

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА  
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: „Вдосконалення операцій технічного сервісу ходової частини вантажних автомобілів з розробкою оснащення для заміни коліс”

Виконав: студент III курсу групи Ат-33сп  
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Добушовський Михайло Зіновійович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Чухрай В.Є.  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ А УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА  
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
Добушовському Михайлу Зіновійовичу

1. Тема роботи: „Вдосконалення операцій технічного сервісу ходової частини вантажних автомобілів з розробкою оснащення для заміни коліс”

Керівник роботи: Чухрай Володимир Євгенович, к.т.н., доцент  
Затверджена наказом по університету 25.04.2023 року № 118/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.10.2023 року.

3. Вихідні дані: \_\_\_\_\_  
3.1. Звітні матеріали про діяльність ремонтних майстерень підприємств.  
Звітні матеріали власників техніки про наявність і використання  
ремонтно-обслуговуючої бази.

4. Перелік питань, які необхідно розробити  
ВСТУП

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ
  2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.
  3. РОЗРОБКА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ КОЛІС
  4. ОХОРОНА ПРАЦІ.
  5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ КОЛІС
- ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ  
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

## 5. Перелік ілюстраційного матеріалу:

- 5.1. Схеми основних типів ресорних підвісок;
- 5.2. Різновиди пневмопідвісок;
- 5.3. Технологічна карта на перестановку коліс вантажних автомобілів категорії N1;
- 5.4. Кінематична схема пристрою для відкручування гайок коліс;
- 5.5. Пристрій для заміни коліс;
- 5.6. Робочі креслення деталей.

## 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Чухрай В.Є., к.т.н., доц. кафедри експлуатації та технічного сервісу машин імені професора Олександра Семковича			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 25.04.2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз існуючих конструкцій підвісок ходової частини вантажних автомобілів»</i>	25.04.23-30.05.23	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>	31.05.23-25.06.23	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Розробка оснащення для заміни коліс»</i>	26.06.23-26.08.23	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці»</i>	27.08.23-11.09.23	
5.	<i>Виконання розділу: «Розрахунок економічного ефекту від використання оснащення для заміни коліс»</i>	12.09.23-25.09.23	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки.</i>	26.09.23-02.10.23	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	03.10.23-15.10.23	

Студент \_\_\_\_\_ Михайло ДОБУШОВСЬКИЙ  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Володимир ЧУХРАЙ

**У Д К 631: 629**

Добушовський М.З. Вдосконалення операцій технічного сервісу ходової частини вантажних автомобілів з розробкою оснащення для заміни коліс. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 62 с.

Табл. 3; рис. 18; бібліогр. джерело 31.

Проведено аналіз існуючих конструкцій підвісок ходової частини вантажних автомобілів, зокрема розглянуто ресорну та пневматичну підвіски.

Запропоновано технологію обслуговування і ремонту коліс та проведено розрахунок основних виробничих параметрів пункту технічного сервісу автомобілів категорії N1.

Розроблено конструкцію пристрою для знімання, перевезення та встановлення коліс та кінематичну схему багатошпindelного гайкокрута ударно-інерційної дії, проведено розрахунок основних елементів конструкції на міцність.

Розглянуто основні питання охорони праці.

Проведено розрахунок економічного ефекту від використання запропонованого оснащення для заміни коліс, який підтверджується річним економічним ефектом в розмірі понад 45,44 тис. грн. та строком окупності дещо більшим чотирьох місяців.

## ЗМІСТ

	Передмова.....	7
1.	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ.....	8
	1.1 Ресорна підвіска вантажних автомобілів.....	8
	1.2 Пневматична підвіска вантажних автомобілів.....	14
2.	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	20
	2.1. Технологія обслуговування і ремонту коліс.....	20
	2.2 Визначення основних виробничих параметрів пункту технічного сервісу автомобілів категорії N1.....	26
	2.2.1. Розрахунок перспективних обсягів сервісних робіт.....	26
	2.2.2. Визначення розрахункової кількості ремонтних робітників для пункту технічного сервісу.....	30
	2.2.3. Розрахунок такту та фронту робіт.....	31
	2.2.4 Розрахунок площ для розміщення автомобілів під час проведення ремонту та технічного обслуговування.....	33
3.	РОЗРОБКА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ КОЛІС.....	34
	3.1 Пристрій для орієнтування і перевезення коліс під час їх заміни.....	34
	3.2 Пристрій для механізованого відкручування гайок коліс.....	35
	3.2.1 Обґрунтування параметрів пристрою для механізованого відкручування гайок коліс.....	40
	3.2.2 Визначення основних конструктивних розмірів деталей багатошпindelного гайкокрута.....	44
	3.2.3 Визначення оптимальних розмірів маховика.....	44
	3.2.4 Визначення параметрів зубчастих і клинопасової передач приводу гайкокрута.....	45
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	48
	4.1. Основні причини травмування та аварій під час технічного	

обслуговування та ремонту вантажних автомобілів.....	48
4.2 Основні вимоги правил безпеки праці під час ремонту автомобілів і заходи для застереження нещасних випадків.....	49
4.3. Розрахунок освітлення виробничих приміщень.....	51
4.3.1. Розрахунок природного освітлення.....	52
4.3.2. Розрахунок загального штучного освітлення.....	53
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ КОЛІС.....	56
Висновки та пропозиції.....	59
Бібліографічний список.....	60

## ПЕРЕДМОВА

Основне завдання ремонтно-обслуговуючої бази агропромислового комплексу України полягає в забезпеченні готовності машинно-тракторного парку для сільськогосподарського виробництва в потрібний час, при цьому мінімізуючи трудові та матеріальні витрати. Проте в умовах економічної кризи ці завдання не завжди виконуються на належному рівні. Ефективне використання ремонтно-обслуговуючого виробництва в агропромисловому комплексі можливе лише за умови системної перебудови його планування з урахуванням підсумкових результатів. При розробці планів ремонту та технічного обслуговування машин необхідно враховувати їхній технічний стан, щорічні навантаження та чітку періодичність проведення ремонтів і обслуговування відповідно до запланованої профілактичної системи. Конструктивна подібність колісних дисків та можливість взаємозаміни шин і камер на автомобілях різних виробників надає можливість використовувати сучасне технологічне обладнання для обслуговування і ремонту коліс не лише у сільськогосподарському виробництві, але й на практично всіх автомобілях, що рухаються по дорогах України. Покращення стану і будівництво нових автомобільних доріг сприяють зростанню потоків транзитного автотранспорту, який займається перевезенням вантажів із різних країн Європи. Висока матеріальна забезпеченість власників іноземного транспорту може стати основним джерелом доходів для нових підрозділів технічного сервісу, особливо в зоні міжнародних автомобільних маршрутів. Зменшення трудомісткості робіт, оснащення робочих місць і пунктів високоефективним обладнанням і технічною документацією слід розглядати як один із основних напрямків у створенні і модернізації підприємств технічного сервісу автомобілів. Потрібно відзначити, що велику увагу слід приділити механізації багатьох технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту машин. Тому темою даної кваліфікаційної роботи вибрано "Вдосконалення операцій технічного сервісу ходової частини вантажних автомобілів з розробкою оснащення для заміни коліс".

# 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

## 1.1 Ресорна підвіска вантажних автомобілів

На сьогоднішній день у сільському господарстві та автомобільному машинобудуванні широко використовують ресорні підвіски у різному асортименті. Різні види автомобілів, сільськогосподарських машин і тракторів обладнані листовими ресорами, які можуть бути з додатковими пружними елементами або без них.

Існує поширена думка, що головною перевагою листових ресор є їхня низька вартість. Проте вони мають значно більше переваг, оскільки поглинають та розподіляють енергію, що вивільняється, між кузовом і рамою автомобіля.

На відміну від спіральних пружин, листові ресори керують напрямком руху колеса. Саме це одна з причин, чому листові ресори все ще широко використовуються в автомобільному виробництві [3-6, 11,13,15,16,20,23].

Якщо правильно розібрати товщину та кількість сталевих листів, то листові ресори можуть витримувати значні навантаження і при цьому забезпечувати комфортну поїзду.

Ресори служать для пом'якшення ударів, сприйманих колесами при русі по нерівній дорозі і підрозділяються на листові, пружинні і стержневі. Листові ресори дозволяють не тільки здійснювати пружний зв'язок рами з мостами автомобіля, але і передавати через них сили і моменти на раму автомобіля при порівняльній простоті пристрою підвіски.

Листова ресора є пружною балкою, зібраною з ряду тонких сталевих листів. Листи ресори різні по довжині, але однакові по ширині. Чим більше листів і ніж вони тонше, тим краще еластичність ресори.

На вантажних автомобілях задня підвіска складається з чотирьох ресор – двох основних до двох додаткових. Додаткові ресори включаються в роботу



лише при певному прогинанні основних ресор, тому поліпшується еластичність підвіски незавантаженого автомобіля і надійність його роботи при повному навантаженні[3-6, 11,13,15].

Гасіння вертикальних коливань в ресорній підвісці здійснюється за рахунок тертя між листами ресор. Проте величина тертя непостійна, так як залежить від стану поверхні листів, наявності мастила і інших причин. Крім того, тертя викликає знос листів ресор, У зв'язку з цим для гасіння коливань звичайно застосовують гідравлічні амортизації, в яких енергія частин, що коливаються, перетворюється в теплову унаслідок тертя в рідині, виникаючого при її протіканні через отвір з малим прохідним перетином.

Розглянемо конструкції ресорних підвісок, які використовуються на сучасних тракторах і автомобілях (рис.1.1-1.5). Як бачимо з досить різноманітні конструкції ресорних підвісок, які використовуються на різних видах техніки. Ресорна підвіска з додатковою ресорою (рис.1.1, рис.1.4.б) встановлюється на вантажних автомобілях ззаду.

Додаткові ресори, які використовуються у вантажних автомобілях, закріплюються разом з основною ресорою стременом, а кінці знаходяться навпроти полок опорних кронштейнів. У незавантаженому автомобілі додаткові ресори не працюють, а при навантаженні, упираючись кінцями в кронштейни, несуть навантаження разом з основними ресорами.

Ресорні підвіски наведені на рис. 1.2., 1.3., 1.4.а використовуються, як передні підвіски автомобілів категорії N1 [13,15,16,20,23].

Але, як показує аналіз, спільними елементами підвісок є ресори, які в процесі експлуатації втрачають роботоздатність і потребують ремонту. Втрата роботоздатності ресор найчастіше пов'язана із втратою пружності, зломом, утворенням тріщин.

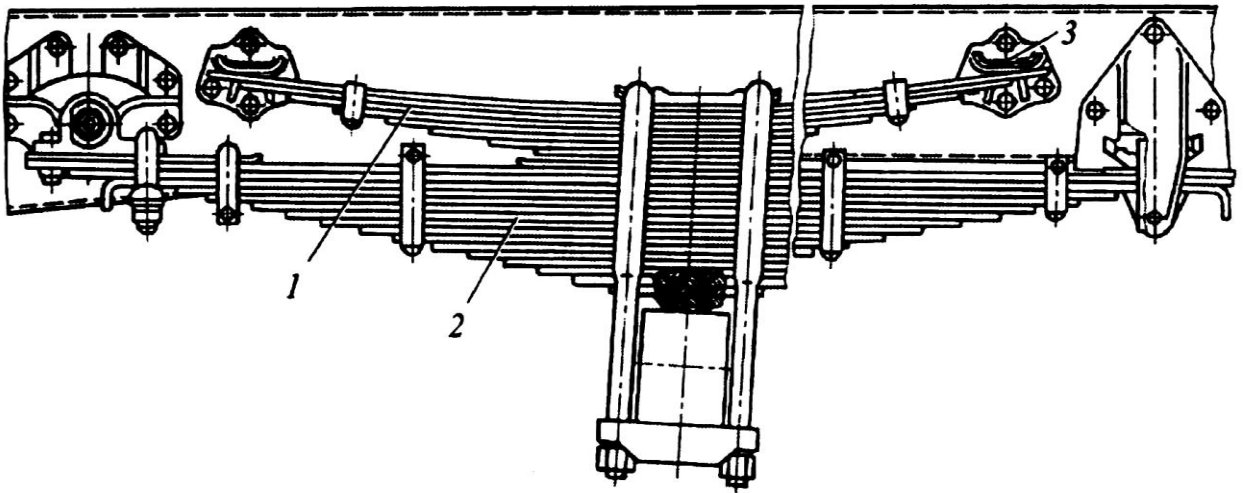


Рисунок 1.1 – Ресорна підвіска з додатковою ресорною:  
(передня опора з накладним вушком, задня опора ковзна)

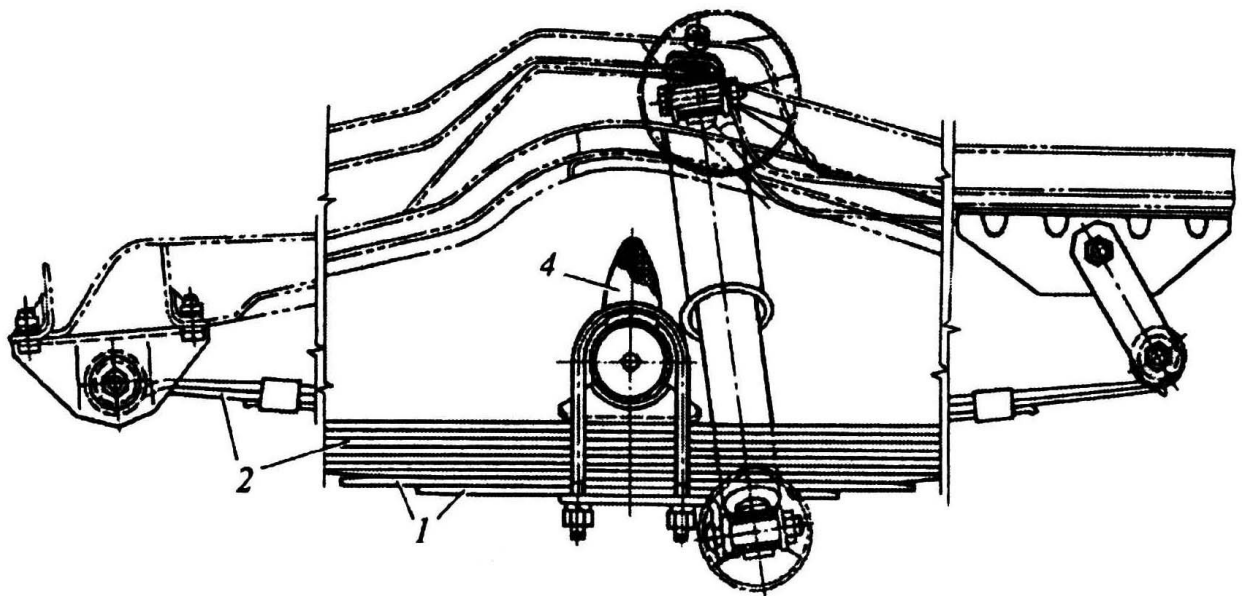


Рисунок 1.2 – Ресорна підвіска з додатковими нижніми листами ресори:  
(передня опора із загнутим вушком, задня опора із сережками)

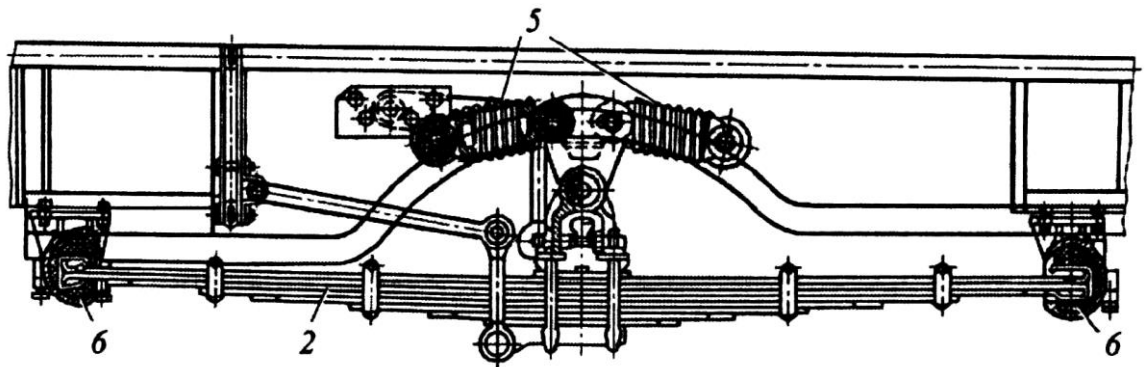


Рисунок 1.3 – Ресорна підвіска з коригувальними пружинами:

