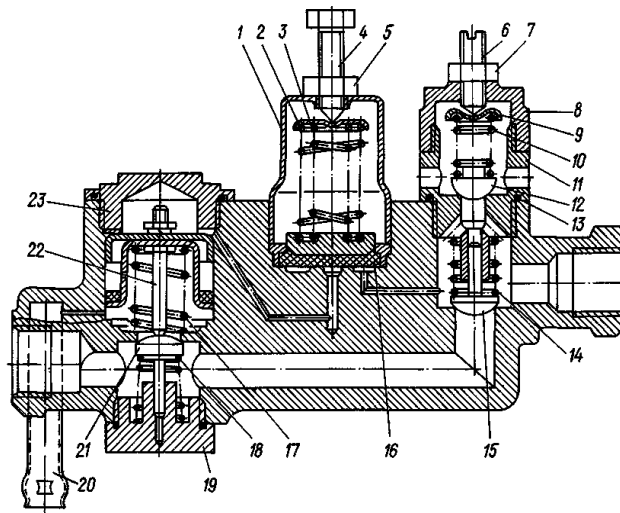
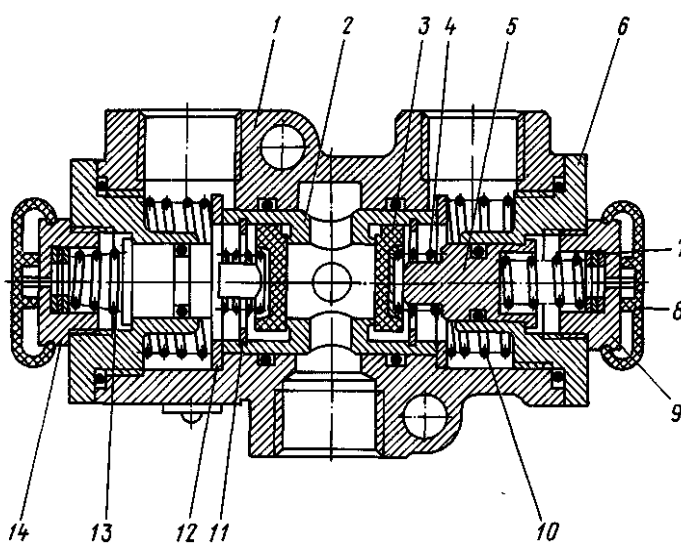


Рисунок 3.2 - Регулятор тиску із запобіжним клапаном:

1 - пристрій регулювальний; 2, 3 - пружини; 4 - болт; 5 - гайка; 6 - гвинт; 7 - гайка; 8 - ковпак; 9 - тарілка пружини; 10 - пружина; 11- клапан запобіжний; 12 - клапан; 13 - кільце ущільнювальне; 14 - пружина; 15 - клапан зворотний; 16 - мембрана; 17 - пружина; 18 - пружина; 19 - корпус пружини; 20 - штуцер; 21 - клапан; 22 - поршень із стрижнем; 23 – пробка

### 3.1.3 Подвійний захисний клапан

Подвійний захисний клапан (рисунок. 3.3) призначений для розділення живлячої магістралі на два незалежні пневматичні контури, для збереження тиску стислого повітря в непошкодженому контурі в межах 0,56...0,6 МПа.

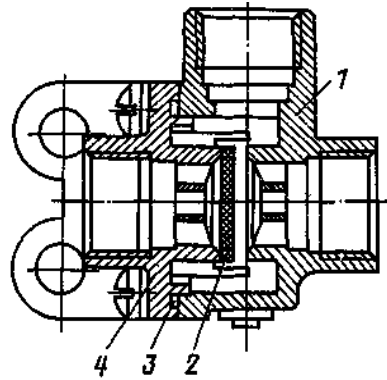


1 - корпус; 2 - великий поршень; 3 - клапан;  
4, 10, 13 - пружини;  
5 - малий поршень;  
6 - кришка;  
7 - регулювальні шайби;  
8 - захисний ковпак;  
9, 14 - пробки; 11 - упорне кільце; 12 - шайба

Рисунок. 3.3- Подвійний захисний клапан

### 3.1.4 Двохмагістральний перепускний клапан

На автомобілі встановлено два клапани. Пристрій клапана показаний на рисунку 3.4. Один клапан призначений для забезпечення живлення стислим повітрям пружинних порожнин енергоакумуляторів по двох незалежних магістралях: від ресівера гальмівної системи стоянки і безпосередньо від компресора.



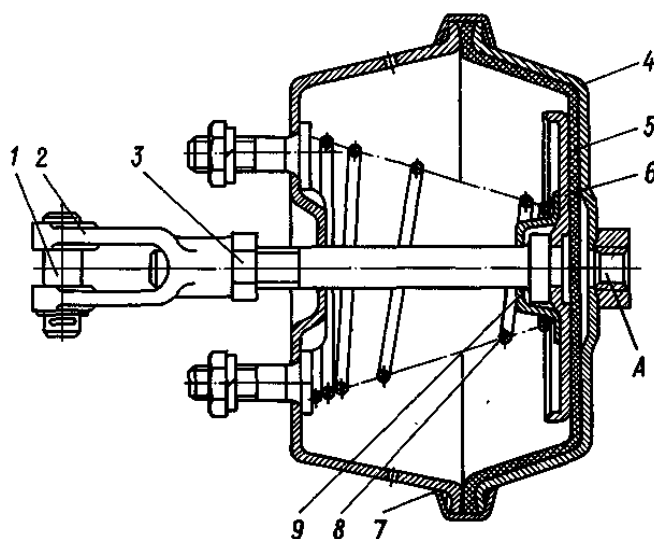
- 1 - корпус;
- 2 - ущільнювач;
- 3 - кільце;
- 4 - кришка

Рисунок 3.4 - Клапан перепускний двомагістральний

### 3.1.5 Передня гальмівна камера

Гальмівні камери призначені для передачі зусилля на регулювальні важелі і приведення в дію гальмівних механізмів коліс переднього провідного моста.

Пристрій гальмівної камери коліс переднього провідного моста приведений на рисунку 3.5.



- 1 - палець;
- 2 - вилка; 3 гайка;
- 4- кришки;
- 5 - мембрана;
- 6 - шток;
- 7 - хомут;
- 8 - пружина;
- 9 - стакан;
- A - вивід.

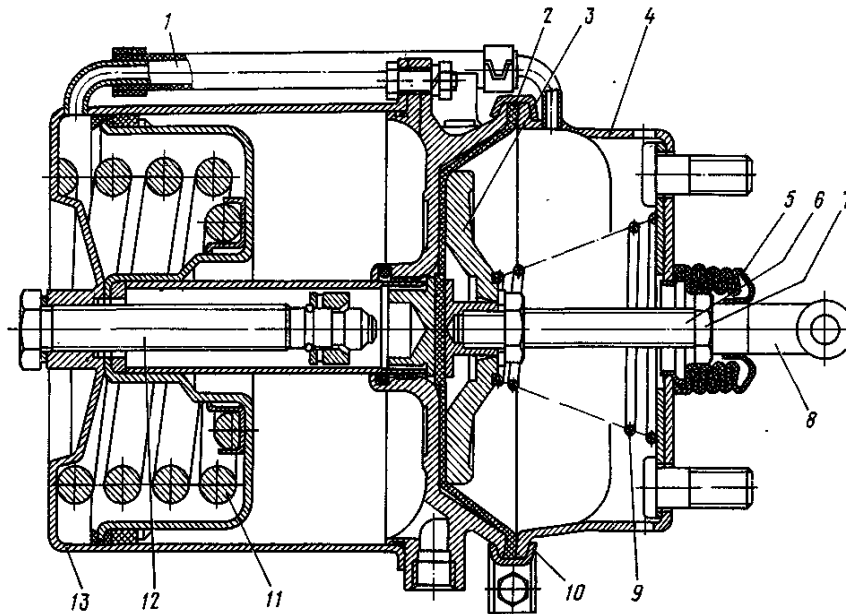
Рисунок 3.5 - Камера гальмівна передня



### 3.1.6 Гальмівна камера з пружинним енергоакумулятором

Камера служить для перетворення стислого повітря в зусилля для робочого гальмування, а також забезпечує роботу гальма стоянки і запасного за рахунок з акумульованої енергії заздалегідь стислих в них пружин.

Пристрій гальмівної камери з пружинним енергоакумулятором показаний на рисунок 3.6.



- 1 - труба
- перепускна; 2 - діафрагма;
- 3 – диск опорний;
- 4 - корпус робочої
- камери; 5 - чохол
- захисний; 6 - шток;
- 7 - гайка; 8 - вилка;
- 9 - пружина; 10 - хомут;
- 11 - пружина; 12 - болт
- ручного розгальмування;
- 13 - циліндр

Рисунок 3.6 – Камера гальмівна з пружинним енергоакумулятором:

### 3.2 Технічна характеристика і опис конструкції обладнання

Для скорочення часу розбирально-збиральних операцій ТП ремонту гальмівних механізмів вантажних автомобілів пропонується обладнати дільницю по ремонту гальмівних систем новим механізованим обладнанням.

#### 3.2.1 Стенд розбирання-збирання маточини з гальмівним барабаном

Призначений для розбирання маточини з барабанами задніх і передніх коліс вантажних автомобілів.

Стенд (рисунок 3.7) представляє собою комплексне робоче місце, на якому здійснюється повне розбирання маточин з барабанами, і складається із

станини 1 зварної конструкції на якій змонтовані всі агрегати станду: гайковерта 2 шарнірного, укріпленого на колонні пневмопідйомника з комплектом швидкозмінних насадок; пневмопіднімача 3 для установки підставка і самих маточин на стенд, а також зняття їх зі станду, який є пневмоциліндр встановлений на колоні 4; підставки 5 для установки маточин з барабанами, постійно закріплені на стенді.

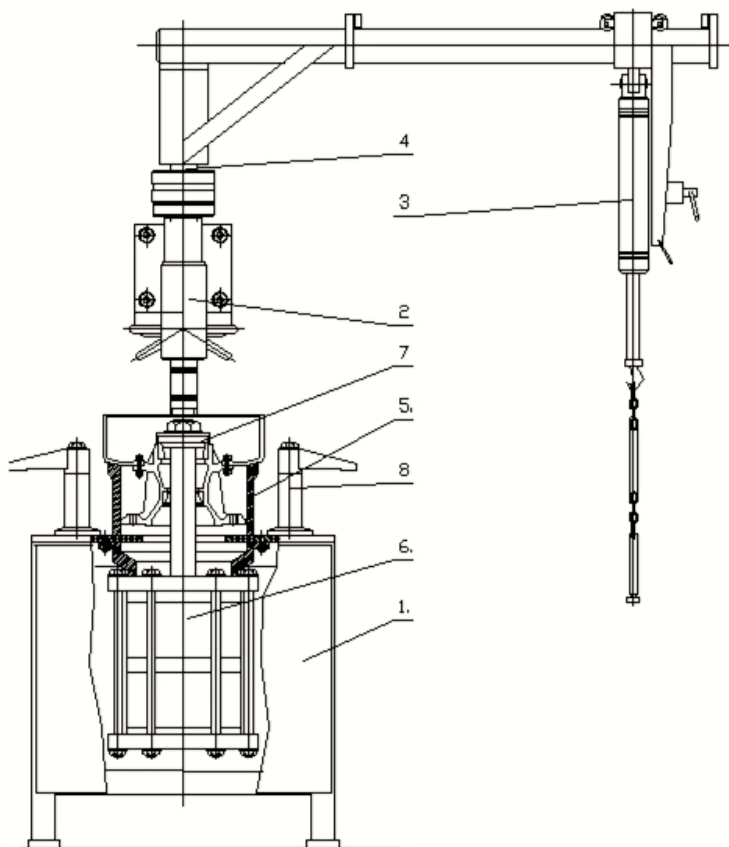


Рисунок 3.7 - Стенд розбирання-збирання маточини з гальмівним барабаном

Гідроциліндр 6 служить для випресовування гальмівного барабана і обойм підшипників із маточини. Він працює від гідроагрегату, встановленого під верстаком станду. Підставка для передніх маточин - знімна встановлюється на два фіксатори підставки для задніх маточин.

Маточину в зборі з гальмівним барабаном встановлюють на стенд і від'єднують гальмівний барабан.

#### Технічна характеристика

|   |              |
|---|--------------|
| Тип станду                                    | стаціонарний |
| Зусилля на штоку гідроциліндра                |              |
| при тиску масла в штоковій порожнині, н       | 190000       |
| при тиску масла у поза штоковій порожнині, н. | 210000       |
| Хід штока гідроциліндра, мм                   | 290          |
| Крутний момент гайковерта, Нм                 | 105          |

### 3.2.2 Стенд для зрізання гальмівних накладок з колодок

Призначений для зрізання гальмівних накладок з передніх і задніх колодок вантажних автомобілів

На рамі 1 стенду (рис 3.8) встановлений електродвигун 2, від якого через клиноремінну передачу і редуктор 3 обертання передається на планшайбу 5.

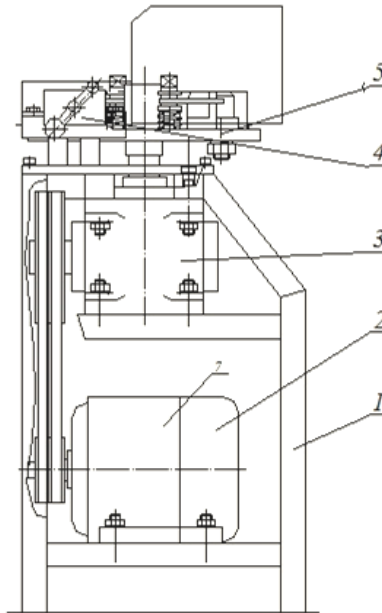


Рисунок 3.8 - Стенд для зрізання гальмівних накладок з колодок

Супорт 4 зварних конструкції з санчатами, що переміщаються по пазах, вмонтовується на верхній плиті. Переміщення санчат і подача ножа, здійснюється за допомогою гвинта і гайки через штурвал.

В електроустаткування б стенду входить кнопковий блок з автоматичним вимикачем і електродвигун.

Щоб зрізати гальмівні накладки, гальмові колодки встановлюють попарно на упори і пальці планшайби 5 і закріплюють додатковими притисками. Потім до поверхні, що зрізується підводять ніж супорта. і включають двигун.

#### Технічні характеристики

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Тип стенду                     | стаціонарний |
| Частота обертання планшайби с, | 127          |
| Електродвигун                  | A0241        |

|  |              |
|--|--------------|
| Потужність, кВт                          | 4            |
| частота обертання валу хв. <sup>-1</sup> | 1300         |
| Редуктор типу                            | 4Г (25 40-5) |
| Передавальні числа редуктора             | 51           |
| Габаритні розміри, м                     | 1200x830x820 |

### 3.3 Розрахунок вузлів пропонованого технологічного устаткування

#### 3.3.1 Розрахунок пневмомеханічного підйомника стенду розбирання-збирання маточини з гальмівним барабаном

Шток пневматичного циліндра круглого поперечного перетину виготовлений із сталі 45 діаметром  $d = 25$  мм.

Оскільки при підйомі вантажу шток може працювати на вигин (вантаж може знаходитися не на лінії переміщення штока), проводимо розрахунок на міцність, жорсткість та вигин.

Розрахункова схема приведена на рисунку 3.9.

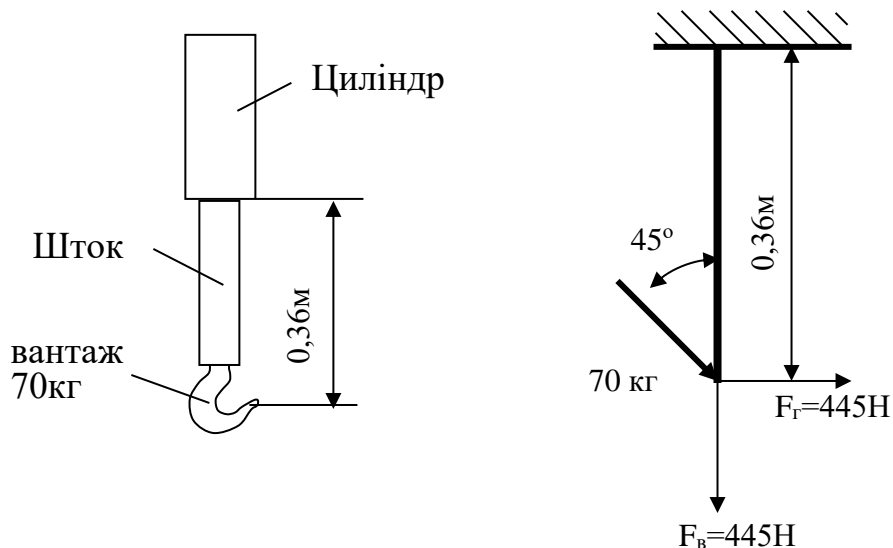


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема

Вважаємо, що захоплення вантажу може здійснюватися під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі штока. Тоді вертикальна складова сили ваги,  $F_v$ , Н, буде дорівнювати

$$F_v = G_{\text{гр}} \cdot \sin 45^\circ$$

$$F_r = 700 \cdot 0,707 = 495 \text{ Н.}$$

Епюри моментів, що вигинають, зображена на рисунку 3.10.

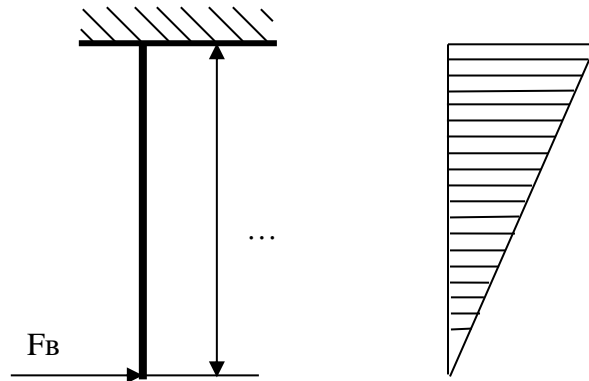


Рисунок 3.10 – Епюра вигинаючих моментів

Напруга,  $\sigma_{\max}$ , МПа, при вигині рівно:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W_z \leq \sigma_{\text{adm}},$$

де  $W_z$  – момент опору перетину;

$\sigma_{\text{adm}}$  – напруга, що допускається.

Для сталі 45  $\sigma_{\text{adm}}$  дорівнює 160 МПа.

$$\sigma_{\max} = 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 32 / 3,14 \cdot 0,0253 = 117 \text{ МПа} < \sigma_{\text{adm}}.$$

Умова міцності виконується.

Визначаємо переміщення  $\delta$  кінця штока під дією горизонтальної складової.

Умова жорсткості

$$\delta \leq \delta_{\text{adm}},$$

де  $\delta_{\text{adm}}$  – переміщення, що допускається, приймаємо рівним 5 мм.