1 – додаткова ресора або листи; 2 – основна ресора; 3 – кронштейн додаткової ресори; 4 – буфер стиску; 5 – коригувальні пружини; 6 – гумові подушки кріплення основної ресори

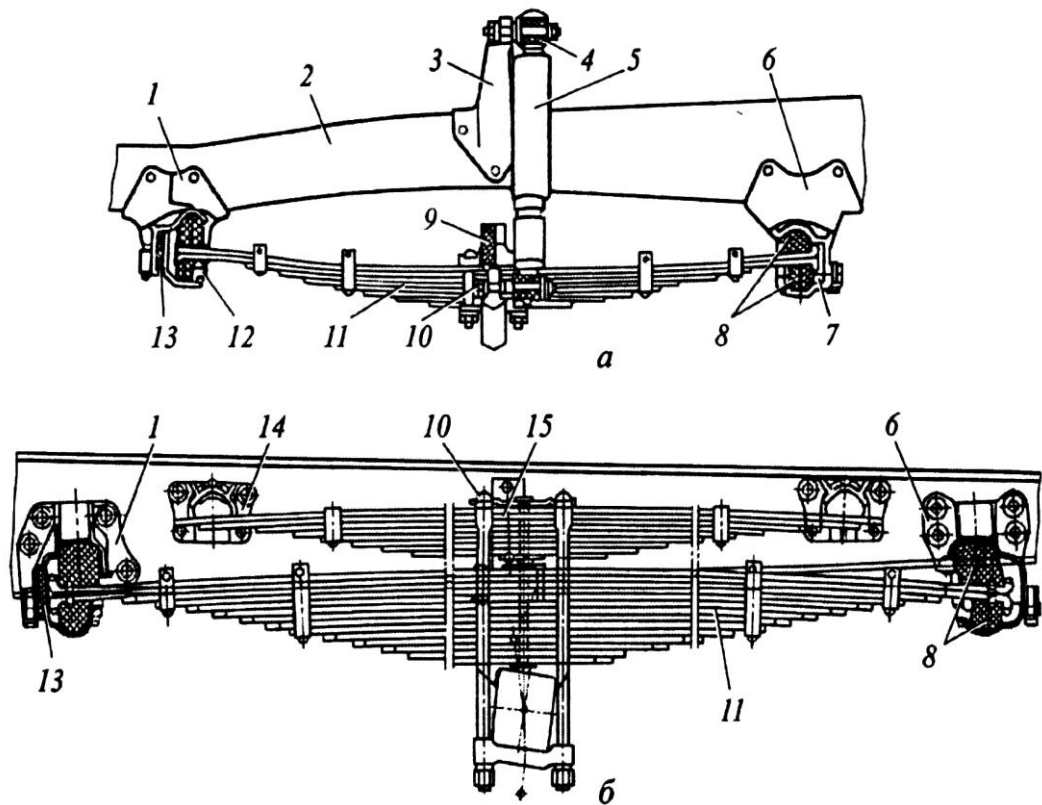


Рисунок 1.4 – Передня (а) і задня (б) ресорні підвіски вантажного автомобіля:

1 – передній кронштейн; 2 – рама; 3 – кронштейн амортизатора;  
4 – втулка; 5 – гідроамортизатор; 6 – задній кронштейн; 7 – чашка заднього кінця ресори; 8 – гумові подушки; 9 – гумовий буфер; 10 – стрем'янка; 11 – ресора; 12 – чашка переднього кінця ресори; 13 – передня гумова подушка; 14 – кронштейн підресорника; 15 – підресорник

Загальний вигляд листової ресори можна побачити на рис. 1.5. Також покажемо її складові частини, тобто листи, втулки, хомути, заклепки та болти.

Із даної схеми бачимо, що при поломці листів ресори №11-16, їх можна використати для виготовлення листів №2-10, так як вони однакові по ширині і різняться лише своєю довжиною.

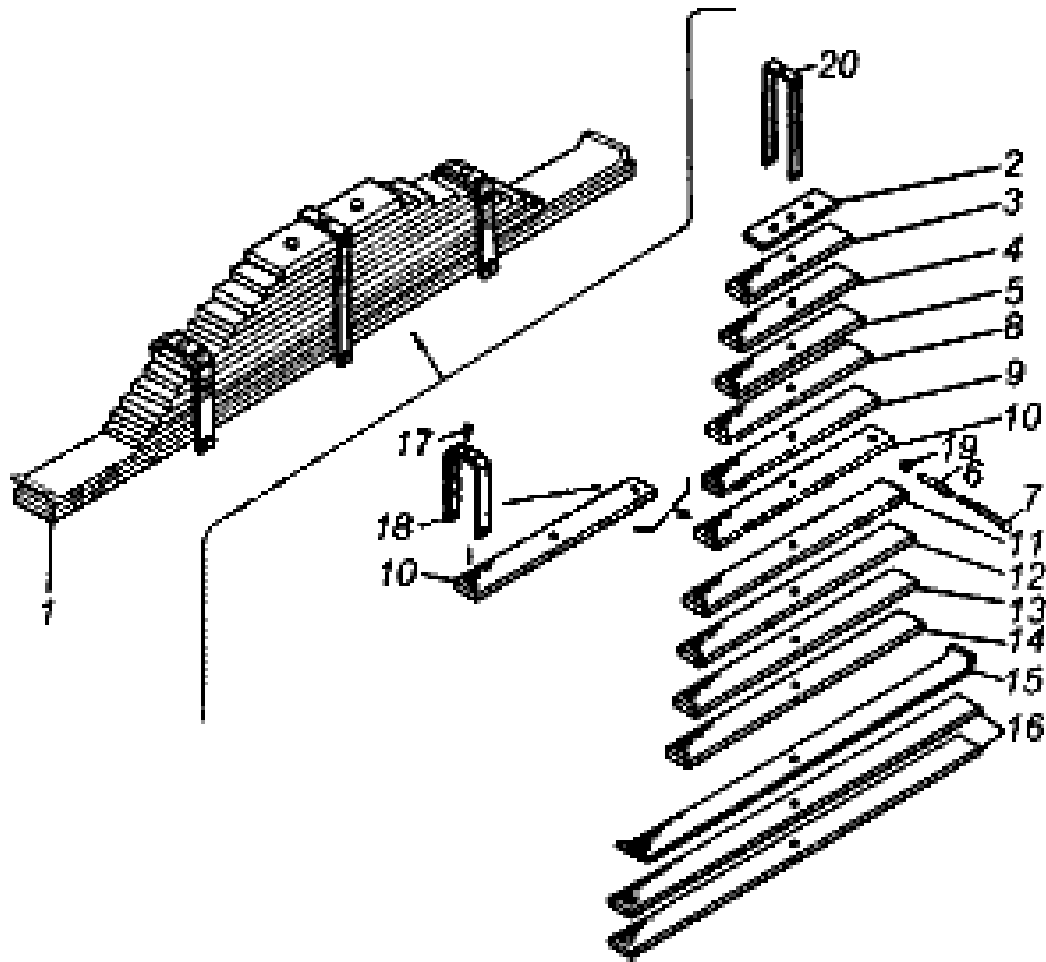


Рисунок 1.5 – Ресора задня:

1 – лист корінний ресори, 2 - лист № 14 задньої ресори, 3 - лист №13 задньої ресори, 4 - лист №12 задньої ресори, 5 - лист №11 задньої ресори, 6 - втулка розпірна, 7 - болт м10x1,25-6gx120, 8 - лист №10 задньої ресори, 9 - лист №9 задньої ресори, 10 - лист №8 задньої ресори, 11 - лист №7 задньої ресори, 12 - лист №6 задньої ресори, 13 - лист №5 задньої ресори, 14 - лист №3 задньої ресори, 15 - лист №3 задньої ресори, 16 - лист №1 задньої ресори, 17 - заклепка 12x36, 18 – хомут, 19 - гайка м10x1,25-6gx120, 20 – хомут стяжний

Для успішного відновлення ресор необхідно мати інформацію про матеріали, з яких вони виготовлені. Ми встановили матеріали листів ресор та

пружин на основі аналізу літературних джерел і технічних вимог, що стосуються ремонту тракторів та автомобілів. Ми дослідили матеріали, з яких виготовлені основні компоненти ресор підвісок автомобілів, представлено в табл. 1.1 [16,20,23].

Таблиця 1.1 – Матеріал ресор автомобілів різних марок

Автомобілі	Ресорні листи
Mercedes (вантажні)	50XГ
БАЗ (автобус)	50XГА
MAN	60С2
DAF	60С2
КрАЗ	60XГС

Як можна помітити, аналіз матеріалів, які використовуються при виготовленні ресорних підвісок для різних марок автомобілів, показує їхню досить ідентичну природу. Зазвичай використовуються ресорні сталі, такі як хромомарганцева сталь 50XГА або кремнієва сталь 60С2А для цього типу деталей.

Листи ресор виготовляються з смугової сталі і потім піддаються термічній обробці, зазвичай включаючи процеси гартування і високотемпературного відпуску. Параметри цих процесів регулюються в залежності від конкретної сталі: для сталей 50XГА і 50XГ гартування відбувається в маслі при температурі нагріву 850...860°C і відпуску при 450...500 °C з досягненням твердості НВ363...414; для сталі 60С2А - гартування в маслі при температурі нагріву 900...920°C, відпуск при нагріві до 540... 600°C з забезпеченням твердості НВ 363... 444. Пружини підвіски, які також виготовляються зі сталі 60С2А, піддаються термічній та дробеструйній обробці для забезпечення твердості HRC в діапазоні 45...48. Ресорні пальці виготовляють із сталі 45 і проходять гартування СВЧ, після чого твердість знаходиться в межах HRC 52...60. Зазвичай стрем'янки ресор виготовляють із сталі 45 або 40X і піддають термічній обробці в формі нормалізації або поліпшення.

## 1.2 Пневматична підвіска вантажних автомобілів

Сучасні автомобілі оснащуються різними типами підвісок, проте в переважній більшості випадків використовуються ті їх різновиди, які в якості основних елементів включають в себе телескопічні гідравлічні амортизатори і гвинтові пружини. Пневматичні ж конструкції застосовуються поки не настільки широко, а якщо і встановлюються, то переважно на автомобілях преміального класу і комерційних транспортних засобах. Багато в чому тому у багатьох не дуже обізнаних із тонкощами і особливості конструкції техніки автомобілістів виникає питання: що таке пневмопідвіска і навіщо її використовують?

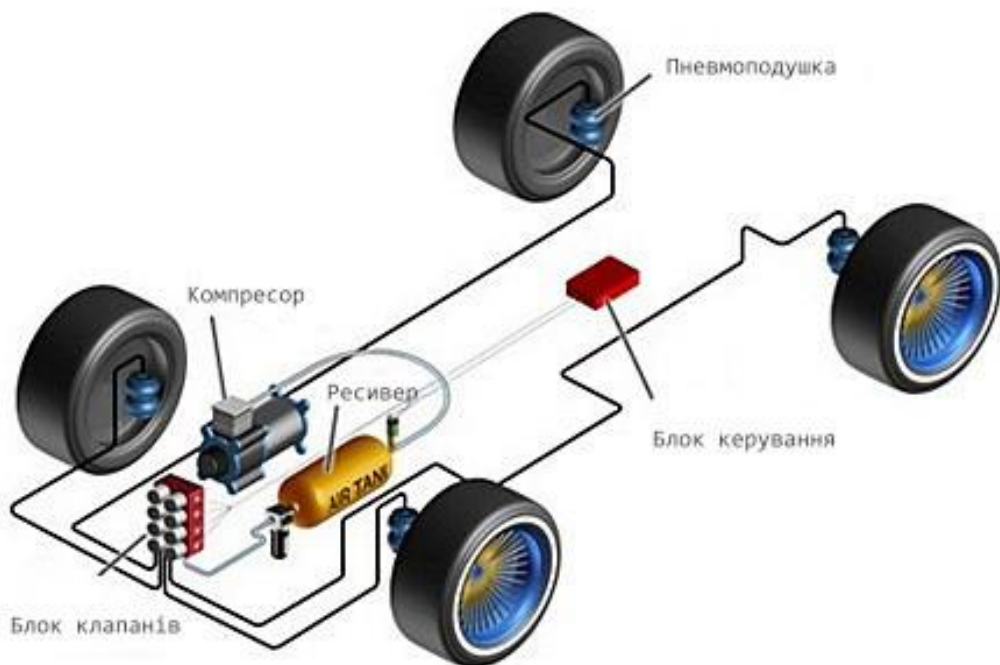


Рисунок 1.6 – Схема пневматичної підвіски автомобіля

Термін "пневматична підвіска" використовується для позначення системи, де для регулювання відстані між кузовом автомобіля та дорожнім покриттям використовуються спеціальні повітряні балони, які є важливими компонентами цієї системи [25-31].

У випадку легкових автомобілів пневматичну підвіску часто використовують у конструкції представницьких автомобілів та дорогих

позашляховиків. Однак вантажні автомобілі, включаючи магістральні і тягачі, більш широко використовують системи пневматичної підвіски. Це стосується не лише автомобілів з обмеженою вантажопідйомністю, але і великих вантажівок та тягачів.

Система пневматичної підвіски складається з наступних важливих компонентів [25-31]:

1. Пружні елементи або пневмоподушки;
2. Компресор;
3. Ресивер;
4. Система управління.

Кожен з цих компонентів відіграє визначену роль.

**Пружні елементи:** В пневматичній підвісці для збереження певної відстані між кузовом автомобіля та дорожнім покриттям використовуються пневмоподушки. По зазвичай по одній пневмоподушці на кожному колесі. Головна функція цих пневмоподушок - підтримувати кузов автомобіля на певній висоті над дорогою. Пневмобалони виготовляються із міцного багатошарового гуми і наповнюються стисненим повітрям. Зазвичай вони мають форму "таблеток" і складаються з кількох секцій. Також існують варіації пневмоподушок, які встановлюються безпосередньо на амортизаторах, і в цьому випадку вони служать як заміна традиційним пружинам.

**Компресор:** Оскільки пневматична підвіска потребує стисненого повітря для своєї роботи, вона обов'язково включає в себе компресор. Компресор складається з осушувача повітря, електричного двигуна та декількох електромагнітних клапанів, які керують процесом стиснення повітря за встановленим контуром. Залежно від кількості цих клапанів в системі, пневмоподушки можуть накачуватися індивідуально або попарно.

**Ресивер:** Стиснене повітря з компресора не подається безпосередньо в пневмоподушки, а потрапляє до ресивера, що є металевим балоном і має об'єм від 3 до 10 літрів. Ресивер функціонує як буфер, дозволяючи регулювати

характеристики підвіски без необхідності включення компресора завдяки наявному запасу стисненого повітря в ньому.

Система управління: Всі сучасні пневматичні підвіски обов'язково включають в себе власну систему управління, яка включає різноманітні датчики, включаючи:

- Датчики поточного рівня кузова автомобіля над дорожнім покриттям.
- Датчики прискорення транспортного засобу.
- Датчики тиску в системі.
- Датчики температури компресора.

Всі ці датчики збирають інформацію, яка потім подається в електронний блок управління. Цей блок обробляє цю інформацію в режимі реального часу і генерує сигнали, які подаються на виконавчі пристрої. Практично завжди блок управління пневматичною підвіскою взаємодіє з системою курсової стійкості та електронним блоком управління двигуном (ЕБУ). Щодо виконавчих пристроїв, то до них включаються клапани для створення, підтримки та зниження тиску, а також реле для включення компресора.

Функціонування пневматичної підвіски сучасного автомобіля базується на тому, що тиск у пневмоподушках змінюється в залежності від дорожньої ситуації та положення кузова автомобіля відносно дороги. Збільшення тиску робить пружні елементи жорсткими та підвищує дорожній просвіт авто. Зменшення тиску, навпаки, призводить до оберненого ефекту.

Зазвичай передбачено три режими роботи пневмопідвісок:

Нормальний режим: В цьому режимі пневматичні підвіски активуються, коли автомобіль рухається по рівних дорогах з твердим покриттям на швидкостях, які не перевищують 100 км / год. Якщо рух відбувається на низьких швидкостях, водій може підвищити дорожній просвіт вручну за допомогою перемикача, встановленого в кабіні. Цей режим часто використовується при подорожах поза дорогами.



Підвищений режим: Цей режим активується, коли автомобіль рухається по дорогах з рівним твердим покриттям на високих швидкостях, що перевищують 100 км / год. Перемикання в цей режим також здійснюється вручну водієм.