Переміщення,  $\delta$ , мм визначаємо за способом Верещагіна

$$\delta = (\omega \cdot \bar{M}) / (E \cdot J)$$

де  $E$  – модуль пружності ;

$J$  – момент інерції;

$\bar{M}$  - одиничний момент;

– площа вантажної епюри.

Для сталі модуль пружності  $E$  рівний

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

$$\bar{M} = 0,36 \text{ м.}$$

$$\omega = 1/2 M_{\max} \cdot \dots$$

Для круглого перетину  $J = \frac{\pi d^4}{64}$

Підставивши значення отримаємо

$$\delta = \frac{0,36 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,36 \cdot 64}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 0,025^3} = 2,02 \cdot 10^{-3} \text{ м} < \delta_{\text{adm}}$$

Умова жорсткості витримана.

### Перевірка міцності штока.

У районі гайки шток працює на розтягування.

Напруга при розтягуванні дорівнює

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \sigma_{\text{adm}},$$

де N – подовжня сила

$$N = F;$$

$$y = N / A;$$

$$\delta = 700 \cdot 10^{-3} \cdot 4 / 3,14 \cdot 0,0252 = 1,1 \text{ МПа} < \delta_{\text{adm}}$$

Умова міцності виконується.

### Перевірка міцності пальця

Схема розташування пальця в конструкції крана приведена на рисунку 3.11

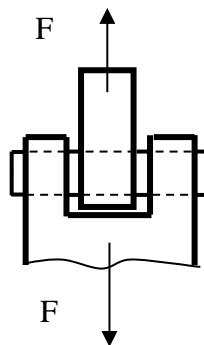


Рисунок 3. 11 – Схема розташування пальця

Діаметр пальця  $d = 12$  мм, матеріал пальця Ст 45,

Палець працює на зріз.

Напруга зрізу,  $\tau$ , МПа, визначаємо за формулою:

$$\tau = F / A_{\text{ср}} = \tau_{\text{adm}}$$

де  $A_{\text{ср}}$  - площа зрізу.

$$A_{\text{ср}} = 2 \cdot p \cdot d_2 / 4;$$

Підставивши значення, обчислимо.

$$\tau = 700 \cdot 10^{-4} \cdot 4 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0122 = 3,096 \text{ МПа} = \tau_{\text{adm}}$$

Умова міцності виконується.

### 3.4 Оцінювання економічної ефективності інновації

З метою оцінки економічної ефективності впровадження заходів щодо удосконалення ТП ремонту гальмових механізмів визначимо величину наступних показників:

- загальну суму інвестиційних витрат;
- прогнозовану собівартість проведення ремонту гальмових механізмів вантажного автомобіля в проектному періоді;
- річну суму очікуваного чистого прибутку від реалізації проекту реконструкції;
- загальний абсолютний ефект від реалізації проекту реконструкції;
- термін окупності інвестиційних витрат.

Загальна сума інвестиційних витрат на придбання, транспортування та монтаж обладнання розраховується за формулою:

$$B_{\text{оз}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{оби}} \cdot n_i \cdot (1 + K_{\text{мр}} + K_{\text{м}}), \quad (3.1)$$

де  $C_{\text{оби}}$  - ціна одиниці  $i$ -го типу обладнання, грн.;

$n_i$  - кількість одиниць  $i$ -го типу обладнання, шт.;

$K_{\text{мр}}$  - коефіцієнт, що враховує транспортні витрати. ;

$K_{\text{м}}$  - коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж та налаштування обладнання.

У розрахунках приймаємо:  $K_{\text{мр}} = 0,15$ ,  $K_{\text{м}} = 0,2$ .

Витрати на придбання обладнання встановлюються на підставі специфікації обладнання і відповідних договірних цін. Результати розрахунку інвестиційних витрат представимо в таблиці 3.1.

Загальна сума оборотних засобів приймається у розмірі 5% від загальної вартості основних засобів.

Прогнозовану собівартість проведення ремонту гальмового механізму вантажних автомобілів в проектному періоді визначимо за наступними статтями: заробітна плата ремонтних робітників, єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, матеріальні витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, загальновиробничі витрати.

Таблиця 3.1 – Витрати на придбання, доставку та монтаж обладнання

| Найменування технологічного обладнання           | Кількість, од. | Вартість за одиницю, грн. | Загальна вартість, тис. грн. |
|--|----------------|---------------------------|------------------------------|
| Стенд розбирання маточини з гальмівним барабаном | 1              | 212500                    | 286875                       |
| Стенд для зрізання гальмівних накладок           | 1              | 164000                    | 221400                       |
| Разом:   | 2              | 376500                    | 508275                       |

Визначення загальної суми інвестицій представимо у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальна величина інвестиційних витрат

| Найменування ресурсів | Разом     |
|-----------------------|-----------|
| Основні засоби, грн.  | 508275    |
| Оборотні засоби, грн. | 25413,75  |
| Разом, грн.           | 533688,75 |

Загальний фонд заробітної плати ремонтних робітників розраховується за формулою:

$$ЗФЗП = ФФЗП + ФДЗП, \quad (3.2)$$

де  $ФФЗП$  - фонд основної заробітної плати, грн.;



$\Phi ДЗП$  - фонд додаткової заробітної плати, грн.

Фонд основної заробітної плати ремонтних робітників розраховується за формулою:

$$\Phi ОЗП = ТС_{ср} \cdot Т_{рем}, \quad (3.3)$$

де  $ТС_{ср}$  - середня тарифна ставка ремонтних робітників, грн.;

$Т_{рем}$  - трудомісткість ремонтних робіт, люд.-год.

Середня тарифна ставка ремонтних робітників розраховується за формулою:

$$ТС_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot ГТС_i}{P_i}, \quad (3.4)$$

де  $P_i$  - кількість робітників  $i$ -го розряду, осіб;

$ГТС_i$  - годинна тарифна ставка  $i$ -го розряду робітника, грн./год.

Кількість ремонтних робітників розраховується за формулою:

$$P = \frac{T_{рем}}{\Phi_p \cdot k_n}, \quad (3.5)$$

де  $\Phi_p$  - дійсний річний фонд часу роботи робітника, год.

$k_n$  - коефіцієнт перевиконання норм (у розрахунках приймаємо  $k_n = 1,05$ ).

Фонд додаткової заробітної плати становить 15 ÷ 20 % від фонду основної заробітної плати.

Заробітна плата ремонтних робітників у калькуляції собівартості проведення одного ремонту гальмового механізму розраховується за формулою:

$$ЗП_{рем} = \frac{З\Phi ЗП}{Q}, \quad (3.6)$$

де  $Q$  - річна виробнича програма дільниці по ремонту гальмівних систем.

За формулами (3.2)...(3.6) виконаємо розрахунки.

$$P = \frac{1400 \cdot 5 \cdot 0,6}{1893,35 \cdot 1,05} = 2,11.$$

Приймаємо  $P = 2$  робітника, серед яких 1 робітник 3-го розряду та 1 робітника 4-го розряду.

$$TC_{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 63,2 + 1 \cdot 67,7}{2} = 65,45 \text{ грн./год.}$$

$$\Phi OЗП = 65,45 \cdot 4200,00 = 274890,00 \text{ грн.}$$

$$\Phi ДЗП = 0,2 \cdot 274890,00 = 54978,00 \text{ грн.}$$

$$З\Phi ЗП = 274890,00 + 54978,00 = 329868,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{\text{рем}} = \frac{329868,00}{1400} = 235,62 \text{ грн.}$$

Єдиний внесок на обов'язкове державне соціальне страхування розраховується за формулою:

$$B_{\text{внес}} = \frac{ЗП_{\text{рем}}}{100} \cdot a_{\text{внес}}, \quad (3.7)$$

де  $a_{\text{внес}}$  - відсоток єдиного внеску,  $a_{\text{внес}} = 22\%$  [15].

$$B_{\text{внес}} = 235,62 \cdot 0,22 = 51,84 \text{ грн.}$$

До витрат за статтею «Матеріальні витрати» відноситься вартість матеріалів, що витрачаються безпосередньо при виконанні робіт. А саме, за кожним видом матеріалів при розробці операційної карти визначається норма витрат у фізичних одиницях та їх вартість. Для визначення прогнозної собівартості матеріальні витрати на проведення ремонту гальмівного механізму вантажного автомобіля приймаються за даними автопідприємства ТОВ «АДА-Транссервіс» і складають 800,00 грн.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розраховуються за формулою:

$$B_o = \frac{\alpha_{\text{вуро}} \cdot ЗП_{\text{рем}}}{100}, \quad (3.8)$$

де  $\alpha_{\text{вуро}}$  - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання,  $\alpha_{\text{вуро}} = 110\%$ .

$$B_o = 1,1 \cdot 235,65 = 259,22 \text{ грн.}$$

Витрати за статтею «Загальновиробничі витрати» розраховуються за формулою:

$$B_{\text{заг.вир}} = \frac{\alpha_{\text{заг.вир}} \cdot ЗП_{\text{рем}}}{100}, \quad (3.9)$$

де  $\alpha_{\text{заг.вир}}$  - відсоток загальновиробничих витрат,  $\alpha_{\text{заг.вир}} = 110\%$ .

$$B_{\text{заг.вир}} = 1,1 \cdot 235,65 = 259,22 \text{ грн.}$$

Калькуляція виробничої собівартості проведення ремонту гальмового механізму вантажного автомобіля представлена в таблиці 3.3.

Собівартість проведення ремонту гальмового механізму вантажного автомобіля в базовому періоді за даними становить 1846,82 грн.