Автоматичне коректування: Цей режим активується автоматично під час проходження автомобілем поворотів. Під час цього режиму додаткове повітря подається в сусідні пневмоподушки для зниження бічного нахилу автомобіля під час керування в поворотах. Після закінчення повороту надлишкове повітря видаляється через клапани.

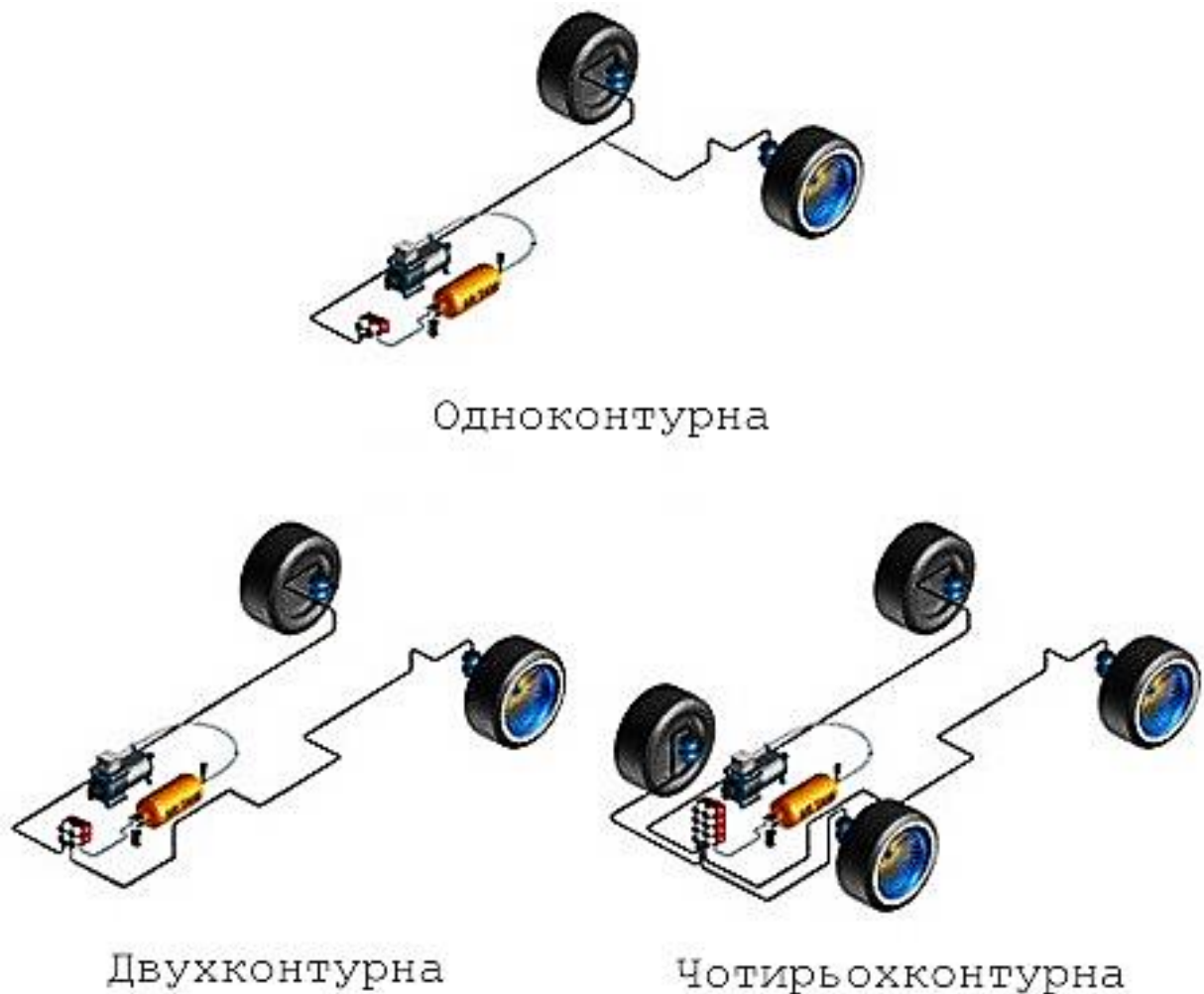


Рисунок 1.7 – Різновиди пневмопідвісок

Сучасні автомобілі використовують три різновиди пневматичних підвісок [25-31]:

Одноконтурна пневматична підвіска: В основному вона є допоміжною і встановлюється в пікапи та невеликі вантажівки, як додатковий елемент разом з основною підвіскою. Ця система зазвичай монтується лише на одну вісь, зазвичай на задню, для регулювання жорсткості в залежності від завантаження автомобіля.

Двоконтурні пневматичні підвіски: Вони можуть бути встановлені як на обидві вісі автомобіля одночасно, так і на одну вісь. У випадку однієї вісі водій має можливість самостійно регулювати положення коліс.

Чотирьохконтурні пневмопідвіски: Ці пневмопідвіски є найбільш складними і включають в себе всі компоненти, які були описані раніше.

Переваги та недоліки пневмопідвіски: Основною перевагою пневмопідвіски є її високий рівень адаптивності. Вона дозволяє швидко, легко і точно налаштувати параметри, такі як відстань від дороги та жорсткість.

Автомобілі, що оснащені пневматичними підвісками, демонструють покращену керованість, особливо виділяється це при виконанні поворотів. Крім того, такі пневмопідвіски забезпечують водіям та пасажиром вищий комфорт під час поїздок, оскільки порівняно з традиційними підвісками, вони ефективніше поглинають горизонтальні коливання кузова автомобіля, особливо на дорогах із поганим покриттям і бездоріжжі.

Однак, існують і певні недоліки у використанні пневматичних підвісок, основним з яких є їх велика чутливість до низьких температур, особливо важливою ця риса є в холодних кліматичних умовах.

Пневматичну підвіску можна вважати вразливою системою, і ключовим її компонентом є компресор. Додатково важливими елементами є ресивер та трубопроводи. Важливо враховувати, що ці компоненти розташовані безпосередньо під автомобілем і тому постійно піддаються впливу пилу, вологи, агресивних хімікатів взимку і механічних пошкоджень від дрібних камінчиків протягом всього терміну служби. Тому важливо ретельно стежити

за станом пневмопідвіски та всіх її компонентів. Найбільш вразливим компонентом залишається компресор, який може втратити герметичність або перегрітися через накопичений бруд. Саме тому завжди корисно мати під рукою ремкомплект для такого вузла, який можна придбати у Repairkit. У цьому комплекті включені всі необхідні ущільнювальні кільця, циліндр, силікагель та поршневе кільце, а також болти. Придбання ремкомплекту є вигіднішим варіантом, ніж здійснення повної заміни компресора.

Робота пневмопідвіски зводиться до досягнення двох цілей [25-31]:

1. У заданому режимі автомобіль повинен зберігати положення кузова щодо дорожнього покриття. Якщо обрана спортивна настройка, то кліренс буде мінімальним, а для позашляхових характеристик - навпаки найбільшим.

Крім положення щодо дороги підвіска з пневмоприводом повинна забезпечувати поглинання всіх нерівностей дорожнього покриття. Якщо водій вибирає режим спортивної їзди, то кожен амортизатор буде максимально жорсткий (при цьому важливо, щоб дорога була максимально рівною), а при установці режиму бездоріжжя - максимально м'який. Однак сама пневма не змінює жорсткість амортизаторів. Для цього існують спеціальні моделі демпфуючих елементів. Пневматична система тільки дозволяє підняти кузов авто на максимально допустиму висоту або максимально його знизити.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Технологія обслуговування і ремонту коліс

Колеса автомобіля несуть на собі усі навантаження, які виникають від ваги автомобіля та завантаження, а також витримують удари, що виникають при подоланні нерівностей дороги. Однак, вони виконують не лише цю функцію; також вони впливають на комфортність руху автомобіля. Існують різні види коліс для автомобілів, які відрізняються за конструкцією, вагою, типом шин та малюнком протектора.

Зазвичай, головним дефектом коліс є пошкодження шини, зокрема шини та камери. У більшості випадків ремонт коліс передбачає їх зняття з автомобіля, розбирання та заміну камери. Оскільки задні та передні колеса піддаються різному навантаженню та працюють в різних умовах, їх слід регулярно переставляти місцями для забезпечення рівномірного зносу. Особливо важливо правильно налаштувати передні колеса, оскільки вони мають певний кут сходження та кут нахилу шворнів, які впливають на знос. Якщо їх своєчасно не переставляти, то термін служби таких коліс може скоротитися.

На схемах 2.1 та 2.7 наведено способи перестановки коліс з різним малюнком протектора, включаючи ненаправлені та направлені малюнки протектора [2,9,14,17].

Технічне обслуговування коліс виконується одночасно з регулярним обслуговуванням автомобіля і включає наступні кроки. Під час щоденного технічного обслуговування проводиться зовнішній огляд шин і коліс. Якщо необхідно, видаляють сторонні предмети з боків шин, перевіряють протектор і видаляють здвоєні шини.

Під час ТО-1 перевіряють і, за необхідності, затягують гайки кріплення коліс із певним моментом (24-45 мм) рівномірно, через кожну другу гайку, використовуючи верхню гайку в два-три прийоми. Операцію виконують з піднятим колесом, обертаючи його та перевіряючи боковий знос шини по

середній частині боків. Якщо знос перевищує 5 мм, гайки відпускають і повторно затягують. Якщо знос не може бути зменшений, колесо знімається, перевіряється геометрія обода, диска та шини, виявляється дефект і усувається. Також перевіряють тиск в шинах і доводять його до норми. Якщо тиск в шинах менший за 60% від норми, колесо знімають та перевіряють, чи відбувся порушення при монтажі замкового та бортового кілець. Переконавшись у правильності їхнього встановлення, шину накачують до норми.

Під час ТО-2 виконують всі операції, передбачені в ТО-1, та додатково проводять перестановку коліс місцями.

На сучасних автомобілях найчастіше використовуються два типи коліс: дискові та колеса без дисків [2,9,14,17].

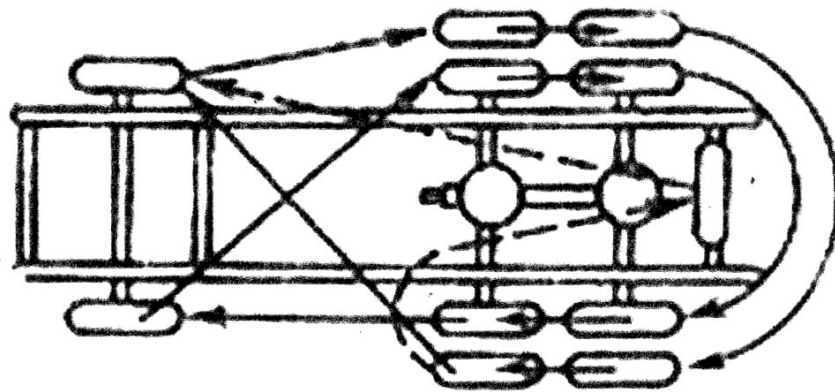


Рисунок 2.1 – Схема перестановки шин з ненаправленим протектором на трьохосному десятиколісному автомобілі

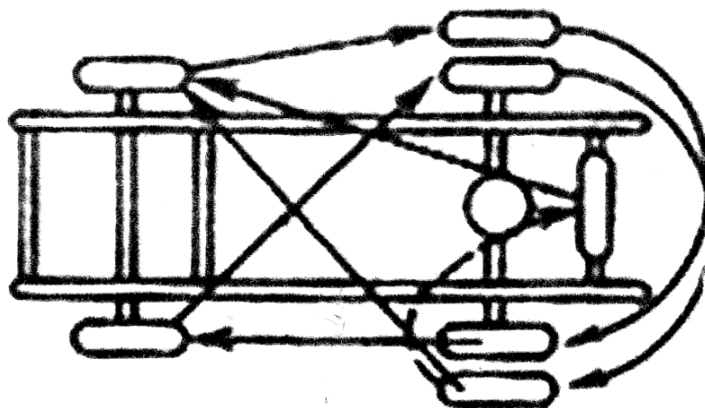


Рисунок 2.2 – Схема перестановки шин з ненаправленим протектором на двохосному шестиколісному автомобілі

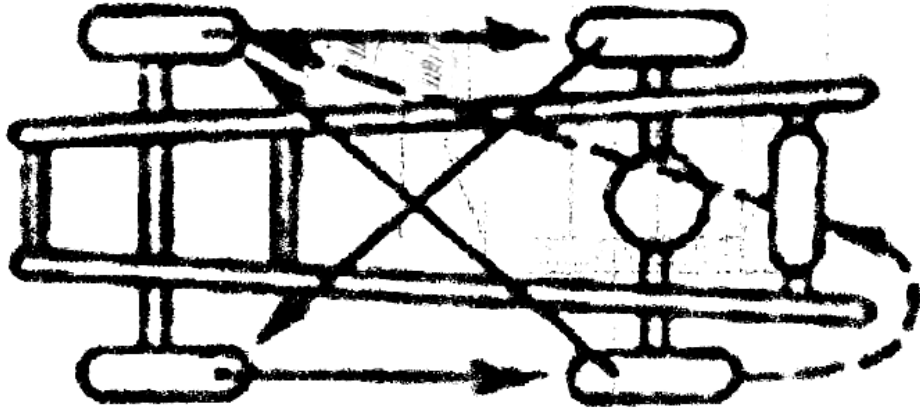


Рисунок 2.3 – Схема перестановки шин з ненаправленим протектором на двохосному чотириколісному автомобілі

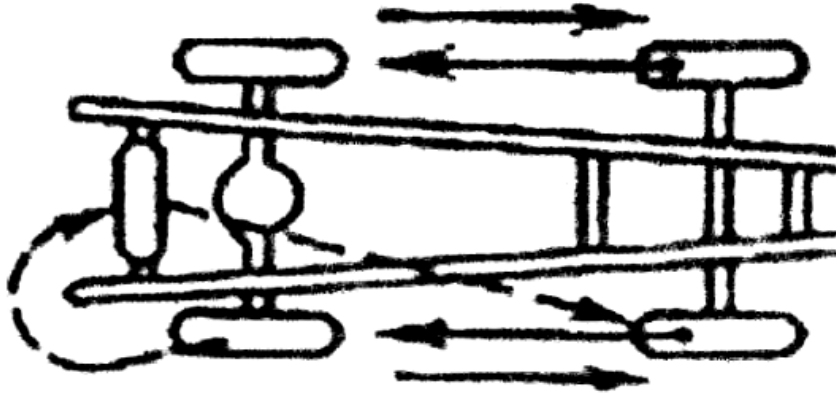


Рисунок 2.4 – Схема перестановки шин з направленим рисунком протектора на двохосному чотириколісному автомобілі

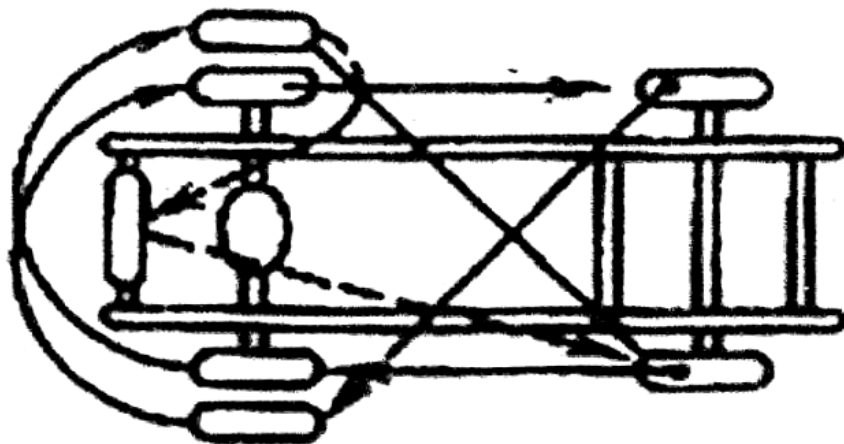


Рисунок 2.5 – Схема перестановки шин з направленим рисунком протектора на двохосному шестиколісному автомобілі

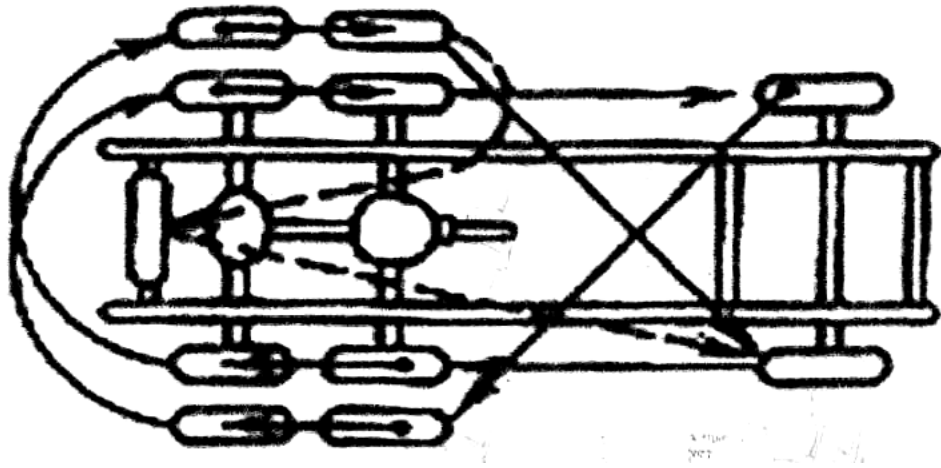


Рисунок 2.6 – Схема перестановки шин з направленим рисунком протектора на трьохосному десятиколісному автомобілі

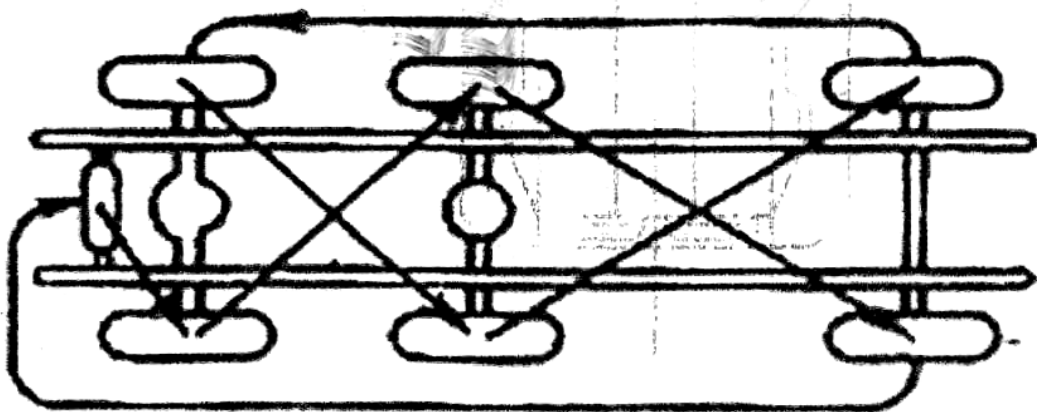


Рисунок 2.7 –Схема перестановки шин з направленим рисунком протектора на трьохосному шестиколісному автомобілі

Для полегшення процесу відкручування гайок коліс та для запобігання пошкодженню різьби гайок і різьби шпильок, які виступають, слід обережно очищати кінці шпильок. Для цієї мети запропоновано використовувати спеціальний пристрій для очищення гайок та шпильок коліс, який складається з трубки, відповідної розміру шпильки кріплення колеса, на яку кріпляться сталеві дротики із металевої щітки.

Нижче наведено таблицю 2.1, в якій подана технологія заміни шин на вантажних автомобілях категорії N1 [18,21,22].

Таблиця 2.1 – Технологія заміни шин вантажних автомобілів категорії N1

Номер переходу	Зміст переходу	Пристрій (найменування)
1	2	3
01	Очистити гайки і виступаючі частини шпильок	Пристрій для очистки шпильок
02	Відкрутити гайки і зняти колесо з автомобіля	Ключ-касета
03	Відкрутити золотник і випустити повністю повітря з камери	Ковпачок вентиля шини
04	Вставити плоский кінець лопатки між шиною і бортовим кільцем (поз. а) і відтиснути борт шини вниз	Лопатка монтажна пряма
05	В утворений зазор вставити пряму лопатку і лопатку з кривим захоплювачем (поз. в) і відтиснути борт шини вниз. Пересуваючи лопатки по колу ободу і відтискаючи борт шини вниз, зняти його з конічної полицки замкового кільця (поз. с)	Лопатка монтажна пряма, лопатка монтажна з кривим захоплювачем
06	Встановити плоский кінець лопатки в паз на замочному кільці (поз. d) і відтиснути кільце з канавками, піднімаючи одночасно його кінець вгору за допомогою лопатки з кривим захоплювачем (поз. е)	Лопатка монтажна пряма, лопатка монтажна з кривим захоплювачем
07	Утримуючи замкове кільце лопаткою з кривим захоплювачем, вставити плоский кінець лопатки під торець кільця (поз. g)	Лопатка монтажна пряма, лопатка монтажна з кривим захоплювачем
08	Притримуючи кільце, витиснути його лопаткою повністю з канавки і зняти (поз. f) беручи руками в двох діаметрально розташованих частинах	Лопатка монтажна пряма, лопатка монтажна з кривим захоплювачем
09	Зняти бортове кільце	Лопатка монтажна пряма, лопатка монтажна з кривим захоплювачем



продовження таблиці 2.1

1	2	3
10	Повернути колесо на другий бік і зняти борт шини з конічної полки (поз. к)	Лопатка монтажна пряма, лопатка монтажна з кривим захоплювачем
11	Встановити кільце у вертикальне положення і витягнути обод	Руками
12	Посипати внутрішню частину шини і зовнішню частину камери тальком, встановити камеру в шину	Руками
13	Встановити в шину ободну стрічку, покласти шину з перекосом на обод і встановити вентиль в паз, підняти шину зі сторони вентиля і одягнути її на обод	Руками
14	Одягнути на обод бортове кільце	Руками
15	Встановити протилежну розрізну частину замкового кільця в канавку і втиснути його ногами	Руками
16	Встановити запобіжний пристрій і накачати шину до тиску 0,05МПа, перевірити чи борт шини не впирається в торець замкового кільця. Якщо є потреба, то ударити молотком через дерев'яну підкладку, заправити замкове кільце під борт шини.	Наконечник з манометром для повітророздавального шлангу, молоток, надставка.
17	Переконавшись, що бортове і замкове кільця встановлені правильно, обернути колесо ними до низу і довести тиск в шині до норми	Візуально
18	Встановити колесо на місце і затягнути гайки	Гайкокрут

На рисунку 2.8 показано послідовність операцій демонтажу шини з диска автомобіля категорії N1.

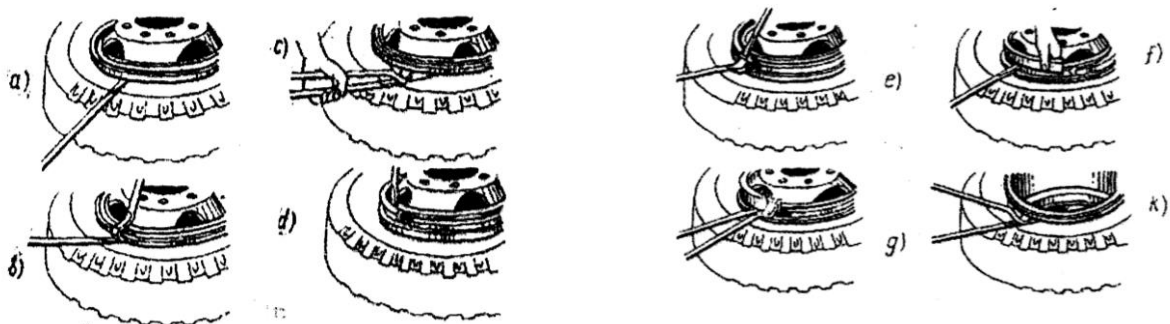


Рисунок 2.8 Послідовність операцій демонтажу шини з диска автомобіля категорії N1

## **2.2 Визначення основних виробничих параметрів пункту технічного сервісу автомобілів категорії N1**

Для оцінки продуктивних здібностей будь-якого відділу, який спеціалізується на ремонті та обслуговуванні автомобілів, можна скористатися загальними виробничими параметрами. Для визначення цих параметрів існують спеціальні методики, кожна з яких має свої переваги в певних ситуаціях. Зазвичай точність розрахунків залежить від достовірності інформації щодо кількості автомобілів, їх річного пробігу та технічного стану.

Необхідно також враховувати, що нормативи трудомісткості для виконання ремонтних та обслуговувальних робіт є відносно узагальненими і слід користуватися ними з огляду на конкретні умови використання. Це включає оцінку стану доріг, рівень кваліфікації водіїв, тривалість служби автомобілів, їх технічний стан, існуючу систему технічного обслуговування та діагностики.

Крім того, правильне визначення обсягу робіт і часу виконання має значення, враховуючи фактичну технічну основу ремонтного підприємства, включаючи виробничі приміщення, наявне обладнання, інструменти та професіоналів, які виконують різні види робіт.

### **2.2.1. Розрахунок перспективних обсягів сервісних робіт**

На проєктованому пункті технічного обслуговування вантажних автомобілів передбачається виконання ремонтних робіт агрегатним та вузловим методами, включаючи усунення несправностей та регулярне технічне обслуговування автомобілів. Також в цьому пункті будуть проводитися різні види робіт, пов'язаних із усуненням несправностей окремих агрегатів та вузлів автомобілів.

Для забезпечення належної продуктивності на дільниці поточного ремонту, наявність точних даних відіграє ключову роль. За допомогою існуючих методик можна намагатися приблизно визначити очікуваний обсяг робіт, але точне коригування можливо здійснити лише після початку

функціонування дільниці відповідно до запроєктованого режиму на основі аналізу реальних спостережень та даних.

Загальний обсяг робіт з ремонту та обслуговування автомобілів визначається згідно з виразом [11,21,22,25]:

$$T_i = T_{(то-2)} + T_{ПР} + T_{ув} , \text{ люд.год.}, \quad (2.1)$$

де  $T_{(то-2)}$  - загальна трудомісткість технічного обслуговування, люд.год.;

$T_{ПР}$  - загальна трудомісткість поточного ремонту, люд. год;

$T_{ув}$  - загальна трудомісткість усунення відмов, люд. год.

Розглядаючи наявну мережу діючих ремонтних підприємств та технічну базу власників автомобілів, ми враховуємо коефіцієнт участі, який вказує на участь дільниці підприємства у ремонтних роботах. Ці коефіцієнти можуть бути точно визначені шляхом анкетування всіх автомобілевласників і відповідних фахівців. У цьому випадку, коефіцієнти визначаються на основі оцінки експертів, зокрема, інженерно-технічних працівників аграрних формувань району та працівників підприємства. Під час визначення цих показників враховувалася наявність слюсарів та механіків з ремонту автомобілів у господарствах району, наявність приміщень для проведення робіт упродовж року, організаційно-виробнича структура господарств і наявна технічна база підприємства. Ми визначили такі коефіцієнти участі пункту технічного сервісу підприємства в загальному обсязі ремонтних та обслуговуючих робіт: коефіцієнт для поточного ремонту - 0,25, коефіцієнт для технічного обслуговування та усунення відмов - 0,20.

Всі вихідні дані необхідні для розрахунків обсягів ремонтних та обслуговуючих робіт для автомобілів категорії N1 подані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунків обсягів ремонтних та обслуговуючих робіт

Назва показника	Значення
Кількість автомобілів в районі, шт..	661
Середньорічна кількість транзитних автомобілів, шт..	61
Загальна кількість автомобілів прийнята до розрахунку, шт..	722
Очікуваний пробіг одного автомобіля, тис. км	20
Загальної кількості автомобілів, тис. км	14440
Періодичність ТО-2, тис. км	10.4
Трудомісткість ТО-2, люд. год.	12.8
Питома розрахункова трудомісткість поточного ремонту, люд. год./тис. км	6.1
Питома трудомісткість, усунення відмов, люд. год./тис. км	1.3

З інформації, представленої в таблиці 2.2, видно, що витрати праці на одиницю поточного ремонту становлять 4,69 рази більше, ніж витрати на усунення відмов. Ця ситуація є типовою для автомобільного парку категорії N1 в середньостатистичному районі, враховуючи його реальний вік та технічний стан. Плануючи основну виробничу діяльність нашої проекрованої ділянки, яка включає в себе проведення поточних ремонтів, ми також розглядаємо можливість виконання робіт з технічного обслуговування та усунення відмов.

Трудомісткість ТО-2 для ділянки визначаємо з наступного виразу [22]:

$$T_{(TO-2)} = C_{(TO-2)} \times N_{(TO-2)} \times t_{(TO-2)}, \text{ люд. год.}, \quad (2.2)$$

де  $C_{(TO-2)}$ - коефіцієнт участі ділянки у виконанні ТО-2;

$N_{(TO-2)}$ - розрахункова кількість ТО-2 автомобілів;

$t_{(TO-2)}$ - трудомісткість одного ТО-2 автомобілів.

Кількість ТО-2 для потреб всього парку району визначаємо за формулою [7]:

$$N_{(TO-2)} = K \times A / B, \text{ шт.} \quad (2.3)$$

де  $K$  - кількість автомобілів даної марки;

$A$  - середньорічний пробіг одного автомобіля даної марки;

$B$  - скоректована для даних умов періодичність проведення ТО-2

$$N_{(TO-2)} = 722 \times 20 / 10,2 = 1416 \text{ шт.}$$

Підставивши отримане значення у формулу (2.2) визначаємо загальну трудомісткість ТО-2 для пункту технічного сервісу

$$T_{(TO-2)} = 0,20 \times 1416 \times 12,8 = 3625 \text{ люд.год.}$$

Загальну трудомісткість поточного ремонту автомобілів визначаємо за формулою [22, 24]:

$$T_{PP} = C_{PP} \times K \times A \times t_{PP}, \text{ люд.год.} \quad (2.4)$$

де  $C_{PP}$  - коефіцієнт участі пункту технічного сервісу у виконанні поточних ремонтів;

$t_{PP}$  - скоректована питома трудомісткість поточного ремонту на 1 тис.км. пробігу автомобілів даної марки

$$T_{PP} = 0,25 \times 722 \times 20 \times 6,1 = 22021 \text{ люд.год.}$$

Трудомісткість усунення відмов визначаємо з аналогічного виразу:

$$T_{yB} = C_{yB} \times K \times A \times t_{yB}, \text{ люд.год.} \quad (2.5)$$

де  $t_{yB}$  - скоректована питома трудомісткість усунення нескладних відмов для автомобілів даної марки

$$T_{yB} = 0,20 \times 722 \times 20 \times 1,3 = 3754 \text{ люд.год.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (2.1) визначимо загальну розрахункову трудомісткість ремонтних та обслуговуючих робіт для пункту технічного сервісу автомобілів категорії N1,

$$T = 3625 + 22021 + 3754 = 29400 \text{ люд.год.}$$

Отже, сумарна трудомісткість ремонтних та обслуговуючих робіт становитиме 29400 люд.год. За видами робіт 74,90% припадає на поточний ремонт автомобілів, 12,32% на технічне обслуговування і 12,78% на усунення відмов

## 2.2.2. Визначення розрахункової кількості ремонтних робітників для пункту технічного сервісу

Кількість робітників, які повинні виконувати розрахунковий обсяг робіт визначаємо за формулою [11,21,22,25]:

$$P_{ря} = T_i / \Phi_{р\delta}, \text{ чол.}, \quad (2.6)$$

де  $T_i$  - обсяг даного виду ремонтно-обслуговуючих робіт для автомобілів даної марки, люд. год.;

$\Phi_{р\delta}$  - річний розрахунковий фонд робочого часу, який на 2023 рік складатиме  $\Phi_{р\delta} = 2054$  год.

Визначаємо загальну чисельність робітників для ремонту і обслуговування автомобілів:

$$P_{ря} = 29400 / 2054 = 14,31 \text{ чол.}$$

Аналогічно визначаємо розрахункову явкову чисельність робітників для різних видів робіт:

для технічного обслуговування

$$P_{ря.(то-2)} = 3625 / 2054 = 1,76 \text{ чол.};$$

для поточного ремонту

$$P_{ря.ПР} = 22021 / 2054 = 10,72 \text{ чол.};$$

для усунення відмов

$$P_{ря.у\delta} = 3754 / 2054 = 1,83 \text{ чол.}$$

Якщо прийняти до уваги, що кількість робітників має бути цілим числом, то їх можна прийняти 14. Для прийняття остаточного значення скористаємося коефіцієнтом завантаження робітників, який визначається з виразу [23]:

$$\eta_p = P_{ря} / P_{я}; \text{ чол.} \quad (2.7)$$

де  $P_{я}$  - прийнята чисельність робітників.