Таблиця 3.3 – Калькуляція собівартості проведення ремонту гальмового механізму вантажного автомобіля

| Найменування статей витрат   | Величина витрат на одиницю, грн. |
|--|----------------------------------|
| 1. Заробітна плата ремонтних робітників                                | 235,65                           |
| 2. Єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування | 51,84                            |
| 3. Матеріальні витрати   | 800,00                           |
| 4. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання                     | 259,22                           |
| 5. Загальновиробничі витрати   | 259,22                           |
| Всього виробнича собівартість  | 1605,93                          |

Зміна собівартості проведення гальмового механізму вантажних автомобілів розраховується за формулою:

$$\Delta C_1 = C_{1\text{баз}} - C_{1\text{пр}}, \quad (3.10)$$

де  $C_{1\text{баз}}$ ,  $C_{1\text{пр}}$  – собівартість проведення ремонту гальмового механізму відповідно в базовому та проектному періодах, грн.

$$\Delta C_1 = 1846,82 - 1605,93 = 240,89 \text{ грн.}$$

Загальна економія витрат на проведення ремонту гальмового механізму розраховується за формулою:

$$\Delta C = \Delta C_1 \cdot Q, \quad (3.11)$$

$$\Delta C = 240,89 \cdot 1400 = 337245,3 \text{ грн.}$$

Річна сума очікуваного прибутку від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$P_i = (C - C) \cdot Q, \quad (3.12)$$

де  $C$  - прогнозна вартість одного ремонту д гальмового механізму, грн.;

$C$  - собівартість одного ремонту гальмового механізму, грн.;

$Q$  - прогноз річної виробничої програми, од.

$$\Pi_t = (2119,82 - 1605,93) \cdot 1400 = 719451,6 \text{ грн.}$$

Річна сума очікуваного чистого прибутку від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\Pi_{t(u)} = \Pi_t - \Pi_t \cdot \frac{\Pi_n}{100}, \quad (3.13)$$

де  $\Pi_n$  - розмір ставки податку на прибуток,  $\Pi_n = 18\%$  [17].

$$\Pi_{t(u)} = 719451,6 - 719451,6 \cdot 0,18 = 589950,31 \text{ грн.}$$

Попередній термін окупності інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{IC}{\Pi_{t(u)}}, \quad (3.14)$$

де  $IC$  - загальна величина інвестиційних витрат, грн..

$$T_{ок} = \frac{533688,75}{589950,31} = 0,9 \text{ років.}$$

Очікуваний грошовий потік  $t$ -го року розраховується за формулою:

$$CF_t = \Pi_{t(u)} + A_t, \quad (3.15)$$

де  $\Pi_{t(u)}$  - очікуваний чистий прибуток підприємства у  $t$ -му році, грн.;

$t$  – число періодів часу, за який нараховується прибуток;

$A_t$  – величина амортизаційних відрахувань  $t$ -го року, грн.

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$A_t = \frac{B_{оз} \cdot H_a}{100}, \quad (3.16)$$

де  $B_{оз}$  - первісна вартість основних засобів, грн.;

$H_a$  - норма амортизації, %, що розраховується за формулою:

$$H_a = \frac{1}{T_{к.в.}} \cdot 100, \quad (3.17)$$

де  $T_{к.в.}$  – термін корисного використання об'єкта основних засобів, років.

$$H_a = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20\% \text{ [16]}$$

$$A_t = 508275 \cdot 0,20 = 101655,00 \text{ грн.}$$

$$CF_t = 589950,31 + 101655,00 = 691605,31 \text{ грн.}$$

Загальний абсолютний ефект від реалізації проекту реконструкції розраховується за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n_2} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{j=0}^{n_1} \frac{IC_j}{(1+r)^j}, \quad (3.18)$$

де  $CF_t$  - грошовий потік  $t$ -го року, грн.;

$IC_j$  - інвестиції в  $j$ -ому році, грн.;

$r$  - дисконтна ставка (нормативна), част. од.;

$$NPV = \frac{691605,31}{1,23^1} - \frac{533688,75}{1,23^0} = 562280,74 - 533688,75 = 28591,99 \text{ грн.}$$

Рішення доцільно впроваджувати, тому що чиста теперішня вартість є позитивною.

Індекс прибутковості інвестицій розраховується за формулою:

$$PI = \sum_{t=1}^{n_2} \frac{CF_t}{(1+r)^t} : \sum_{j=0}^{n_1} \frac{IC_j}{(1+r)^j}. \quad (3.19)$$

$$PI = \frac{691605,31}{1,23^1} : \frac{533688,75}{1,23^0} = \frac{562280,74}{533688,75} = 1,1$$

Рішення доцільно впроваджувати, тому що індекс прибутковості інвестицій більше одиниці.

Внутрішня норма рентабельності дає змогу зробити висновок про існуючий резерв «безпеки проекту», а саме показує ту норму дисконту  $IRR$ , за якої величина дисконтованих доходів за відтворювальний період стає рівною розміру інвестицій, які вкладені у реалізацію інноваційного проекту.

Внутрішня норма рентабельності розраховується за формулою:

$$IRR = r + \frac{NPV_r}{NPV_r - NPV_{r_1}} \cdot (r_1 - r), \quad (3.20)$$

де  $r$  - величина ставки дисконту, за якої  $NPV$  позитивна, %;

$r_1$  - величина ставки дисконту, за якої  $NPV$  негативна, %;

$NPV_r$  - величина позитивної  $NPV$  за величини ставки дисконту  $r$ , грн.;

$NPV_{r_1}$  - величина негативної  $NPV$  за величини ставки дисконту  $r_1$ , грн.

У розрахунках приймаємо  $r = 23\%$ ,  $r_1 = 30\%$ , тоді

$$NPV_r = 28591,99 \text{ грн.}$$

$$NPV_{r1} = \frac{691605,31}{1,30^1} - \frac{533688,75}{1,30^0} = 532004,08 - 533688,75 = -1684,67 \text{ грн.}$$

$$IRR = 23 + \frac{28591,99}{28591,99 - (-1684,67)} \cdot (30 - 23) = 30 \text{ \%}.$$

Оскільки величина внутрішньої норми рентабельності проекту більше за нормативну ставку дисконту, то рішення про реалізацію проекту може бути позитивним.

Період, протягом якого прибуток, отриманий внаслідок реалізації інноваційного проекту, забезпечить повернення вкладених інвестицій, характеризує термін окупності інноваційного проекту. Його розрахунок виконаємо на дисконтованому грошовому потоці.

Дисконтований період окупності інноваційного проекту розраховується за формулою:

$$DPP = \frac{IC}{CF_{np}}, \quad (3.21)$$

де  $IC$  - первісні інвестиції в проект, грн.;

$CF_{np}$  - приведений грошовий потік, грн.

$$DPP = \frac{533688,75}{562280,74} = 0,95 \text{ років.}$$

Дисконтований термін окупності інвестицій знаходиться в межах строку реалізації проекту, що підтверджує його доцільність.

Показники економічної оцінки ефективності вдосконалення технологічного процесу проведення ремонту гальмових механізмів вантажних автомобілів наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Показники економічної оцінки ефективності вдосконалення ТП проведення ремонту гальмових механізмів вантажних автомобілів

| Найменування показника | Одиниця виміру | Величина показника |
|------------------------|----------------|--------------------|
|------------------------|----------------|--------------------|

|  |       |           |
|--|-------|-----------|
| Річна виробнича програма дільниці ремонту гальмівних систем            | од.   | 1400      |
| Собівартість проведення одного ремонту гальмового механізму            | грн.  | 1605,93   |
| Вартість проведення одного ремонту гальмового механізму                | грн.  | 21191,82  |
| Загальна економія собівартості проведення ремонту гальмового механізму | грн.  | 337245,3  |
| Загальна величина інвестиційних витрат, у т.ч.                         | грн.  | 533688,75 |
| • основні засоби   | грн.  | 508275,00 |
| • оборотні засоби  | грн.  | 25413,75  |
| Річна сума очікуваного прибутку від реалізації проекту                 | грн.  | 719451,60 |
| Річна сума очікуваного чистого прибутку від реалізації проекту         | грн.  | 589950,31 |
| Чиста теперішня вартість   | грн.  | 28591,99  |
| Індекс прибутковості інвестицій  | -     | 1,1       |
| Внутрішня норма рентабельності   | %     | 30        |
| Дисконтований період окупності   | років | 0,95      |

Розраховані показники знаходяться у межах нормативних величин, що свідчить про економічну доцільність впровадження інноваційно-інвестиційного проекту вдосконалення технологічних процесів проведення ремонту гальмових механізмів вантажних автомобілів.

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Причини виникнення нерівномірності гальм

Різниця в дотичних реакціях на праве та ліве колеса мостів автомобіля може бути викликана різним розміром співвідношення зчеплення шини з дорогою, нерівномірним розподілом вантажу всередині кузова, нерівномірним зносом шинного протектора однієї осі, а також рядом конструктивних, технологічних і експлуатаційних причин, що призводить до нерівномірного зниження ефективності гальм.

Навіть при однаковому тиску рідини в колісних гальмівних циліндрах розмір гальмівних моментів на колесах однієї осі може бути різним. Це пов'язано з різними факторами тертя між колодками і барабанами за рахунок змащення накладок; проникнення в гальмівні механізми води і бруду; зміна передачі приводного механізму; різниця в кількості тиску в приводах, різниця в силах тиску пружин стяжок, регулювання гальм тощо.

Можливі відхилення сил, ступінь тиску на гальмівні колодки однієї осі автомобіля, можуть бути викликані статичними і динамічними помилками різних схем приводу. Наявність гальмівних контролерів або протиблокувальних пристроїв робить різницю приводних сил ще більш помітною.

Проведені дослідження Кавіновим І.Ф. виявили залежність фактора тертя від швидкості ковзання, специфічного тиску і температури парів тертя.