Прийнявши 14 робітників отримаємо значення:

$$\eta_{р.заг.} = 14,31 / 14 = 1,022 \text{ чол.};$$

$$\eta_{р.(то-2)} = 1,76 / 2 = 0,880 \text{ чол.};$$

$$\eta_{p,PP} = 10,72 / 10 = 1,072 \text{ чол.};$$

$$\eta_{p,yg} = 1,83 / 2 = 0,915 \text{ чол.}$$

Рекомендоване значення коефіцієнта навантаження на робітників знаходиться в діапазоні між  $\eta_p=0,95-1,15$ . Таким чином, невелике недозавантаження робітників, які займаються технічним обслуговуванням та усуненням відмов, компенсується затратами часу на їх переміщення між різними робочими місцями та залученням до виконання операцій поточного ремонту.

### 2.2.3. Розрахунок такту та фронту робіт

Такт виробництва для кожного виду робіт з ремонту і обслуговування автомобіля визначено з виразу [11]:

$$\tau_i = \Phi_{pd} / W_i, \text{ год.} \quad (2.8)$$

де  $W_i$  - річна програма обслуговування або ремонту автомобілів з виконанням робіт певного виду, шт.

Програму поточних ремонтів визначаємо з виразу [11,21,22,25]:

$$W_{np} = T_{PP} / t_{np}, \text{ шт.}, \quad (2.9)$$

де  $t_{np,i}$  - приведена середня трудомісткість одного поточного ремонту

$$W_{PP} = 22021 / 68 = 324 \text{ шт.}$$

Програму усунення відмов визначаємо з виразу:

$$W_{yg} = T_{yg} / t_{yg,i}, \text{ шт.} \quad (2.10)$$

де  $t_{yg,i}$  - приведена середня трудомісткість усунення однієї відмови в умовах пункту технічного сервісу даного підприємства [11,21,22,25].

$$W_{yg} = 3754 / 3,8 = 988 \text{ шт.};$$

Підставивши отримані значення у формулу (2.8) визначаємо такт виробництва.

$$\tau_{(то-2)} = 2054/283 = 7,25 \text{ год};$$

$$\tau_{PP} = 2054/324 = 6,34 \text{ год.};$$

$$\tau_{yg} = 2054/988 = 2,07 \text{ год}$$

Таким чином, на підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що щодня в середньому один автомобіль надходитиме на технічне обслуговування та поточний ремонт, і від трьох до чотирьох автомобілів щодня буде потреба в усуненні відмов.

Для визначення площі, необхідної для розміщення автомобілів на технічному обслуговуванні та ремонті, потрібно визначити фронт виробництва кожного виду робіт за допомогою виразу:

$$f = t_i / \tau_i \times P, \text{ шт.}, \quad (2.11)$$

де  $t_i$  - трудомісткість одиниці даного виду ремонту або обслуговування люд. год.;

$\tau_i$  - такт виробництва даного виду робіт, год.;

$P$  - кількість робітників залучених одночасно до обслуговування або ремонту одного автомобіля.

Прийнявши до уваги, що технічне обслуговування одного автомобіля одночасно виконуватимуть два робітники, поточний ремонт три робітники, а усунення відмов один робітник, отримаємо наступні значення.

$$f_{(то-2)} = 12,8 / 7,25 \times 2 = 0,88 \text{ шт.};$$

$$f_{пр.} = 68 / 6,34 \times 3 = 3,57 \text{ шт.};$$

$$f_{ув.} = 3,8 / 2,07 \times 1 = 1,83 \text{ шт.}$$

Заокруглюючи отримані значення фронту автомобілів, які перебуватимуть в ремонті та технічному обслуговуванні, в більшу сторону до найближчого цілого числа, ми приймаємо фронт як основу для розрахунку необхідної площі виробничої зони для розміщення автомобілів. Конкретно, ми вважаємо, що на території пункту технічного обслуговування буде розміщуватися один автомобіль, в зоні поточного ремонту - чотири автомобіля, а на посту усунення відмов - два автомобіля. Загалом, на пункті технічного обслуговування для автомобілів категорії N1 має бути забезпечено можливість одночасного розміщення та обслуговування семи автомобілів.



## 2.2.4 Розрахунок площ для розміщення автомобілів під час проведення ремонту та технічного обслуговування

Оскільки в майстерні підприємства та гаражах, призначених для ремонту, технічного обслуговування та зберігання автомобілів, вже є всі необхідні види обладнання, необхідних для проведення різних видів робіт, виникає необхідність визначити площу приміщень для розміщення обслуговуваних автомобілів. Для розрахунку потрібної площі пункту обслуговування та ремонту автомобілів, ми використовуємо наступну формулу [11,21,22,25]:

$$S_i = F_{iPP} \times f_{PP} + F_{i(ТО)} \times f_{(ТО-2)} + F_{iув} \times f_{ув}, \text{ м}^2, \quad (2.12)$$

де  $F_{iPP}$  – площа підлоги приміщення потрібна для встановлення автомобіля і зони довкола нього для проведення поточного ремонту,  $\text{м}^2$ ;

$F_{i(ТО)}$  – площа підлоги приміщення потрібна для встановлення автомобіля і зони довкола нього для проведення поточного ремонту,  $\text{м}^2$ ;

$F_{iув}$  – площа підлоги приміщення потрібна для встановлення автомобіля і зони довкола нього для проведення поточного ремонту,  $\text{м}^2$ ;

$f_{PP}$  – кількість автомобілів, що одночасно перебувають у поточному ремонті;

$f_{ТО}$  – кількість автомобілів, що одночасно перебувають на технічному обслуговуванні;

$f_{ув}$  – кількість автомобілів, що одночасно перебувають на усуненні відмов

Нижче наведені вихідні дані для проведення розрахунків [11,21,22,25].

Нормативні питомі площі потрібні для виконання ремонтних та обслуговуючих робіт автомобілів марки категорії N1 становлять: технічне обслуговування -  $34 \text{ м}^2$ , поточний ремонт –  $39 \text{ м}^2$ , усунення відмов –  $31 \text{ м}^2$ .

Підставивши наведені значення у формулу (2.12) отримаємо:

$$S_{\text{категорії N1}} = 39 \times 4 + 34 \times 1 + 31 \times 2 = 252 \text{ м}^2$$

Таким чином загальна потрібна площа складає  $252 \text{ м}^2$ .

### 3. РОЗРОБКА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ КОЛІС

#### 3.1 Пристрій для орієнтування і перевезення коліс під час їх заміни

Під час заміни коліс автомобілів виникають значні труднощі через їх велику вагу. Ускладнюється взаємна орієнтація отворів диска колеса відносно шпильок маточини, що часто є причиною пошкодження різьби шпильок. Крім того є певні незручності під час переміщення коліс навколо автомобіля під час їх перестановлення за схемою для рівномірного зношування. Для уникнення перелічених незручностей пропонується конструкція пристрою показаного на аркуші 3 графічної частини та на рисунку 3.1.

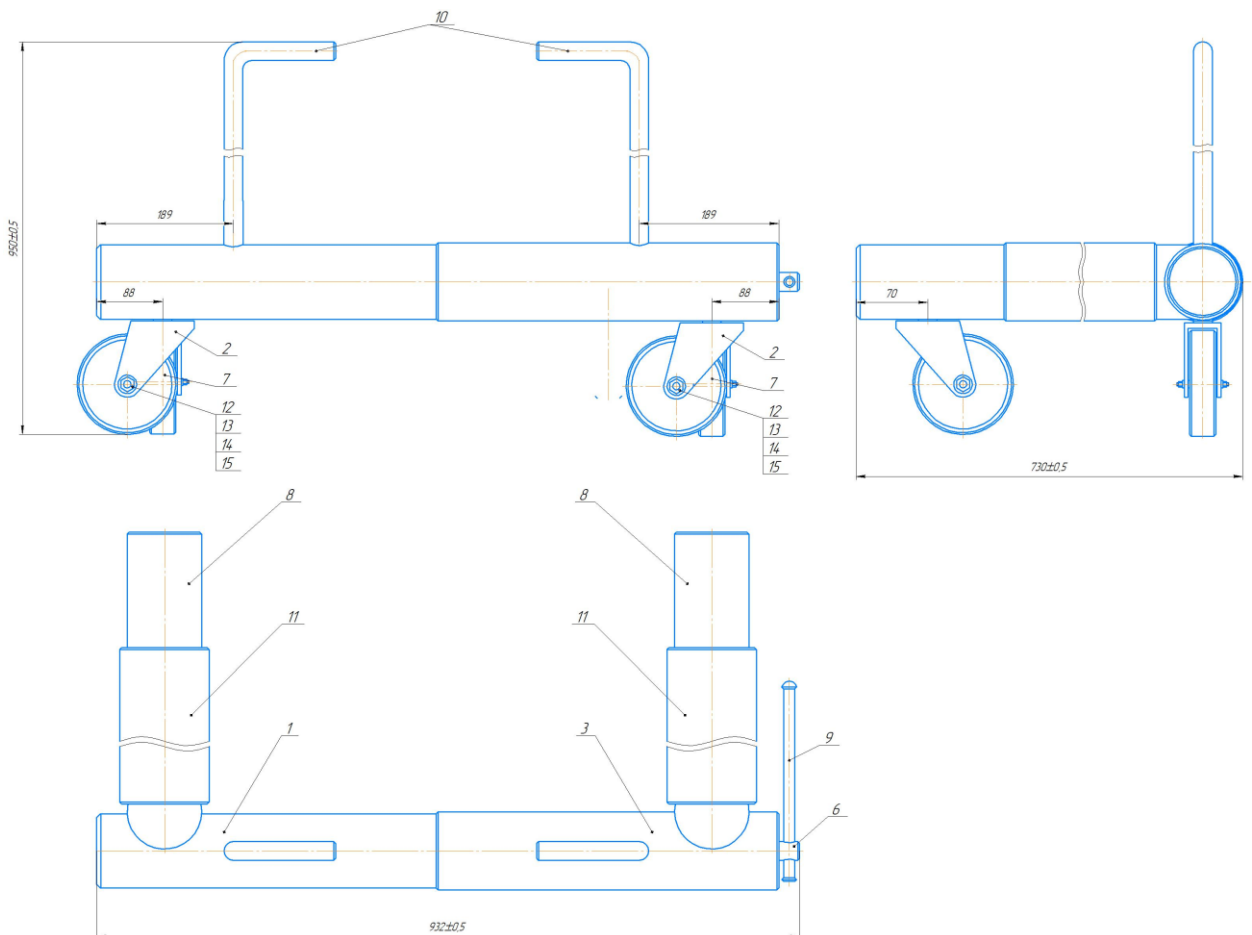


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема пристрою для заміни коліс

Пристрій складається з основної труби 3 в якій телескопічно встановлена допоміжна труба 1 з'єднана з гвинтом 6 в головці якого

розміщена рукоять 9. До основної труби 3 та допоміжної труби 1 приварені опорні труби 8 та стояки 10. В основній трубі 3, допоміжній трубі 1 та опорних трубах 8 встановлені вилки 2 коліс 7. На опорних трубах 8 встановлені втулки 11.

Пристрій працює наступним чином. За стояки 10 робітник переміщує пристрій до автомобіля так. Щоб колесо знаходилося між втулками 11. Обертаючи за рукоять 9 гвинт 6 здійснюється втягування допоміжних труби 1 в основну трубу 3 і зближення опорних труб 8 до контакту втулок 11 з колесом. Далі обертання гвинта 6 і зближення втулок 11 веде до піднімання колеса і створення зазору між шпильками та отворами в диску. Далі переміщуючи візок за стояки 10 вздовж осі колеса здійснюється його знімання з маточини. Далі колесо транспортується до другої маточини при перестановленні коліс або на місце ремонту шин.

Орієнтування колеса по висоті під час його встановлення здійснюється обертанням гвинта 6 за рукоять 9. А орієнтування відносно периметра маточини – обертанням колеса на втулках 11 опорних труб 8.

### **3.2 Пристрій для механізованого відкручування гайок коліс**

Для механізованого відкручування гайок кріплення коліс пропонується конструкцію багатошпindelного гайкокрута (рис.3.2). Він складається з візка 1, що має два колеса 2, опору 3 і кронштейн 4 з рукою 5. На напрямних 6 візка 1 розташована основа механізму 7, на якій закріплено стояк 8 з гайкою 10, в яку загвинчено гвинт 10 з маховичком 11. Гвинт 10 закріплений у візку 1 з можливістю тільки обертового руху. На валу 13 жорстко закріплена шестерня 15, що входить в зачеплення з зубчастими колесами 16, які вільно розташовані на валах 17, що виходять назовні і виконують функції шпindelів гайкокрута. Колеса 16 є одночасно кулачковими півмуфтами і через парні кулачкові півмуфти 18 можуть жорстко з'єднуватись з валом 17, з яким вони утворюють шлицеві з'єднання. Під дією пружини 19 півмуфти 16 і 18 знаходяться у розімкненому стані. Їх можна з'єднати за допомогою вилок 20,

які пересуваються електромагнітами 21 під час подачі живлення на їх котушки вмиканням кнопок пульта керування 22. За допомогою фрикційної півмуфти 23, у вигляді мембранної пружини, яка притискається до колеса 16 гайкою 24 і посажена на шліцах вала 17, можна передавати крутний момент на вал 17 від шестерні 15 через зубчасте колесо 16. Фрикційна муфта зчеплення, яка утворена торцем колеса 16 і півмуфтою 23 налаштована на передачу невеликого крутного моменту, який забезпечує вільне нагвинчування чи відгвинчування гайок колеса. На квадратному кінці вала 17 встановлена головка 25, яка пружиною 26 через шайбу 27 утримується у крайньому лівому положенні.

Вал 13 одержує обертання від електродвигуна 28 через запобіжну кулачкову муфту 23, півмуфти якої стиснуті пружиною 30 і передають оберти на вал 31 і шків 32, котрий клинопасовою передачею 33 з'єднаний з маховиком 34, який жорстко з'єднаний з валом 13.

Редуктор 14 можна повертати на деякий кут у стійках 12 за допомогою ручки 35.

Пульт керування 22 містить вмикач електромережі, кнопки, які замикають кола живлення котушок електромагнітів 21 в натиснутому стані, кнопки керування режимом роботи електродвигуна 28: “пуск” (праве обертання шпинделя), “пуск” (ліве обертання шпинделя), “стоп” і кнопку “реверс” (ліве обертання шпинделя) в натиснутому стані, яка вмикається тільки після натискання кнопки “стоп”.

Кнопки живлення котушок електромагнітів розташовані в порядку необхідної черговості відгвинчування гайок колеса. Крім цього вони заблоковані з цифровим приладом відліку часу після їх відпускання. Прилад показує час розгону маховика після ударного імпульсу. За цим часом можна оцінити енергію маховика і крутний момент, який він забезпечить, про що необхідно знати під час затягування гайок коліс у два-три прийоми, поступово збільшуючи крутний момент їх затягування, аж до максимального.