Випробування гальм показали, що при постійному тиску в робочому циліндрі гальма і, отже, при постійному специфічному тиску потирання пари, розмір гальмівного моменту, тим більше непотрібний, не є постійним. Встановлено, що при збільшенні швидкості ковзання з 2 до 10 м/с коефіцієнт тертя зменшується з 0,4 до 0,2, а при конкретному тиску збільшується з 6 до 8 і 12 кг/см<sup>2</sup>, коефіцієнт тертя знижується до 0,34; 0,3 та 0,24 відповідно.

Виділено дві групи відхилень фактора тертя [17, 18, 19]: технологічні та експлуатаційні. Через технологічні відхилення навіть нових автомобілів, які пройшли ТО-2, спостерігається нерівномірний ефект гальмівних механізмів.



Технологічне розсіювання коефіцієнтів тертя гальмівних колодок, згідно з дослідженнями, досягає 0,16.

Матеріали, з яких виготовляються гальмівні накладки, умовно можна розділити на дві категорії: органічну і неорганічну. Більшість так званих органічних накладок містять азбест як основу фрикційного матеріалу, а найбільш неорганічні - різні напівметалеві сполуки. Ці дві категорії відрізняються сировиною, з якої вони виготовлені. Необхідно розділити підкладки на незабавкуючі органічні і напіврудні. Більшість неазбестових органічних накладок засновані на скловолонні.

Коричнево-чорний пил на передніх колесах автомобілів вказує на те, що їх гальмівні накупи виготовляються з напіврудної речовини. Коричневий колір цей пил набуває завдяки іржавості металевій підкладки, а чорний відтінок - через графіт, який є фрикційним модифікатором. Фрикційні матеріали на основі металу здатні витримувати дуже високі температури. Більшість фрикційних матеріалів з нерудною основою швидко зношуються під впливом температур.

Якість гальмівних колодок важко оцінити, оскільки немає державних або промислових стандартів для колодок, які використовуються як запчастини. Ось кілька критеріїв для оцінки якості накладок:

- висока стійкість до втрати фрикційних якостей;
- швидке відновлення фрикційних якостей в разі їх втрати;
- великий термін служби;
- низька зношуваність диска або барабана;
- безшумна робота;
- хороші фрикційні характеристики при воді або в вологому середовищі.

Шум в роботі залежить від будови диска і його внутрішнього шумоізоляційного покриття.

Терміни «жорсткий» і «м'який» часто використовуються для характеристики тертя і стійкості до втрати фрикційних якостей. М'яка накладка має досить високий фактор тертя. Вона ламається легко і швидко, працює

спокійно і має низьку стійкість до втрати фрикційних якостей навіть при відносно низьких температурах.

Жорстка накладка має низький коефіцієнт тертя. Вона має набагато більш тривалий термін служби, в роботі він виробляє більше шуму і набагато краще витримує високі температури.

Технічні умови автомобільних заводів також не регулюють відмінності коефіцієнтів тертя гальмівних колодок, вироблених одним серійним лотом. Встановлено лише мінімальне значення.

Дослідження показали, що показники тертя гальмівних колодок однієї партії можуть відрізнятися на 10...30% (рис. 4.1).

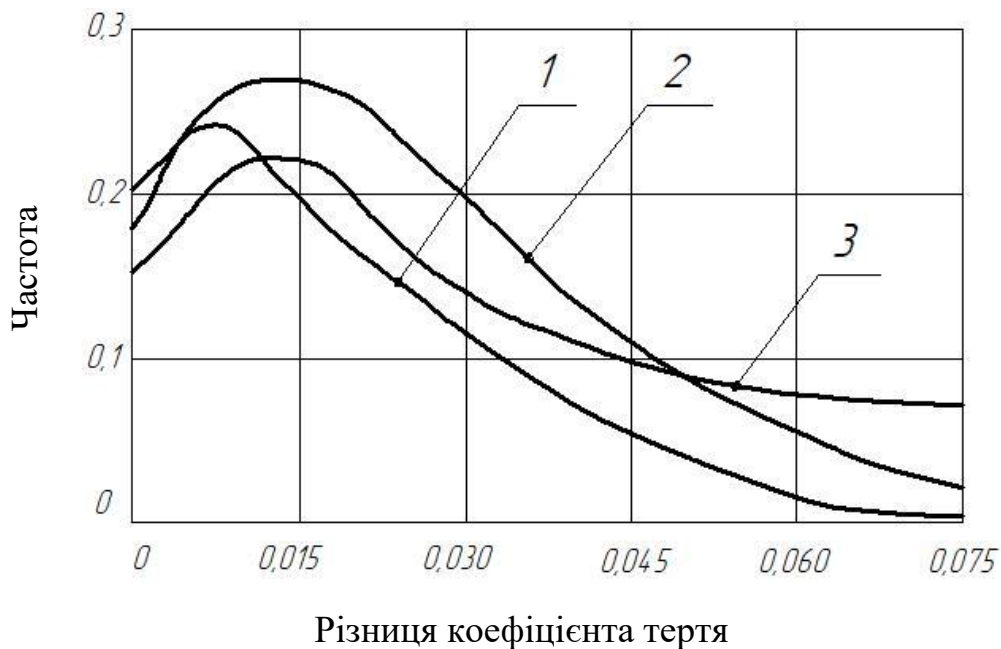


Рисунок 4.1 – Розподіл різниці коефіцієнтів тертя тормозних колодок:

1 – задні ЗИЛ-130, 2 – передні ЗИЛ-130, 3 – задні ГАЗ-24

Нерівномірне зношування тормозних колодок викликане різницею коефіцієнтів тертя  $\mu$  і являється основною причиною різних зазорів в фрикційних парах тормозних механізмів (рис. 4.2).

В результаті досліджень [20] впливу коефіцієнту тертя та фрикційних зазорів між фрикційними парами гальмівних механізмів на нерівність їх дії і визначали допустимі варіації факторів тертя виявлено, що різниця в

коефіцієнтах тертя фрикційних колодок призводить до їх різного зносу і, відповідно, різниці в зазорах між фрикційними елементами гальм однієї осі автомобіля. При цьому комбінований ефект різниці в тертях і зазорах призводить до того, що нерівномірність гальмівних механізмів автомобіля в роботі в залежності від пробігу не залишається постійною.

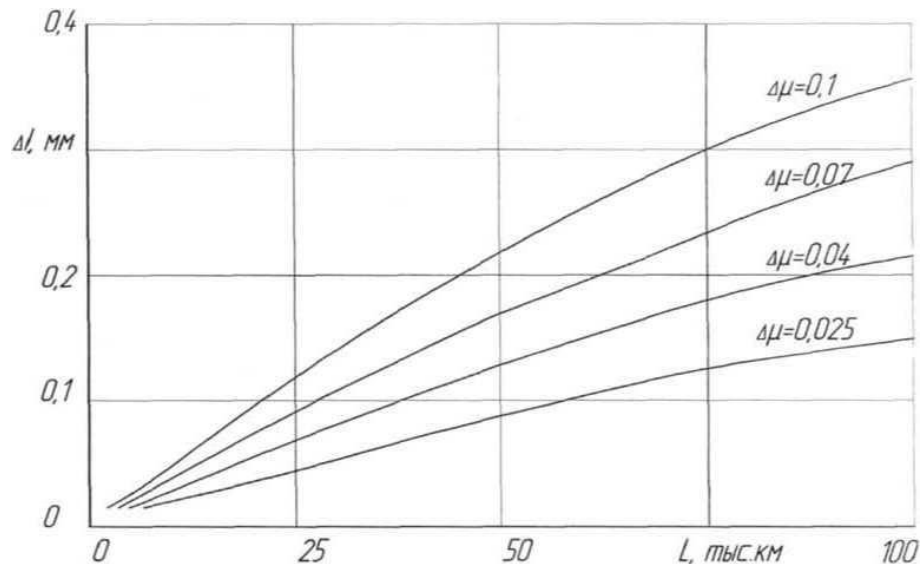


Рисунок 4.2 – Залежність різниці між зносом правого і лівого гальм на пробігу автомобіля при різниці тертя гальмівних колодок

Введення автоматичних пристроїв регулювання кліренсу в гальмівну систему не допускає перманентності зазорів і усуває їх різницю в механізмах альмування. Це пов'язано, перш за все, з тим, що самі автомати не вільні від нестабільності регламентів і дозволяють збільшити прогалини в роботі автомобіля.

Аналіз показує, що основними причинами нерівномірності гальмівних механізмів однієї осі автомобіля є різниця в фрикційних парах і різниця в зазорах в фрикційних парах гальмівних механізмів однієї осі автомобіля. Причому нерівномірність проявляється як в нових автомобілях, так і в автомобілях, які мають тривалий пробіг з початку експлуатації, а нерівномірність гальмівних механізмів не залишається постійною в міжконтролюючому періоді.

## 4.2 Діагностичні параметри гальмівних систем

Для вибору діагностичних параметрів можна використовувати різні методи: аналіз структурних і слідчих моделей, моделей графіків, методу факторного аналізу, методу експертних оцінок тощо.

Діагностика гальмівних систем автомобіля вбудованими засобами може здійснюватися на підставі інформації про перехідні процеси гальмування автомобіля в дорожніх умовах. Це, в свою чергу, накладає деякі обмеження на можливість використання таких методів, як метод факторного аналізу, методи структурних і слідчих моделей, моделі графіків тощо.

Інтегральний метод оцінки бортового нерівномірності базується на вивченні функціональності [21].

$$W = \int_0^{T_p} F dt \leq W_{\text{доп}}, \quad (4.1)$$

де  $F$  – певна функція змінних, які характеризують стан системи;

$T_p$  тривалість перехідного процесу.