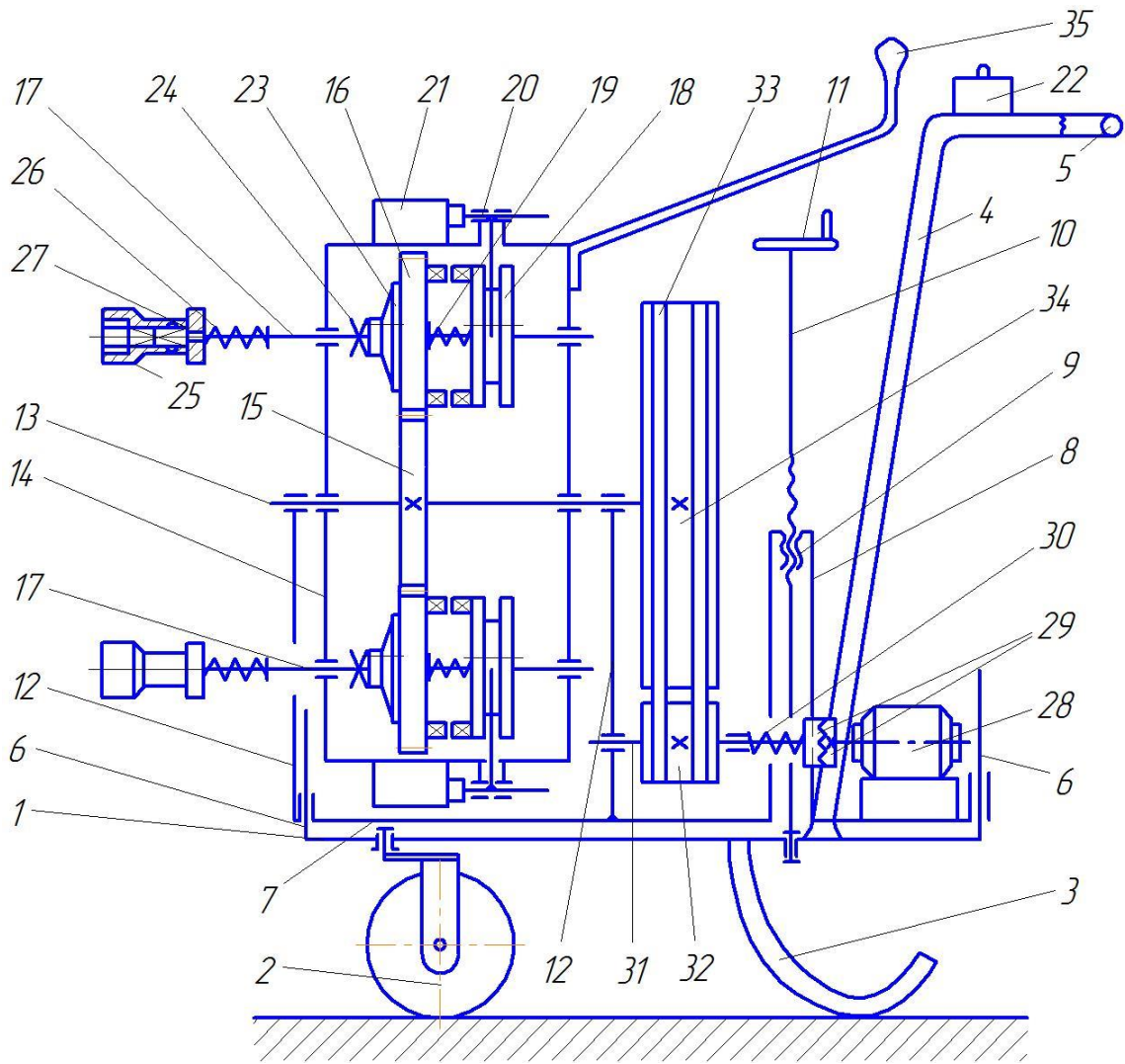


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема електромеханічного багатшпindelного гайкокрута для гайок коліс автомобілів.

Гайкокрут працює наступним чином. Для відгвинчування гайок необхідно, утримуючи гайкокрут за ручку 5 підкотити його до піддомкращеного колеса, яке необхідно демонтувати, надівши попередню на квадратний кінець шпindelів 17 необхідного розміру під ключ головки 25. Регулюючи гвинтом 10 з маховичком 11 висоту розташування шпindelів 17 гайкокрута, а ручкою 35 – їх кутове положення відносно осей гайок коліс, повертаючи в певних межах редуктор 14 у стійках 12, суміщаємо вісі головок 25 з осями гайок колеса і пересунувши гайкокрут ближче до колеса надіваємо на них головки 25. Для гарантованого надівання головки 25 на всі гайки колеса необхідно ввімкнути електромережу і кнопку “реверс” ввімкнути

короткочасне обертання шпинделів 17 з головками 25. Потім кнопкою “пуск” (ліве обертання шпинделів) вмикаємо електродвигун 28. Його вал обертає запобіжну муфту 24, вал 30 зі шківом 32, який через пасову передачу 33 розганяє маховик 34. Від маховика обертання передається на вал 13 з шестірнею 15 і від неї на зубчасті колеса 16. У зв’язку з тим що гайки колеса затягнуті зі значними крутними моментами півмуфти 23 проковзують по торцях зубчастих коліс 16 і шпинделі 17 не обертаються. Тепер слід короткочасно натиснути на одну з кнопок вмикання живлення електромагніта 21. Його сердечник втягується, пересуває вилку 20 з півмуфтою 18 і замикає її кулачки з кулачками зубчастого колеса 16, з’єднуючи шпиндель 17 з обертовим приводом. Накопичена енергія маховика 34 через вал 13, шестірню 15, зубчасте колесо 16, півмуфту 18 ударним імпульсом передається на шпиндель 17 з головкою 25 і остання звільняє (зриває) від затягнення гайку колеса автомобіля. Маховик 34 при цьому значно зменшує свої оберти майже зупиняючись. В цьому випадку спрацьовує запобіжна кулачкова муфта 29, а не проковзує пасова передача 33, що має місце у відомому гайкокруті. Після відпускання кнопки вмикання живлення електромагніта 21 пружина 19 розмикає кулачки зубчастого колеса 16 і півмуфти 18. Маховик знову набирає оберти і накопичує енергію. В цей час звільнена від затягнення гайка колеса вільно відкручується за рахунок крутного моменту тертя між півмуфтою 23 і торцями зубчастого колеса 16, який передається на шпиндель 17. Відкручуючись гайка колеса пересуває вправо головку 25 з шайбою 27, стискаючи пружину 26.

За кілька секунд маховик 34 набере номінальні оберти і можна відкручувати наступні гайки, по чергово натискаючи кнопки вмикання електромагнітів. Почерговість вмикання повинна забезпечити попарне відгвинчування діаметрально розташованих гайок колеса, а при їх непарній кількості – через одну гайку.

Після відгвинчування всі гайки кріплення колеса знаходяться в головках гайкокрута. Для цього бажано застосовувати головки з утримуванням гайок

підпружиненими елементами. Відкочуємо гайкокрут в сторону і знімаємо колеса для виконання необхідних ремонтних дій.

Для закріплення колеса необхідно надіти його диском на шпильки маточини піддомкращеного мосту, підкотити гайкокрут до колеса, сумістити вісі шпинделів гайкокрута і шпильок маточини. Потім ввімкнути електромережу, підтиснути головки шпинделів з гайками до шпильок і натиснути кнопку “пуск” (праве обертання шпинделів). Головки починають обертатися і гайки наживлюються на шпильки маточини. Якщо якась гайка в головці недостатньо точно розташована відносно шпильки то вона може перекоситися і заклинити різьбою на шпильці. Тому що крутний момент в цей час передається через фрикційну муфту – зубчасте колесо 16, півмуфта 23 він є невеликим і забезпечує тільки вільне нагвинчування гайок на шпильки, аналогічно до ручного наживлення і загвинчування. Тому у випадку заклинення різьби гайки і шпильки вона не буде пошкоджена. В цьому випадку робітник спочатку натискає на кнопку “стоп” і відразу короткочасно на кнопку “реверс” (ліве обертання шпинделя) і знову на кнопку “пуск” (праве обертання шпинделя). Шпинделі одержать короткочасний реверс і знову продовжать загвинчування. За рахунок реверсу усувається заклинення різьби, гайка точніше зорієнтується відносно шпильки і зможе наживитися і нагвинтитися на шпильку.

Після нагвинчування всіх гайок до упору в диск необхідно виконати їх почергове затягування. Для цього необхідно короткочасно натиснути на одну з кнопок вмикання живлення електромагніта 21 і аналогічно до процесу відгвинчування шпиндель 17 з'єднається кулачковими півмуфтами 16,18 з обертовим приводом гайкокрута. Енергія маховика 34 через шестерню 15, зубчасте колесо 16, його кулачки і кулачки півмуфти 18 передається на шпиндель 17, головку 25 з гайкою і остання затягується на шпильці маточини. Для забезпечення заданого моменту під час затягування гайок коліс у два – три прийоми кнопки вмикання котушок живлення електромагнітів 21

необхідно вмикати частіше, не чекаючи максимального розгону маховика 34, орієнтуючись на покази приладу відліку часу розгону маховика.

Почерговість вмикання ударних імпульсів повинна забезпечити попарне затягування діаметрально розташованих гайок колеса, а при їх непарній кількості – через одну гайку.

Пропонований гайкокрут значно зменшить час демонтажу і монтажу коліс автомобілів за рахунок заміни ручного почергового наживлення гайок одночасним механізованим наживленням і за рахунок усунення почергового надівання головки одношпindelним гайкокрутом надіванням всіх головок багатшпindelним гайкокрутом одночасно на всі гайки колеса.

### **3.2.1 Обґрунтування параметрів пристрою для механізованого відкручування гайок коліс**

Основним параметром приводу багатшпindelного гайкокрута є крутний момент на його шпindelях, що повинен забезпечити звільнення гайки колеса (зрив різьби) від затягування під час відгвинчування і необхідний крутний момент її затягування під час загвинчування. Значення цих крутних моментів залежать від розмірів коліс автомобілів і задані для кожної марки автомобіля.

Для виконання необхідних розрахунків скористаємось спрощеною кінематичною схемою гайкокрута (рис. 3.3).



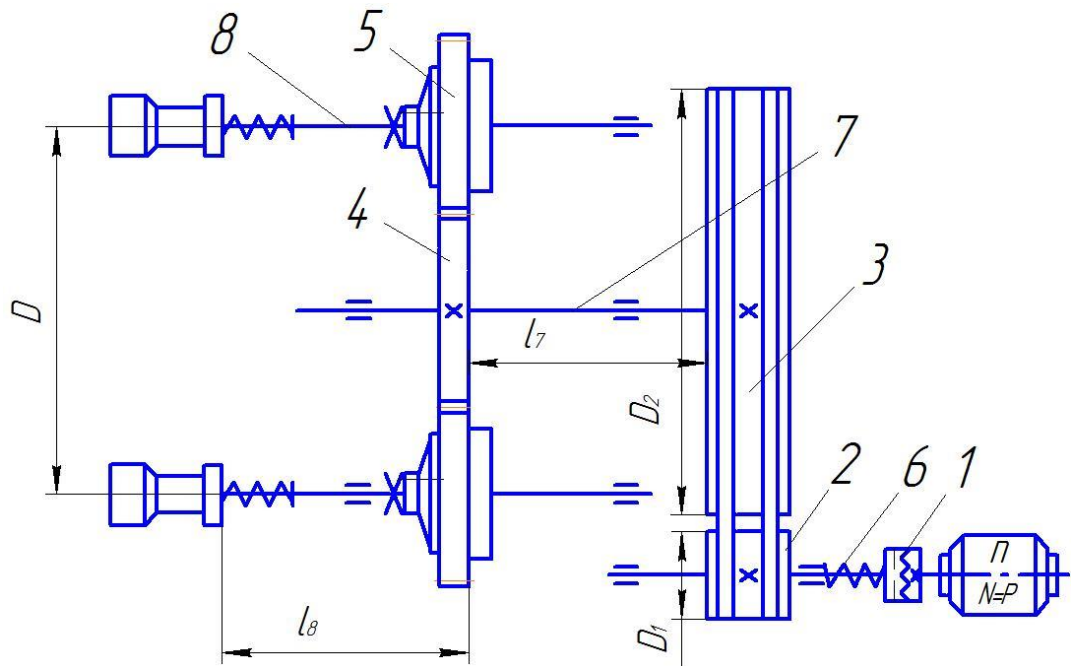


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема багатшпindelного гайкокрута

Нехай електромотор має потужність  $P$ , а його вал обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ . Електромотор приводить в обертальний рух запобіжну муфту 1, шків 2, маховик 3, шестерню 4, зубчасті колеса 5 разом з півмуфтами, вали 6, 7 і шпindelі 8.

Вважаємо що деталі 1, 2, 3, 4, 5 суцільні однорідні диски діаметрами  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5$  і масами  $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$ .

Знайдемо час розгону цієї механічної системи, використавши теорему про зміну кінетичної енергії [7,8].

$$T_1 - T_0 = A, \quad (3.1)$$

де:  $T_0 = 0$  – початкове значення кінетичної енергії,

$A$  - робота приводу,

$$A = p \cdot t, \quad (3.2)$$

де:  $p$  – потужність електромотора приводу,

$t$  – час розгону системи до максимальної кутової швидкості деталей

$$T_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^5 I_i \cdot \omega_i^2 = \frac{I_1 \omega_1^2}{2} + \frac{I_2 \omega_2^2}{2} + \frac{I_3 \omega_3^2}{2} + \frac{I_4 \omega_4^2}{2} + z \left( \frac{I_5 \omega_5^2}{2} \right) \quad (3.3)$$

де:  $I_i$  – момент інерції дисків,

$$I_i = \frac{m_i D_i^2}{8}$$

$z$  – кількість зубчастих коліс 5.

Вважаємо що  $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ .

$$\text{Тоді } \omega_3 = \frac{\omega D_2}{D_3}, \omega_4 = \omega_3, \omega_5 = \frac{\omega_4 D_4}{D_5} \omega \frac{D_2 D_4}{D_3 D_5}.$$

Підставимо значення моментів інерції дисків у вираз (3.3)

Після перетворень одержимо

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{\omega^2}{16} \left[ m_1 \cdot D_1^2 + m_2 D_2^2 + m_3 D_2^2 + \frac{m_4 \cdot D_4^2 \cdot D_2^2}{D_3^2} + z \left( \frac{m_5 D_2^2 D_4^2}{D_3^2} \right) \right] \\ &= \frac{\omega^2 D_2^2}{16} \left[ m_1 \frac{D_1^2}{D_2^2} + m_2 + m_3 + \frac{D_4^2}{D_3^2} (m_4 + z m_5) \right] \end{aligned}$$

На основі рівності (5.2) знаходимо час розгону системи до максимальної кутової швидкості

$$t = \frac{A}{P} = \frac{T_1}{P} = \frac{\omega^2 D_2^2}{16P} \left( m_1 \frac{D_1^2}{D_2^2} + m_2 + m_3 + \frac{D_4^2}{D_3^2} (m_4 + z m_5) \right) \quad (3.4)$$

Визначимо крутний момент  $M$ , який може виникати на головці, що закріплена на шпинделі 8, під час відкручування гайок коліс. Для цього використаємо теорему про збереження механічної енергії [7,8]. Набута кінетична енергія маховика 3, шестерні 4, зубчастих коліс 5 з півмуфтами перетворюється в потенціальну енергію валів 7 і 8 при їх крученні, коли вмикаємо відкручування або затягування одного зі шпинделів 8.

Кути закручування валів 7 і 8 обчислюємо за формулами [7,8]

$$\varphi_7 = \frac{M}{C_7}, \varphi_8 = \frac{M}{C_8}, \quad (3.5)$$

де:  $C_7, C_8$  – жорсткості валів 5 і 6 при крученні.

Кінетичну енергію муфти 1 і шків 2 не враховуємо для спрощення підрахунків і тому, що в порівнянні з енергією маховика 3 їх кінетична енергія дуже незначна. Тоді

$$\frac{I_3 \omega_3^2}{2} + \left( \frac{I_4 \omega_4^2}{2} + z \frac{I_5 \cdot \omega_5^2}{2} \right) = \frac{M \cdot \varphi_7}{2} + \frac{M \cdot \varphi_8}{2}, \quad (3.6)$$

Підставивши значення моментів інерції і кутів закручування валів 7 і 8 у рівність (3.6) отримаємо :

$$\frac{m_3 D_3^2 \cdot \omega_3}{2 \cdot 8} + \frac{m_4 D_4^2 \omega_3}{2 \cdot 8} + z \frac{m_5 D_5^2 \cdot \omega_5^2}{2 \cdot 8} = \frac{M^2}{2C_7} + \frac{M^2}{2C_8};$$

$$\omega^2 \cdot D_2^2 \left( \frac{m_3}{8} + \frac{m_4 \cdot D_4^2}{8D_3^2} + z \frac{m_5 D_4^2}{8D_3^2} \right) = \frac{M^2}{C_7} + \frac{M^2}{C_8}$$

$$\text{звідси } M = \omega D_2 \sqrt{\frac{C_7 \cdot C_8}{C_7 + C_8} \left( \frac{m_3 D_3^2 + m_4 D_4^2 + z m_5 D_4^2}{8D_3^2} \right)} \quad (3.7)$$

Якщо вал 7 і шпинделі 8 мають круглий поперечний переріз діаметрами  $d_7$  і  $d_8$  та довжиною  $l_7$ ,  $l_8$ , то їх жорсткість при крученні можна обчислити за формулами [7,8]:

$$C_7 = \frac{G \pi d_7^4}{32 l_7}; C_8 = \frac{G \pi d_8^4}{32 l_8} \quad (3.8)$$

Під час ударного імпульсу, що передається на один зі шпинделів 8, інші шпинделі будуть нерухомі, тому що крутний момент на них передається через тертя між зубчастими колесами 5 і лівою півмуфтою. Цей крутний момент відрегульований на невелике зношення і забезпечує тільки вільне відкручування гайки. Тобто ці крутні моменти тертя  $M_m$  будуть дещо гальмувати крутний момент ударного імпульсу. Тому максимальний крутний момент на шпинделі гайкокрута буде рівним:

$$M_{max} = M - (z - 1) \quad (3.9)$$

За формулами (3.7), (3.8), (3.9) можна визначити крутний момент на одному зі шпинделів багатошпиндельного гайкокрута, маючи розміри необхідних деталей і технічні дані приводного електромотора.

Під час розробки нового гайкокрута та для забезпечення заданого моменту відгвинчування чи затягування за вказаними формулами можна визначити конструктивні розміри деталей приводу. Спочатку за діаметром кола  $D$  розташування шпильок кріплення колеса автомобіля і відповідно шпинделів визначаємо діаметри ділільних кіл шестерні 4 і зубчастих коліс 5.

Потім за заданим крутним моментом слід підрахувати параметри зубців шестерні 4 і зубчастого колеса 5, а також діаметри вала 7 і шпинделя 8. При цьому діаметр ділильного кола шестерні 4 рекомендуємо вибрати мінімально допустимий умовами зачеплення. Це забезпечить мінімальні розміри маховика для одержання заданого моменту відгвинчування. Потім вибравши мінімально допустимий діаметр шківів 2 і вирішивши формулу (3.7) відносно маси маховика  $m_3$ , можна попередньо призначити його діаметр  $D_3$ . Після цього за формулою (3.9) визначити максимальний крутний момент  $M_{\max}$  і порівняти його з заданим моментом затягування. При необхідності підкоректувати масу  $m_3$  і діаметр  $D_3$  маховика.

Необхідно врахувати, що заданий крутний момент можна одержати за кілька ударних імпульсів.

Після цього за виразом (3.4) необхідно визначити час розгону системи приводу гайкокрута до максимальної кутової швидкості. Бажано щоб він не перевищував 3-4 с. Його тривалість можна коректувати, вибираючи електромотор необхідної потужності.

### **3.2.2 Визначення основних конструктивних розмірів деталей багатошпиндельного гайкокрута**

Спочатку за діаметром кола  $D_1$  розташування шпильок кріплення колеса автомобіля їх кількості, і відповідно кількості шпинделів визначаємо діаметри ділильних кіл і зубчастих коліс 4, 5. Потім за заданим крутним моментом слід підрахувати параметри зубців коліс 4 і зубчастого колеса 5, а також діаметри вала 7 і шпинделя 8. При цьому діаметр ділильного кола колеса 4 рекомендуємо вибрати мінімально допустимий умовами зачеплення.

### **3.2.3 Визначення оптимальних розмірів маховика**

За формулою (3.9) визначити максимальний крутний момент  $M_{\max}$  і порівняти його з заданим моментом затягування. При необхідності підкоректувати масу  $m_3$  і діаметр  $D_3$  маховика.

Необхідно врахувати, що заданий крутний момент можна одержати за кілька ударних імпульсів.

Після цього за виразом (3.4) необхідно визначити час розгону системи приводу гайкокрута до максимальної кутової швидкості. Бажано щоб він не перевищував 1,5-2 с. Його тривалість можна коректувати, вибираючи електромотор необхідної потужності.

### 3.2.4 Визначення параметрів зубчастих і клинопасової передач приводу гайкокрута

Бажано щоб сума діаметрів маховика і шківів 2 не виходила за межі розмірів редуктора.

Зовнішній розмір редуктора 14 можна орієнтовно визначити, як суму між центрової віддалі ( $D_1$ ), зовнішнього діаметру зубчастих коліс 5 і конструктивних розмірів проміжку між шестернями 4 та товщиною стінки. Позначимо його  $L_p$ .

Тоді

$$L_p = D + d_5 + 2m + b + t + 2h, \text{ мм} \quad (3.10)$$

де:  $D$ - діаметр кола шпинделів редуктора, що дорівнює діаметру кола осей шпильок колеса;  $D = 530$  мм.

$d_5$ - діаметр діляльного кола зубчастого кола 5,

$m$  – модуль зубчастих коліс редуктора; для очікуваних зусиль в зубчастих передачах редуктора приймемо  $m = 4$ .

$b$  – проміжок між зубчастим колесом 5 і стінкою редуктора;  $b = 6$  мм.

$t$  – товщина стінки редуктора;  $t = 8$  мм.

$h$  – висота електромагнітів;  $h = 100$  мм.

Розмір діаметрів головок зубчастих коліс 5 визначимо за довжиною кола  $C$  і діаметром  $D$  та мінімального розміру між ними.

$$C_1 = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 530 = 1664,2 \text{ мм.}$$

Довжина дуги між їх центрами дорівнюватиме такій частині цього кола, скільки шпильок має колесо для демонтажу якого призначений цей гайкокрут. Для вибраного нами автомобіля категорії N1 кількість шпильок кріплення його коліс дорівнюватиме десятій частині довжини кола  $C_1$ , тобто 166,4 мм. Між центрова відстань  $A_1$  це буде довжина хорди цієї дуги.

$$A_1 \approx 158 \text{ мм.}$$

Тоді діаметр головок зубчастих коліс 5 і кількості зубів дорівнює:

$$d_{r5} = A_1 - \delta = 158 - 2 = 156 \text{ мм.}$$

де  $\delta$  – зазор між діаметрами головок зубчастих коліс 5; прийmemo  $\delta=2\text{мм}$ .

Розмір ділильного кола зубчастого колеса 5,

$$d_5 = d_{r5} - 2m = 156 - 8 = 148 \text{ мм.}$$

Тоді кількість зубів  $Z_5$  дорівнює:

$$Z_5 = \frac{A_1 - 2m}{m} = \frac{d_5}{m} = \frac{148}{4} = 37,$$

де:  $d_5$  – діаметр ділильного колеса 5;

Прийmemo частоту обертання шпинделів  $n_{ш} = 480 \text{ хв}^{-1}$  орієнтуючись на відомі одношпindelні гайкокрути (модель И 303 М).

Для приводу вибираємо двигун 4А80А2У3,  $N = 1,5$  квт,  $n = 2810 \text{ хв}^{-1}$ , тобто за потужністю близький довідомого електромеханічного гайкокрута (рис. 1.17).

Розмір ділильного діаметра  $d_4 = D - d_5 = 530 - 148 = 382$  мм.

$$\text{Кількість зубців } Z_4 = \frac{d_4}{m} = \frac{382}{4} = 95,5$$

Тоді,

$$i_{мш} = \frac{Z_4}{Z_5} = \frac{95}{37} = 2,56$$

де:  $i_{мш}$  – передаточне відношення між маховиком і шпинделем тобто зубчастими колесами 4 і 5;

Оберти маховика дорівнюватимуть:

$$n_M = \frac{n_{ш}}{i_{мш}} = \frac{480}{2,56} = 187,5 \text{ хв}^{-1},$$

де:  $n_{\text{ш}}$  – частота обертання шпинделів гайкокрута;

$$L_p = 530 + 148 + 2 \cdot 4 + 6 + 8 + 2 \cdot 100 = 900 \text{ мм.}$$

Суму  $D_2 + D_3$  можемо прийняти розміром до 900 мм.

Мінімальний діаметр шківів електродвигуна приймаємо рівним  $d_2 = 100$  мм., для клинопасової передачі з перерізом паса А. При цьому для двох пасів матимемо майже потрійний запас міцності.

Порахуємо діаметр маховика за рекомендованою величиною обертів шпинделя.

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \cdot i_{23} \cdot i_{45} = 2810 \cdot 0,206 \cdot 2,53 = 479 \text{ хв}^{-1}$$

де:  $n_{\text{дв}}$  – оберти привідного двигуна;  $n_{\text{дв}} = 2810 \text{ хв}^{-1}$

$i_{23}$  – передаточне відношення між шківом електродвигуна і маховиком;

$$i_{23} = \frac{n_{\text{шп}}}{n_{\text{дв}} \cdot i_{45}} = \frac{480}{920 \cdot \frac{79}{37}} = 0,244,$$

За розмірами діаметра шківів електродвигуна і маховика передаточне відношення між ними дорівнюватиме:

$$i_{23} = \frac{D_2}{D_3} = \frac{100}{D_3} = 0,244,$$

Звідки  $D_3 = \frac{100}{0,244} = 409,8 \text{ мм.}$

Прийmemo діаметр маховика 410 мм. і тоді сума  $D_2 + D_3 = 510$  мм. і не виходить за межі габаритів редуктора.

Передаточне відношення пасової передачі  $i_{23} = \frac{410}{100} = 4,1$ , що не виходить за межі рекомендованого .

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Основні причини травмування та аварій під час технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів

Дотримання правил техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії є особливо складним в умовах ремонтного виробництва. Це обумовлено тим, що автомобілі, які надходять в ремонт та на технічне обслуговування, можуть бути забруднені шкідливими для здоров'я людини речовинами, легкозаймистими матеріалами, а також матеріалами, що сприятимуть висковзуванню з рук деталей та інструментів. Нашарування деяких матеріалів на об'єктах сприяють прилипанню до рук деталей та інструменту або злипанню деталей між собою. Характерним для ремонтного виробництва є також те, що робітники постійно працюють з об'єктами ремонту які мають різний технічний стан та пошкодження і виконують різні операції на різних робочих місцях [10,12,24].

Одним із резервів росту продуктивності праці є поліпшення її умов, що в кінцевому результаті дасть змогу зберегти здоров'я працівників, а також покращити їх соціальний стан. Проблема поліпшення умов праці безпосередньо пов'язана з санітарно-побутовими умовами, режимом роботи і організацією відпочинку, медичним обслуговуванням працівників, харчування впродовж робочого дня та інших аналогічних факторів.

Позбавитись збитків, яких сьогодні завдають виробничий травматизм і професійні захворювання на виробництві, можна за рахунок розробки спеціальних заходів дотримання вимог трудового законодавства, спеціальних нормативних та дорадчих документів, а також впровадження у виробництво найновіших досягнень науки і передового досвіду з охорони праці.

Під час ремонту, технічного обслуговування та діагностування автомобілів мають місце нещасні випадки, що можуть статися за збігу певних обставин перелічених нижче: самовільний рух автомобіля через відсутність опор під колесами та знаходження на його шляху людей; самовільне



опускання гідравлічних підйомників через порушення їх гідравлічної щільності; падіння демонтованих агрегатів, вузлів та деталей; замикання електричної системи автомобіля інструментами при не відключені акумуляторній батареї та його загоряння; отруєння відпрацьованими газами двигуна автомобіля; травмування під час використання не правильно вибраного або несправного обладнання і інструментів [10,12,24].

#### **4.2 Основні вимоги правил безпеки праці під час ремонту автомобілів і заходи для застереження нещасних випадків**

Зняті під час розбирання вузли і деталі потрібно укласти на спеціально встановлені стелажі, столи, підставки розташовані так, щоб залишилось місце для безпечної роботи і проходу. Верстаки, монтажні столи, підставки та інше обладнання повинно бути стійким від перекидання від ваги об'єкту ремонту та від прикладеної робітником сили, а їх робочі поверхні з дерева, повинні бути покритими металевим листом. Якщо верстаки встановлені поблизу проходів або звернені до інших робочих місць чи один до одного, то між ними потрібно встановити захисну стінку висотою не менше 600 мм над поверхнею столу (наприклад з густої металевої сітки).

Однією з найбільш непривабливих складових частин процесу ремонту машин є їх очищення та миття. Мийні роботи, як правило, виконують із застосуванням мийних розчинів, що містять луги а також вогнебезпечні та гарячі розчини, які інтенсивно випаровуються. Робітники під час виконання таких робіт повинні користуватися спецодягом, окулярами, рукавицями, а при потребі респіраторами. Відкриті ділянки шкіри попередньо потрібно обробляти захисними пастами і кремами. Необхідно проводити інтенсивне вентилявання приміщень мийного відділення та робочих місць де такі роботи виконуються. Особливу увагу потрібно приділяти зберіганню на робочих місцях використовуваного для витирання деталей ганчір'я та знятих консервуючих матеріалів. Такі матеріали повинні зберігатися у металевій тарі,

яка встановлюється в зоні недоступній для сонячного проміння, джерел тепла та іскроутворення.

В даний час основну частку трудомісткості ремонту складають розбирально-складальні операції які в більшості випадків виконуються вручну і значно рідше з використанням механізованих інструментів. Отже головне завдання техніки безпеки полягає у контролі за правильністю організації робочих місць, технічним станом інструментів та засобів механізації процесів розбирання і складання. Під час розбирання та складання пресових з'єднань використовувати лише інструменти відповідного типорозміру, спеціальні знімачі та інші пристрої, справні молотки, молоти, зубила, вибивачі, кернери, напрямні, надставки і інші інструменти, постійно слідкуючи за цілісністю їх ручок, відсутністю у молотків, зубил, кернерів, надставок тріщин на ударних і робочих поверхнях. Під час виконання слюсарних робіт потрібно пам'ятати, що хвостовики напилків, шаберів, ручки ножівок і інших аналогічних інструментів повинні бути надійно заправлені в дерев'яну ручку з металевим кільцем. Слюсарно-механічні роботи з використанням відрізних та шліфувальних кругів, встановлених на шпинделях з пневматичним та електричним приводом, потрібно виконувати в спецодязі, рукавицях і респіраторі.

Основні правила техніки безпеки для верстатників наступні: під час роботи на токарних верстатах заборонено використовувати спрацьовані або несправні центри, притримувати рукою відрізувану деталь, обробляти довгі деталі без люнета, працювати без захисних огорожень, залишати ключ в затискному патроні, зачищати деталі під час обертання шпинделя шліфувальним папером вручну без спеціальних тримачів, прибирати стружку з верстата під час його роботи, або руками без рукавиць, здувати її струменем стисненого повітря.

Під час роботи на свердлувальних верстатах забороняється притримувати деталі руками, закріплювати деталь під час роботи верстата, зупиняти шпиндель руками. На шліфувальних і точильних верстатах не

допускати ударів по кругу, використання круга з тріщинами та надломами, стояння навпроти круга під час роботи верстата, працювати на верстатах не оснащених гідравлічними вловлювачами пилу, підручниками для утримування деталей, прозорими захисними щитками. Після заміни круга потрібно надійно закріпити кожухи, перевірити роботу верстата на холостому ходу протягом трьох хвилин та при потребі провести балансування круга.

Під час проведення електрозварювальних робіт потрібно слідкувати за надійним заземленням обладнання. Електрокабелі не можуть мати пошкоджень ізоляції. Зварювання проводити не ближче як 5 метрів від горючих матеріалів, предметів. Особливу небезпеку становлять роботи з тарою з під паливо-мастильних матеріалів. Такі ємкості необхідно промити розчином каустичної соди або продути гарячою водяною парою, чи витримати у відпрацьованих газом двигунах не менше трьох годин, а зварювати тільки при відкритих горловинах. Біля поста електрозварювальника повинні бути протипожежні засоби, захисні щити від випромінюючої дії дуги, а якщо роботи виконуються в іншому місці, то повинні бути вжиті заходи безпеки передбачені діючими нормативними документами.

На робочих місцях повинні бути аптечки укомплектовані засобами першої допомоги, які постійно поповнюються витраченими медичними препаратами і засобами, а також проводиться заміна препаратів, що втратили термін придатності.

На дільниці потрібно постійно поновлювати наочну інформацію з питань охорони праці, утримувати в належному стані документацію проведення інструктажів, вести постійну роботу з усіма працівниками, запроваджувати в дію вимоги нових нормативних документів з охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

### **4.3. Розрахунок освітлення виробничих приміщень**

Розрахунок освітлення поводять в два етапи: природного та штучного. Природне освітлення проникає в приміщення через скло вікон і його

інтенсивність залежить від типу віконних рам, пропускну здатності скла та затінення вікон розташованими поруч будівлями і деревами, а також орієнтації будівлі майстерні стосовно сторін світу. Рівень освітленості регулюється кількістю вікон та їх загальною площею, а також залежить від використовуваного скла, типу рам, розміщення вікон у стінах та наявності навколо будівлі предметів і споруд, що можуть спричинити затінення.

Штучне освітлення розраховують на підставі нормативного світлового потоку, який визначається в залежності від виду робіт, характеристики приміщення, розміщення освітлювачів, типу світильників та освітлювальних ламп. Далі розрахунки зводяться до вибору схеми розташування світильників, визначення їх кількості і вибору типу світильника та ламп.

#### 4.3.1. Розрахунок природного освітлення

Вихідною величиною для розрахунку загальної площі вікон є значення коефіцієнта природного освітлення  $e$ , який приймається залежно від розряду зорової роботи, що визначається діючими санітарними нормами і правилами.