Функцію  $F$  слід вибрати так, щоб функція  $W$  була чутлива до змін у відповідних параметрах системи.

Оскільки діагностика гальмівних механізмів, особливо в дорожніх умовах, при прямовимірюваних значеннях гальмування складна (через складність вимірювальної техніки і велику похибку вимірювання), то проводять виконання діагностики за непрямими параметрами, певним чином пов'язаними з гальмівними моментами.

Колесо автомобіля взаємодіє з автомобілем і дорогою під час гальмування, піддаючись різним силам і моментам через характер гальмування, стан дороги, технічний стан гальм, початкову швидкість гальмування, ступінь завантаженості [22]. Схема зовнішніх сил і точок гальмування показана на малюнку. 4.3.

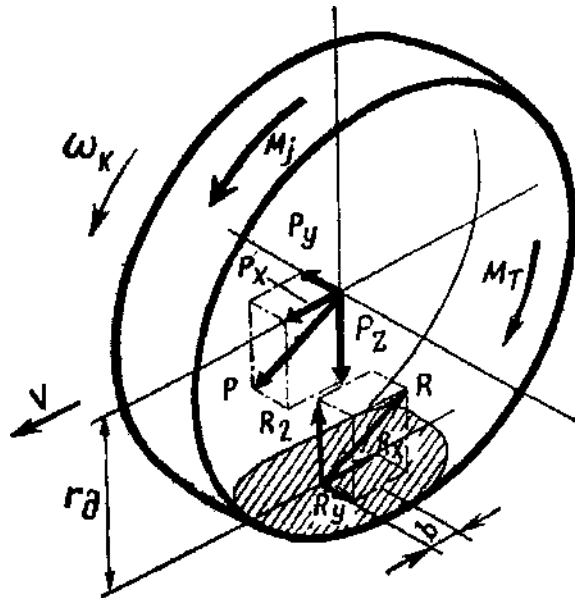


Рисунок 4.3– Схема зовнішніх сил і моментів, що діють на колесі при гальмуванні

Дана схема відповідає вертикально розташованому колесу, яке рухається прямо по рівній дорозі без бічного виходу. Справжнє колесо розташовується під кутом до дороги і рухається під кутом до площини її обертання, зона контакту колеса з дорогою асиметрична, дорожні реакції наносяться в різних точках зіткнення і зміщуються відносно її поздовжньої і поперечної осі тощо.

Сума моментів, що діють на колесо в площині його обертання. Моментами, створеними природним опором руху, можна нехтувати, адже їх дію на колесах однієї осі можна вважати однаковою.

$$M_t - M_\varphi - M_j = 0 \quad (4.2)$$

де  $M_t$  - гальмівний момент, Н·м;

$M_\varphi$  - момент, створений поздовжньою реакцією дороги, Н·м;

$M_j$  - інерційний момент колеса, Н·м., визначається:

$$M_j = J_k \frac{dw}{dt} \quad (4.3)$$

де  $J_k$  - момент інерції колеса, Н·м·с<sup>2</sup> ;

$\frac{dw}{dt}$  - кутове прискорення колеса, рад/с<sup>2</sup>.

Зчеплення колеса на дорозі характеризується величиною коефіцієнта щеплення  $\varphi_x$ , що є співвідношенням максимальної дотичної реакції на вертикальну реакцію на колесі:

$$\varphi_x = \frac{R_x}{R_z} \quad (4.4)$$

де  $R_x$  – дотична реакція, Н;

$R_z$  - нормальна реакція дороги, Н.

Взаємодія колеса з опорною поверхнею описується  $\varphi - S$  залежностями.

У цьому випадку  $S$  визначається за формулою:

$$S = (V_d - V_T)/V_d = 1 - \frac{r_k^c}{r_k} \quad (4.5)$$

де  $V_T = r_k^c \cdot \omega_k$  – теоретична швидкість колеса, м/с;

$r_k^c$  – радіус кочення колеса у вільному режимі, м;

$\omega_k$  – кутова швидкість колеса, радість/с.

$V_d = r_k \cdot \omega_k$  - фактична швидкість колеса, м/с;

$r_k$  - радіус кочення колеса, що відповідає передавальному моменту через колесо, м.

Зміна радіуса кочення колеса визначається:

$$r_k = r_k^c + \gamma P_x \quad (4.6)$$

де  $P_x$ - тангенціальна реакція дороги, Н;

$\gamma$  - співвідношення тенденційної еластичності шини, м/Н.

Лінійна зміна радіусу кочення колеса:

$$S = 1 - \frac{r_k^c}{r_k} = 1 - \frac{r_k^c}{r_k^c + \gamma P_x} \quad (4.7)$$

Звідси величина  $R_x$ :

$$R_x = \frac{S \cdot r_k^c}{\gamma \cdot (1-S)} \quad (4.8)$$

Відомо, що

$$M_\varphi = R_z \cdot \varphi_x \cdot r_d = R_x \cdot R_x \quad (4.9)$$

де  $r_d$  - динамічний радіус колеса, м.

Враховуючи (4.8) вираз (4.9) може бути представлений наступним чином:

$$M_\varphi = \frac{S \cdot r_k^c}{\gamma \cdot (1-S)} \cdot r_d \quad (4.10)$$

$$\text{Враховуючи, що } \gamma = 10^{-3} \cdot \lambda \cdot r_k^o, \quad (4.11)$$

вираз (4.10) буде виглядати наступним чином:

$$M_\varphi = \frac{S \cdot r_d}{10^{-3} \cdot \lambda \cdot (1-S)} \cdot r_d. \quad (4.12)$$

На асфальтованих дорогах можна вважати, що динамічний радіус колеса приблизно рівним статичному радіусу  $r_d = r_{cm}$ , доді (4.12) виглядатиме:

$$M_\varphi = \frac{S \cdot r_{cm}}{10^{-3} \cdot \lambda \cdot (1-S)} \quad (4.13)$$

Компоненти рівняння  $M_T$ ,  $\frac{d\omega}{dt}$  і  $\frac{S}{(1-S)}$  являються функціями часу.

З врахуванням (4.2) і (4.13) вираз (2.2) матиме вигляд:

$$M_t - J_k \frac{d\omega}{dt} - \frac{S \cdot r_{cm}}{10^{-3} \cdot \lambda \cdot (1-S)} = 0. \quad (4.14)$$

Тоді суму моментів можна подати у вигляді:

$$\mu(\tau) - \varepsilon(\tau) - \varphi_x(\tau) = 0, \quad (4.15)$$

$$\text{або } \mu(\tau) = \varepsilon(\tau) + \varphi_x(\tau) = 0. \quad (4.16)$$

Позначаючи суму інтегралів через функціонал  $W_1$ , можна записати такий вираз:

$$W_1 = A \cdot \int_0^t \frac{d\omega}{dt} + B \cdot \int_0^t \frac{S}{1-S}, \quad (4.17)$$

де  $W_1$ - інтегральний параметр оцінки величини тормозного моменту в момент часу  $t$ .

Опишемо даний параметр через  $W_{1.1}^j$  та  $W_{1.2}^j$  для коліс автомобіля (одної осі).

Абсолютна різниця інтегральних параметрів коліс однієї осі буде мати вигляд:

$$\Delta W_j = W_{1,пр}^j - W_{1,лів}^j, \quad (4.18)$$

де  $\Delta W_j$  – інтегральний параметр оцінки нерівності гальм однієї осі;

$W_{1,пр}^j, W_{1,лів}^j$  - інтегральні параметри оцінки величини гальмівних моментів в певний час  $t$  на осі.

Відносний інтегральний параметр оцінки нерівномірності гальмівних механізмів осі визначається за формулою:

$$W_2^j = \frac{\Delta W_j}{\max\{W_{1,пр}^j, W_{1,лів}^j\}}, \quad (4.19)$$

де  $W_2^j$  – відносний інтегральний параметр для оцінки нерівності;  $\max\{W_{1,пр}^j, W_{1,лів}^j\}$  – найбільший з цих значень.

При аналізі результатів ми бачимо, що параметр  $\Delta W_j$  в діапазонах навантажень і швидкостей найбільш характерних для автомобілів, що працюють в населених пунктах, має пік (рис. 4.4).