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення визначають за формулою [10,12,24]:

$$e_n = e * m * c, \quad (4.1)$$

де  $e$  - коефіцієнт природного освітлення, який приймаємо залежно від розряду зорової роботи,  $e = 2,0$ ;  $m$  - коефіцієнт світлового клімату.  $m = 0,9$ ;  $c$  - коефіцієнт сонячного клімату  $c = 0,8$

$$e_n = 2,0 * 0,9 * 0,8 = 1,44$$

Площу вікон (освітлювальних щілин) для забезпечення нормативного значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) виробничого приміщення визначаємо за формулою [10,12,24]:

$$S_g = e_n * S_n * \eta_n / \tau_0 * r_l * \mu, \text{ м}^2, \quad (4.2)$$

де  $e_n$  - нормативне значення КПО  $e_n=1,44$ ;  $S_n$  – площа підлоги приміщення,  $m^2$ ;  $\eta_n$  – коефіцієнт, що враховує геометричну характеристику приміщення,  $\eta_n=0,12-0,35$ ;  $\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлового проникнення вікон (світлових щілин),  $\tau_0 = 0,25-0,65$ ;  $r_1$  – коефіцієнт, що враховує колір внутрішніх стін приміщення  $r_1=1,2-2,0$ ;  $\mu$  – коефіцієнт, який враховує затінення вікон будинками, що стоять навпроти,  $\mu =0,6-1,0$

Загальну площу вікон приміщень дільниці технічного обслуговування і ремонту вантажних автомобілів визначаємо за формулою [10,12,24]:

$$\sum S_g = S_m + \sum S_z, m^2, \quad (4.3)$$

де  $S_m$  – площа вікон приміщення майстерні,  $m^2$ ;  $S_z$  – площа вікон приміщень гаражів,  $m^2$

Скориставшись формулою (4.2) визначаємо площу вікон для основного приміщення майстерні

$$S_m = 1,44 * 270 * 0,15 / 0,50 * 1,9 * 1,0 = 61,39 m^2$$

Аналогічно знаходимо площу вікон для гаражів

$$S_z = 1,44 * 300 * 0,25 / 0,45 * 1,8 * 0,9 = 148,15 m^2$$

Підставивши отримані значення у формулу (4.3) визначаємо загальну площу вікон

$$\sum S_g = 61,39 + 148,15 = 209,54 m^2$$

За обчисленою світлопропускною площею, враховуючи особливості конструкції кожної будівлі, визначають габаритні розміри і число вікон.

#### 4.3.2. Розрахунок загального штучного освітлення

Розрахунок у більшості випадків ведеться в такій послідовності: залежно від розряду зорової роботи, джерела світлосистеми освітлення, контрасту об'єктів праці, розпізнанням їх з фоном і характеристики фону, встановлюють норму освітленості; вибирають тип світильника і висоту його підвішування, після чого визначають відстань між освітлювачами та їх

кількість. При цьому враховують, що рівномірність освітлення залежить від висоти підвішування світильників і схеми їх розташування.

Розрахунки починають проводити з обчислення індексу (показника) приміщення користуючись наступною формулою [10,12,24]:

$$i = \frac{S}{H_p * (L + B)}; \quad (4.4)$$

де  $S$  – площа приміщення,  $m^2$ ;  $H_p$  – розрахункова висота підвішування світильника,  $m$ ;  $L, B$  – відповідно довжина і ширина приміщення,  $m$

Визначаємо індекс для приміщення основної майстерні

$$i_m = 270 / 3,8 ( 18 + 15 ) = 2,15$$

- для приміщення гаражів

$$i_z = 300 / 3,0 ( 33 + 9 ) = 2,38$$

Світловий потік який повинні створити всі встановлені в приміщенні освітлювальні лампи визначаємо за формулою [10,12,24]:

$$\Phi_n = \frac{E * K * S * z}{\eta}, \text{ лк} \quad (4.5)$$

де  $E$  – мінімальна нормована освітленість,  $E = 200$  лк;  $K$ - коефіцієнт запасу світлового потоку,  $K = 1,2 - 1,7$ ;  $S$  – площа приміщення,  $m^2$ ;  $z$  – поправочний коефіцієнт, який враховує нерівномірність освітлення,  $z = 1,1 - 1,4$ ;  $\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначаємо загальний світловий потік для освітлення приміщення майстерні

$$\Phi_{nm} = 200 * 1,2 * 270 * 1,1 / 0,85 = 89100 \text{ лк.},$$

- для приміщення гаражів

$$\Phi_{nz} = 200 * 1,3 * 300 * 1,3 / 0,75 = 135 200 \text{ лк}$$

Відстані між освітлювачами залежно від їх висоти підвішування знаходимо з наступного виразу [12]:

$$L_c = \gamma * H_p, \text{ м}, \quad (4.6)$$

де  $Y$  - коефіцієнт взаємного розташування світильників залежно від висоти підвісу,  $Y = 1,8 - 2,5$  (для шахового розташування),  $Y = 1,4 - 1,8$  (для лінійного розташування)

Визначаємо відстань між освітлювачами для приміщення основної майстерні

$$L_{cm} = 2,0 * 3,8 = 7,6 \text{ м}$$

- для приміщення гаражів

$$L_{cz} = 1,6 * 3,0 = 4,8 \text{ м}$$

Кількість світильників для одного приміщення визначаємо з виразу:

$$N_c = (L/L_c + 1) * (B/L_c + 1), \text{ шт.} \quad (4.7)$$

Визначаємо кількість світильників для приміщення основної майстерні

$$N_{cm} = (18/7,6 + 1) * (15/7,6 + 1) = 10,28 \text{ шт.}$$

- для приміщення гаражів

$$N_{cz} = (33/4,8 + 1) * (9/4,8 + 1) = 22,64 \text{ шт.}$$

Приймаємо 11 освітлювачів для приміщення майстерні та 23 для приміщення гаражів.

Визначаємо світловий потік який має створити одна лампа з наступного виразу:

$$\Phi_l = \Phi_n / N_c, \text{ лк} \quad (4.8)$$

Визначаємо світловий потік одного освітлювача для приміщення основної майстерні

$$\Phi_{lm} = 89100 / 11 = 8100 \text{ лк}$$

-для приміщення гаражів

$$\Phi_{lz} = 135\,200 / 23 = 5878 \text{ лк}$$

За таблицями світлотехнічних характеристик електричних ламп добирають відповідну за світловим потоком лампу та світильник в якому вона має бути встановлена, враховуючи, що світловий потік дібраної лампи може відрізнятись від розрахункового в межах 10 – 20 %.

## 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ КОЛІС

Розрахунковий економічний ефект визначаємо за формулою [1]:

$$E_p = B_p - Z_p, \text{ грн..} \quad (5.1)$$

де  $B_p$  – вартісна оцінка результатів, які отримані за розрахунковий період, грн.;  $Z_p$  – вартісна оцінка витрат, що пов'язані з використанням обладнання для заміни агрегатів і вузлів, грн.

Вартісна оцінка результатів за рік використання визначається за формулою [1]:

$$B_t = C_t * A_t * P_t, \text{ грн..} \quad (5.2)$$

де  $C_t$  – економія коштів на заміні одного агрегату або вузла;  $A_t$  – кількість одиниць використовуваного обладнання в даному році,  $A_t = 1$ ;  $P_t$  – річна продуктивність одного обладнання, шт.

Економію коштів на заміні одного агрегату або вузла визначаємо з виразу [1]:

$$C_t = e_1 + e_2 * \gamma, \text{ грн..} \quad (5.3)$$

де  $e_1$  – економія коштів на оплаті праці, грн.;  $e_2$  – економія коштів за рахунок скорочення тривалості простою автомобіля в ремонті, грн..

Економію коштів за рахунок зменшення оплати праці визначаємо за формулою [1]:

$$e_1 = c_{np} * (t_1 - t_2), \text{ грн..} \quad (5.4)$$

де  $c_{np}$  – середня годинна тарифна ставка робітника зайнятого заміною коліс,  $c_p = 150$  грн. год.;  $c_{yb}$  – середня годинна тарифна ставка робітників тимчасово;  $t_1$  – середня тривалість заміни колеса в даний час,  $t_1 = 0,33$  год.;  $t_2$  – середня тривалість заміни з використанням розробленого обладнання,  $t_2 = 0,24$  год.

Економію коштів за рахунок скорочення тривалості простою автомобілів визначаємо за формулою [1]:

$$e_2 = v_n * (t_1 - t_2), \text{ грн..} \quad (5.5)$$



де  $e_n$  – середні приведені втрати від години простою автомобіля,  $e_n = 200$  грн./год.[1].

Підставивши відповідні значення у формулу (5.4) і (5.5) отримаємо:

$$e_1 = 150 * (0,33 - 0,24) = 13,5 \text{ грн.}$$

$$e_2 = 200 * (0,33 - 0,24) = 18 \text{ грн}$$

Тоді середня економія коштів на заміні одного агрегату або вузла в 2024 році становитиме:

$$Ц_t = 13,5 + 18 = 31,5 \text{ грн.}$$

Загальну кількість запланованих заміни агрегатів і вузлів визначаємо з виразу [1]:

$$П_t = W_{np} * n_{np} + W_{yв} * n_{yв}, \text{ шт.} \quad (5.6)$$

де  $W_{np}$ ,  $W_{yв}$  – відповідно річна програма проведення ремонтів і обслуговувань  $n_{np}$ ,  $n_{yв}$  – відповідно середня кількість заміни коліс під час ремонтів та обслуговувань, шт.

Підставивши отримані значення у формулу (5.2) визначаємо вартісну оцінку результатів

$$B_t = 31,5 * 1 * 2040 = 64,26 \text{ тис. грн.}$$

Вартісну оцінку витрат визначаємо з виразу [1]:

$$З = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6, \text{ грн..} \quad (5.7)$$

де  $C_1$  – вартість виготовлення конструкторської та технологічної документації,  $C_1 = 3800$  грн.;  $C_2$  – вартість матеріалів,  $C_2 = 6200$  грн.;  $C_3$  – вартість комплектуючих,  $C_3 = 5600$  грн.;  $C_4$  – вартість виготовлення деталей,  $C_4 = 1200$  грн.;  $C_5$  – вартість складально-монтажних і налагоджувально-випробувальних робіт,  $C_5 = 1020$  грн.;  $C_6$  – витрати на організацію та підготовку виробництва за новою технологією,  $C_6 = 1000$  грн.

Значення показників  $C_1...C_6$  прийняті на підставі експертних оцінок

$$З = 3800 + 6200 + 5600 + 1200 + 1020 + 1000 = 18820 \text{ грн.}$$

Значення вартісної оцінки витрат для одного року використання визначаємо з виразу [1]:

$$З_\phi = З/T, \text{ грн..} \quad (8.8)$$

де  $T$  – термін служби обладнання даного типу,  $T = 6$  років:

$$Z_p = 18820/6 = 3,137 \text{ тис. грн./рік}$$

Підставивши отримані значення у формулу (5.1) визначаємо річний економічний ефект

$$E_p = 64,26 - 18,82 = 45,44 \text{ тис. грн.}$$

Строк окупності даного обладнання за результатами першого року використання визначаємо з виразу [1]:

$$t_{ок} = Z_p / E_p \quad (5.9)$$

$$t_{ок} = 18,82 / 45,44 = 0,41 \text{ року}$$

Отже, строк окупності обладнання буде дещо більшим чотирьох місяців.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІ

1. Сучасний стан технічного сервісу в агропромисловому комплексі можна реорганізувати за рахунок відкриття нових робочих місць надання сервісних послуг, які мають найбільший попит і можуть бути задоволеними з використаних незначних капіталовкладень.
2. Перспективним напрямком розвитку послуг технічного сервісу є обслуговування і ремонт ходової частини вантажних автомобілів, яка в умовах важких дорожніх умов агропромислового комплексу потребує особливої уваги.
3. Запропоноване в даній кваліфікаційній роботі оснащення для заміни коліс, а саме для їх механізованого відкручування, дасть змогу зменшити затрати праці на виконання операцій заміни коліс та створити кращі безпечніші умови праці.
4. Запропоновані конструкції оснащення є принципово роботоздатними і можуть бути виготовлені в умовах звичайних ремонтних майстерень.
5. Доцільність запровадження у виробництво запропонованого оснащення для заміни коліс підтверджується річним економічним ефектом в розмірі понад 45,44 тис. грн. та строком окупності дещо більшим чотирьох місяців.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аветісян В.К., Бантковський В.А., Луценко А.П., Польотов В.А., Рижов В.Г. Економіка ремонтного підприємства; За ред.. В.К. Аветісяна – Харків, ХНТУСГ, 2005 – 389 с
2. Біліченко В.В. Матеріали для сервісу та ремонту автомобілів: навчальний посібник [Електронний ресурс]. URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko\\_servis\\_ta\\_remont\\_avto/index.html#](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/index.html#)
3. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія" / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – Київ: Урожай, 2002. – 324с.
4. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І., Войцехівський С.О. «Трактори та автомобілі», Київ; Вища освіта 2003р.; с.18-22
5. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. «Трактори і автомобілі» Київ. Урожай 2002р.; с.8,11-12.
6. Будова автомобіля і трактора. Частина 3. (Трансмісія, механізми керування, ходова частина). Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Укл. Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Бивалькевич Л.М. – Чернігів: ЧНПУ, 2015. – 108 с.
7. Деталі машин. Конспект лекцій : навч. посіб. / В. О. Малащенко, Б. В. Сологуб ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2013. 152 с.
8. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів : навч. посіб. / В. О. Малащенко, В. В. Янків. Львів : Новий Світ-2000, 2013. 264с.
9. Діагностика і технологія ремонту автомобілів: підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.
10. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ: центр учбової літератури. 2009. 264 с.

11. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Олег Вікторович Захарчук. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2017. – 140 с.

12. Катренко Л.А. Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій, практикум: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2009. 240 с.

13. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. Київ : Либідь, 2018. 400 с.

14. Костів Б.І. Експлуатація автомобільного транспорту: Підручник. – Львів: Світ, 2004. – 496с.

15. Лебедєв А.Т. та інші «Трактори та автомобілі» ч.1 «Автотракторні двигуни»,Київ; Вища школа 2000р.; с.7-9.

16. Лебедєв А.Т. та інші «Трактори та автомобілі» ч.3 «Автотракторні двигуни» ,Київ; Вища школа 2000р.; с.9-13.

17. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Технологія : підручник / ЛудченкоО.А. – Київ : Вища школа, – 2007. – 527 с.

18. Лудченко, О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. – Київ : Знання-Прес, 2004. – 478 с. : іл.

19. Сукач О.М., Миронюк О.С., Паславський Р.І. Шевчук В.В. Методичні рекомендації до виконання дипломних проєктів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для студентів факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій за спеціальністю 274 "Автомобільний транспорт". Львів. ЛНУП. 2023. 50 с.

20. Підручник: Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. – Київ: Либідь, 2013. – 400 с.

21. Ремонт автомобілів: навч. посіб., кн. 1/ В. Я. Чабанний, С. О. Магопєць, О. Й. Мажейка та ін. ; за ред. В. Я. Чабанного. - Кіровоград : Центральноукраїнське вид-во, 2007. - 392 С.

22. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. - 720 с

23. Сирота В. І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: Навчальний посібник. – 2 – ге видання, виправлене та доповнене. – К.: Арістей, 2008.–288с.

24. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зачарний В.В. та ін. Основи охорони праці: Підручник. Київ: Основа, 2003. 472 с.

25. Черновол М.І., Чабанний В.Я. та ін. Технічна експлуатація автомобілів: Лабораторний практикум. – Кіровоград: РВП КНТУ, 2007. – 125 с.

26. Класифікація вантажних автомобілів <https://dolphincargo.com.ua/ua/klasifikaciya-vantazhnikh-avtomobiliv/> (дата звернення: 8.08.2023).

27. Типи і види вантажних автомобілів. <https://specmash.org.ua/article/tipi-i-vidi-vantazhnikh-avtomobiliv> (дата звернення: 8.08.2023).

28. Типи та види вантажних автомобілів. <https://www.soloviy-trans.com.ua/dlia-zamovnykiv/chy-znaiete-vy/typy-ta-vydy-vantazhnykh-avtomobiliv> (дата звернення: 8.08.2023).

29. Вантажні автомобілі, нові моделі – Київ. <https://vidi.ua/ua/new-truck/all/?page=2> (дата звернення: 8.08.2023) ()

30. Автомобілі КрАЗ. <https://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/produksiya/automobile/civil> (дата звернення: 8.08.2023).

31. Вантажівки MAN. <https://man-ag.com.ua/uk/main/truck/> (дата звернення: 8.08.2023).