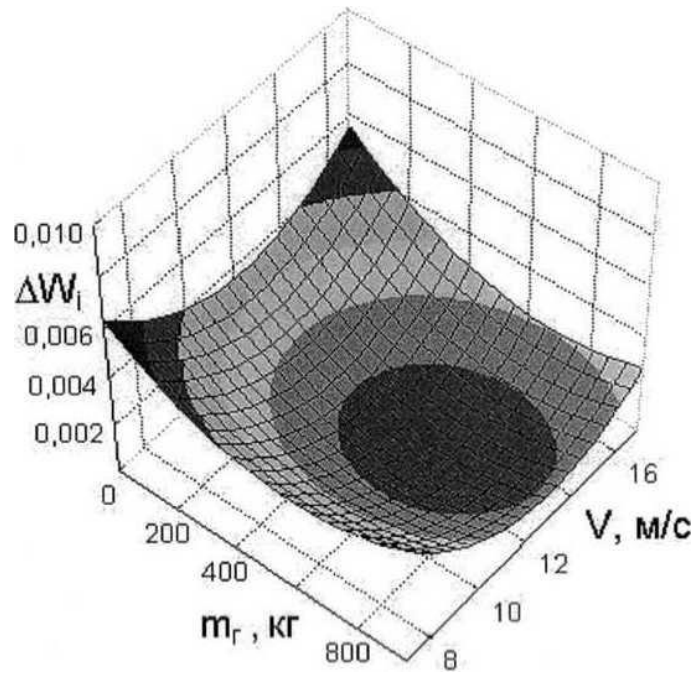


Рисунок 4.4 – Вплив швидкості початку гальмування та навантаження автомобіля на інтегральний параметр  $\Delta W_1$

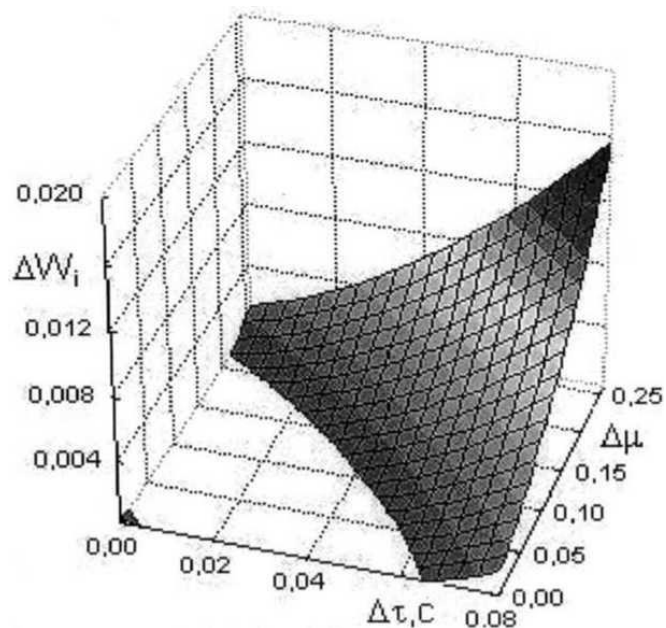


Рисунок 4.5 – Вплив різниці коефіцієнтів тертя  $\Delta\mu$  та різниці часу запізнення  $\Delta\tau$  на інтегральний параметр  $\Delta W_j$

На рис. 4.6 показано спільний вплив  $\Delta\mu$  та  $\Delta\tau$  на зміну відносного інтегрального параметра оцінки нерівномірності  $W_2^j$ , розрахованого при значеннях  $S_{\text{пор}} = 0,05$  при швидкості початку гальмування  $V = 12,5\text{ м/с}$  і навантаження 480 кг.

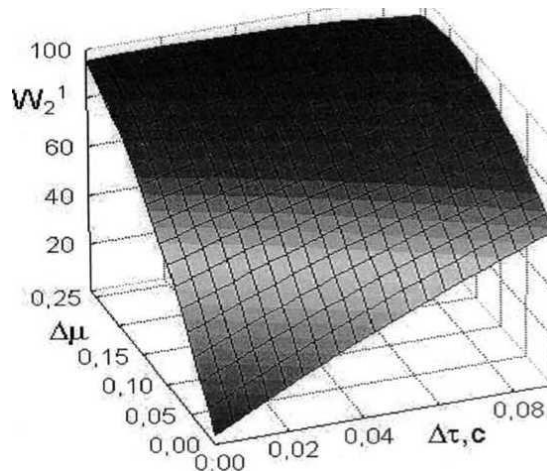


Рисунок 4.6 – Вплив  $\Delta\mu$  та  $\Delta\tau$  на зміну відносного інтегрального параметра оцінки нерівномірності  $W_2^j$

На рисі. 4.7 наведено залежність параметра  $W_2^1$  ві різниці часу запізнення  $\Delta\tau$  і величини швидкості початку гальмування  $V$ .

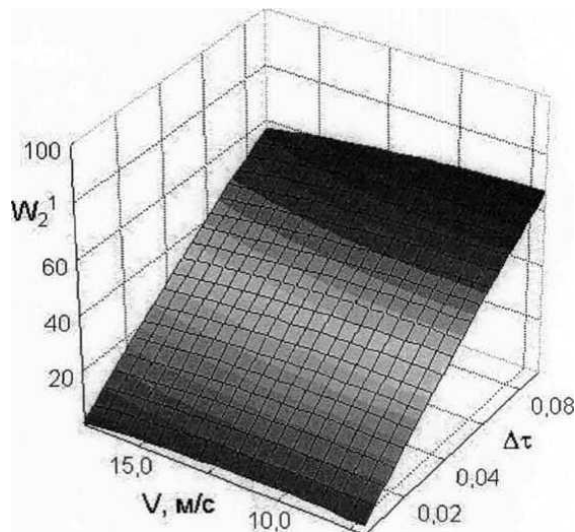


Рисунок 4.7 – Залежність параметра  $W_2^1$  ві різниці часу запізнення  $\Delta\tau$  і величини швидкості початку гальмування  $V$

Проаналізувавши рис.4.7 можемо зробити висновок, що швидкість початку гальмування дуже мало впливає на відносний інтегральний параметр  $W_2^1$  в порівнянні з  $\Delta\tau$ .

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників**

На дільниці по ремонту гальмівних механізмів є наступні джерела небезпеки: вантажі, що перевозяться підйомними кранами, електрична напруга, що приводить в дію стенси, верстати і агрегати, гаряча вода миючих машин, ручний слюсарний інструмент і інше.

Усе обладнання чи устаткування розставляється з дотриманням усіх необхідних проміжків. Не допускається скупчення на дільниці великої кількості агрегатів і деталей. Суворо забороняється заложувати проходи, проїзди і підходи до щитів з пожежним інструментом і вогнегасниками.

Агрегати і деталі, що мають масу більше 10 кг, як правило підіймають, транспортують і встановлюють за допомогою підйомно-транспортних засобів. Розбирати агрегати, що мають пружини (передня незалежна підвіска, зчеплення, клапанний механізм і ін.), дозволяється тільки на спеціальних стендах або за допомогою пристосувань, що забезпечують безпечну роботу.

Переносний електроінструмент застосовуються при напрузі не більше 36 В, а якщо є необхідність більшої ніж 36 В, то видаються разом із захисними пристосуваннями (діелектричні рукавички, взуття, килимки тощо). Все стаціонарні освітлення повинно бути міцно закріплене та не давали тіней.

Підлога в приміщеннях повинна бути рівною, гладкою, але не слизькою, а також мати ухил для стоку води при промивці. Електроустаткування, що є на дільниці, повинне бути заземлене. Загальне і місцеве освітлення повинне мати пожежобезпечне виконання.

Карта умов праці на дільниці ремонту гальмівної системи приведена в таблиці 5.1.

Дільниця робіт, на яких відповідно до технології відбувається виділення шкідливих речовин, надлишку тепла, з'являється шум, повинні розташовуватися в окремих приміщеннях, ізольованих від інших приміщень стінами.

Таблиця 5.1 – Карта умов праці дільниці по ремонту гальмівних систем автомобілів

| Санітарно-гігієнічні чинники |                              | Одиниці вимірювання | Нормативні значення | Робоче місце слюсаря |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Мікроклімат                  | Температура повітря (взимку) | °С                  | 23...25             | 27...29              |
|                              | Температура повітря (влітку) | °С                  | 23...25             | 19...20              |
|                              | Відносна вологість повітря   | %                   | 40...60             | 55...57              |
|                              | Швидкість руху повітря       | м/с                 | 0,3                 | 0,5                  |
| Шкідливі речовини            | Гази:                        |                     |                     |                      |
|                              | - оксид вуглецю              | мг/м <sup>3</sup>   | 20,0                | 10,0                 |
|                              | - сірчистий ангідрид         | мг/м <sup>3</sup>   | 10,0                | -                    |
|                              | Пил:                         |                     |                     |                      |
|                              | - оксид заліза               | мг/м <sup>3</sup>   | 6,0                 | -                    |
|                              | - кремнеземвмісний           | мг/м <sup>3</sup>   | 1,0                 | 2,0                  |
| Шум                          | Рівень звукового тиску       | дБ                  | 75                  | 78                   |
| Вібрація                     | Загальна вібрація            | дБ                  | 65                  | 55                   |
| Освітлення                   | Природне, КЕО                | %                   | 1,5                 | 1,0                  |
|                              | Штучне                       | лк                  | 150                 | 100                  |

Пости миття автомобілів відокремлюють від інших постів стінами або перегородками з пароізоляцією і водостійким покриттям. Майданчики для миття автомобілів повинні мати ухил не менше 2% у бік приймальних колодязів і лотків, розташування яких повинне виключати попадання стічних вод на територію цеху.

З метою забезпечення пожежної безпеки, електробезпеки і дотримання чистоти канами, траншеї, що сполучають їх, і тунелі, ведучі в них сходи повинні

бути такими, що не згорають і захищеними від вогкості і ґрунтових вод. Стіни їх повинні бути фанеровані керамічною плиткою світлих тонів, а підлога за наявності трапів - мати ухил 2% у бік трапа. На підлозі повинні встановлюватися міцні дерев'яні ґрати.

За наявності робочих місць і майданчиків на висоті 1 м і більш над рівнем підлоги їх слід захищати поручнями заввишки не менше 0,9 м з одним проміжним горизонтальним елементом і суцільною бічною обшивкою від підлоги на висоту не менше 0,1 м.

Для забезпечення комфортних умов праці, зниження травматизму і підвищення працездатності важливу роль відіграє естетичне оформлення приміщень і робочих місць.

## **5.2 Заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях**

Причиною виникнення надзвичайної ситуації на території автопідприємства ТОВ «АДА-Транссервіс» можливі з урахуванням технологічних процесів, обладнання, автотранспорту і матеріалів. Надзвичайна ситуація на об'єкті, а саме пожежа може виникнути в наслідок:

- недоліків в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, влаштуванні комунікацій;
- дефектів обладнання, порушення режиму технологічних процесів та неправильного виконання робіт;
- несправністю систем живлення і випуску відпрацьованих газів у двигунах внутрішнього згорання, відсутність іскрогасників поблизу місць застосування або зберігання горючих чи легкозаймистих речовин;
- відсутність або несправність заземлення цистерн з рідкими нафтопродуктами;
- несправність або відсутність на деяких об'єктах систем блискавкозахисту;
- необережність персоналу та порушення правил пожежної безпеки;
- проведення зварювальних робіт.

З метою запобігання виникнення надзвичайної ситуації (пожежі) передбачаються наступні заходи:

- зонування території необхідно виконувати відповідно ДБН Б.1.1-22:2017 «Склад та зміст плану зонування території»;
- споруди з підвищеною пожежонебезпекою розташовані з підвітряного боку;
- блискавкозахист будівель автопідприємства повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд»;
- внутрішньозаводські дороги проведені так, щоб забезпечити швидкий та зручний проїзд пожежних машин;
- устрій виробничих приміщень відповідає вимогам СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания». Передбачено два виходи, з східної та західної сторони будівлі цеху ;
- пожежна сигналізація і зв'язок відповідають вимогам ДСТУ ISO 7240-1:2007 „Системи пожежної сигналізації та оповіщення”. Використовується променева пожежна сигналізація з датчиками АКІП-9 і станції ТОЛ-10/100;
- протипожежне водопостачання автопідприємства повинно відповідати вимогам ДБН В 2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди»;
- для зниження пожежної небезпеки вентиляційні системи штучної вентиляції виконані із матеріалів, що не займаються;
- з метою зниження небезпеки в електроустановках, для запобігання загоряння ізоляції та короткого замикання використовуються плавкі запобіжники та спеціальні автоматичні вимикачі, які вимикають мережу від живлення при підвищеному навантаженні.

Автопідприємство ТОВ «АДА-ТРАНССЕРВІС» забезпечується наступними засобами гасіння пожежі:

- у адміністративно-побутовому приміщенні установлені пожежні гідранти, які живляться від кільцевої системи водопостачання комбінату з діаметром труб

100-150 мм. Тиск води в них досягає 0,6 МПа, що відповідає нормам ДБН В 2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди»;

- приміщення по зберіганню паливно-мастильних матеріалів забезпечені пожежною електричною системою оповіщення згідно вимог ДСТУ ISO 7240-1:2007.

- водоводи і пожежні водопроводи, гідранти знаходяться зовні і у середині приміщень;

- у приміщеннях є пожежні пункти, пофарбовані у червоний колір, кожний з яких включає в себе набір протипожежного інвентарю: пожежні сокири – 2 шт., лопати – 2шт., багри – 2шт., пожежні відра – 2шт., вогнегасники ВХП – 10 - 2шт. І вогнегасники для гасіння пожежі в електроустановках ВВ – 5 - 2шт.

Відповідальність по організації заходів по ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єкті покладено на керівників структурних підрозділів і керівника підприємства.

Пожежогасіння проводять воєнізованою пожежною охороною ДСНС України м. Кам'янське і добровільно-пожежною дружиною автопідприємства.

### 5.3 Розрахунок по шуму

На ділянці по ремонту гальмівних систем встановлений стенд для випробування камер стислим повітрям, що видає компресор. Необхідно визначити зниження рівня шуму на відстані  $r = 15$  м від джерела шуму (компресора), якщо відомо, що шум на відстані  $l$  м від компресора складає:

$$L_{\text{інтен}} = 110 \text{ дБ.}$$

Визначаємо ефективність від установки екрану висотою  $h = 2,5$  м, довжиною  $l = 6$  м; відстань від екрану до робочого місця слюсаря в зоні  $b = 3$  м, частота звуку  $f = 2500$  Гц.

Зниження рівня інтенсивності шуму  $L_r$ , дБ, визначається по формулі [28]:

$$L_r = L_{\text{інтен}} - 20 \lg r - 8, \text{ дБ,} \quad (4.1)$$

де  $L_{\text{інтен}}$  – рівень інтенсивності шуму на відстані 1 м від джерела, дБ;

$r$  – відстань від зовнішніх джерел.

$$L_r = -110 - 20 \lg 15 - 8 = 79 \text{ дБ.}$$

Для визначення ефективності від установки екрану визначаємо величину  $K$  по формулі:

$$K = 0,05 \cdot f^{0,5} \cdot \left( \frac{h^2 \cdot \left(\frac{l}{b}\right)^2}{1 + 4 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2} \right)^{0,5}, \quad (4.2)$$

де  $f$  – частота звуку, Гц;

$h$  – висота екрану, м;

$l$  – довжина екрану, м;

$b$  – відстань від екрану до робочого місця, м;

$a$  – відстань від екрану до джерела шуму, м.

$$K = 0,05 \cdot 2500^{0,5} \cdot \left( \frac{2,5^2 \cdot \left(\frac{6}{3}\right)^2}{1 + 4 \cdot \left(\frac{1,5}{3}\right)^2} \right)^{0,5} = 4,7.$$

Визначаємо ефективність екрану  $\Delta Le$  (по таблиці стор. 70 [28]) для  $K = 4,7$ ;  $\Delta Le = 21,4$  дБ.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дана дипломна робота розроблена на тему: «Проект дільниці ремонтного цеху для діагностики, технічного обслуговування та поточного ремонту гальмівного механізму автомобіля КрАЗ-6510 з дослідженням нерівномірності дії гальмівної системи».

В загально-технічному розділі приведено характеристику підприємства, проведено аналіз виробничо-технічної бази, розглянуто причини зниження ефективності гальмівних систем.

В технологічному та конструкторському розділах проведено технологічний розрахунок виробничої програми технічного обслуговування автомобілів, вдосконалено технологічний процес проведення поточного ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів, проведено розрахунок кількості технологічного обладнання дільниці та площ дільниці по ремонту гальмівних систем. Розглянуто технологічне забезпечення та проведено його розрахунок.

В науково-дослідному розділі розглянуто причини виникнення нерівномірності гальм та проведено дослідження діагностичних параметрів гальмівних систем.

Також розглянуто питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гудима Р.Р. Проблемні аспекти розвитку транспортної інфраструктури України / Гудима Р.Р. // Проблеми і перспективи розвитку національної економіки в умовах євроінтеграції та світової фінансово-економічної кризи. Чернівці / МФУ, БДФА та ін. гол. ред. В.В.Прядко – Чернівці, 2009. – с.238 – 239.
2. Мягких І.М. Роль і місце автомобільного транспорту в системі споживчої кооперації та напрями покращення транспортних послуг в Україні / Мягких І.М. // Актуальні проблеми економіки. – 2009. – № 7. – с. 71 – 75.
3. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1986.-72 с.
4. Афанасьев Л.Л., Маслов А.А., Колясинский Б.С. Гаражи и станции технического обслуживания автомобилей. (Альбом чертежей). – 3-е изд., перераб и доп. – М.: Транспорт. 1980. 216 с.
5. Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1985. – 220 с., ил., табл. – (Гос. науч.-исслед. ин-т автомоб. трансп.).
6. Крамаренко Г.В., Барашков И.В. Техническое обслуживание автомобилей.– М.: Транспорт, 1982.-368 с.
7. Лудченко А.А., Сова И.П. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983.-384 с.
8. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. – К.: Знання, 2004. – 478 с.
9. Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие для вузов /Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. – М.:Машиностроение, 1984.-560 с
10. Анурьев В.И.. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с., ил.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. – М.: Машиностроение, 1978.-Т.2.-557 с.

12. Техническая Эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Под редакцией Г.В. Крамаренко. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.
13. Дюмин И.Е., Трегуб Г.Г. Ремонт автомобилей: Учеб. для техникумов /Под ред. Дюмина И.Е. – М.: Транспорт, 1995.-280 с.
14. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Барилевич Л.П. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. – К.: Логос, 1996.-343 с.
15. ДБН Б.2.2-12:2018 Державні будівельні норми України. Планування і забудова територій.
16. Шарипов А.В. Метод диагностирования неравномерности действия тормозов автомобиля. Дис..канд. техн. наук. - Тюмень – 2004. - 200 с.
17. Генбом Б.Б., Гудз Г.С., Демьянюк В.А., Кизман А.М., Кобылинский В.Н. Вопросы динамики торможения и рабочих процессов тормозных систем автомобилей/ Под ред. Б.Б. Генбома- Львов: Вища школа, 1974.-234 с.
18. Генбом Б.Б., Гута А.И. К вопросу об оценке свойств и перспективности колодочных барабанных тормозных механизмов// Автомобильная промышленность.-1972.- №6.- С. 16-18.
19. Генбом Б.Б., Демьянюк В.А., Осепчугов Е.В. Методика построения и исследования тормозных характеристик автомобиля// Автомобильная промышленность.-1974.- №4.- С.31-32.
20. Меринов В.В. Исследование влияния некоторых эксплуатационных факторов на неравномерность действия тормозных механизмов: Дис..канд. техн. наук. - Волгоград, 1973. - 216 с.
21. Барзиловия Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем.-М.: Высшая школа, 1982. - 231 с.
22. Гуревич Л.В., Меламуд Р.А. Тормозное управление автомобиля.- М.:Транспорт, 1978.- 152 с.
23. ДБН В.1.1-7 -2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
24. ДСТУ EN 13501-1:2016 Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій.

25. ДНАОП 0.00-1.28-97 Правила охорони праці на автомобільному транспорті.
26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.
27. Салов А.И. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта. – М.: «Транспорт» 1977. – 184 с.
28. 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.