

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ  
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: „Вдосконалення операцій технологічного процесу заміни окремих  
агрегатів вантажних автомобілів”

Виконав: студент 4 курсу групи Ат- 42сп

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Магач Віталій Ігорович  
(Прізвище та ініціали)

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

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**

**КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**  
**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 дипломний проєкт студенту  
*Магачу Віталію Ігоровичу*

1. Тема проєкту: „Вдосконалення операцій технологічного процесу заміни окремих агрегатів вантажних автомобілів”

Керівник проєкту: Чухрай Володимир Євгенович, к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641/к-с

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 6 червня 2024 року.

3. Вихідні дані: *науково-технічна література з питань будови, технічного обслуговування і ремонту автомобілів; технологічного оснащення для виконання операцій демонтажу і встановлення агрегатів*

4. Перелік питань, які необхідно розробити

*Вступ*

*1. Коротка характеристика коробок перемикачів передач вантажних автомобілів*

*2. Основні операції технології заміни коробки перемикачів передач*

*3. Короткий огляд обладнання для демонтажу агрегатів з автомобіля*

*4. Розробка обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів*

*5. Охорона праці*

*6. Розрахунок економічного ефекту від використання обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів*

*Висновки*

*Список використаних джерел*

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

*1-тема роботи, 2,3,4-зображення загального виду коробок передач, 5,6,7,8-загальний вигляд сучасного обладнання для заміни агрегатів автомобілів під час ремонту, 9-загальний вигляд розробленого обладнання, 10,11,12,13-зображення складових частин (вузлів) розробленого обладнання, 14-показники економічної ефективності, 15-висновки*

6. Консультанти розділів проєкту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	Чухрай В.Є к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
5				

7. Дата видачі завдання: 27 листопада 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: коротка характеристика коробок перемикачів передач вантажних автомобілів</i>	<i>27.11.2023–15.02.2024</i>	
2.	<i>Виконання розділу: основні операції технології заміни коробки перемикачів передач</i>	<i>16.02.2024–14.03.2024</i>	
3.	<i>короткий огляд обладнання для демонтажу агрегатів з автомобіля</i>	<i>15.03.2024–21.04.2024</i>	
4.	<i>Розробка обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів</i>	<i>22.04.2024–1.05.2024.</i>	
5.	<i>Написання розділу: Охорона праці</i>	<i>2.05.2024–11.05.2024</i>	
6.	<i>Виконання розділу: розрахунок економічного ефекту від використання обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів</i>	<i>12.05.2024–16.05.2024</i>	
7	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>17.05.2024–06.06.2024</i>	

Студент \_\_\_\_\_ *Віталій Магач*  
(підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ *Володимир Чухрай*

УДК 629.113:621.

Магач В. І. “Вдосконалення операцій технологічного процесу заміни окремих агрегатів вантажних автомобілів”

Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024.

51 стор. текс. част., 18 рис., 1 табл., , 26 бібліогр. джерел.

Наведено коротку характеристику коробок перемикачів передач вантажних автомобілів та приводів перемикачів різного типу. Приділено увагу елементам подібності і відмінності в конструкціях коробок передач і їх приводів. Подано основні відомості про автомобіль важкого класу КрАЗ-65053. Розглянуто основні операції заміни коробки перемикачів передач їх порядок виконання і зміст.

Виконано короткий огляд обладнання для демонтажу агрегатів з автомобіля, що серійно випускається в даний час провідними фірмами.

Розроблено конструкцію обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів, описано його будову і принцип дії, проведено розрахунок найбільш відповідальних деталей на міцність. Запропоноване обладнання призначене для утримування і відведення коробки передач по лонжеронах рами у випадках демонтажу чи заміни двигуна або ремонту зчеплення.

Розглянуто питання охорони праці.

Доцільність виготовлення і запровадження у виробництво запропонованого обладнання підтверджується розрахунковим економічним ефектом за період використання в сумі 174,8 тис. грн

## ЗМІСТ

1	<i>коротка характеристика коробок перемикання передач вантажних автомобілів</i>	7
1.1	Загальні відомості про коробки перемикання передач вантажних автомобілів	7
1.2	Коротка характеристика сучасних моделей коробок перемикання передач	9
2	<i>основні операції технології заміни коробки перемикання передач</i>	16
2.1	Основні відомості про автомобіль важкого класу КрАЗ-65053	16
2.2	Основні операції заміни коробки перемикання передач автомобіля КрАЗ	18
3	<i>короткий огляд обладнання для демонтажу агрегатів з автомобіля</i>	22
4	<i>розробка обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів</i>	27
4.1	Будова і принцип дії запропонованого обладнання	28
4.2	Розрахунок найбільш відповідальних деталей на міцність	32
4.2.1	Розрахунок балки на міцність	32
4.2.2	Розрахунок гвинта на міцність	34
4.2.3	Розрахунок струбцини	36
4.2.4	Розрахунок стикового шва втулки з пластиною на міцність	39
4.2.5	Розрахунок важеля на міцність	39
5	<i>охорона праці</i>	41
5.1	Структурно функціональний аналіз технологічного процесу заміни коробки передач	41
5.2	Вимоги техніки безпеки під час заміни коробки передач автомобіля	43
6	<i>розрахунок економічного ефекту від використання обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів</i>	45
	ВИСНОВКИ	48
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

## ВСТУП

Розробка спеціалізованого обладнання для демонтажу агрегатів вантажних автомобілів є важливою складовою сучасного автосервісу. Спеціалізоване обладнання дозволяє значно скоротити час, необхідний для демонтажу агрегатів, таких як коробки передач, двигуни, роздавальні коробки, передні осі, передні, проміжні та задні мости. Завдяки автоматизованим, роботизованим та механізованим системам оператори підрозділів технічного сервісу можуть виконувати операції демонтажу і монтажу складових елементів автомобілів швидше і з меншою витратою зусиль. Варто відзначити, що демонтаж і монтаж важких агрегатів і вузлів без спеціального обладнання може бути небезпечним для операторів. Тому використання підйомників, стендів та інших пристроїв знижує ризик травмування і аварій під час робіт.

Крім того сучасне обладнання забезпечує більш точний демонтаж і монтаж агрегатів, що запобігає пошкодженню деталей і вузлів. Це особливо важливо для складних дорогих компонентів вантажних автомобілів, де будь-яка помилка може призвести до збільшення значних витрат на реалізацію технологічних операцій ремонту.

Ремонтні робітники, які працюють з важкими агрегатами, можуть зазнавати значних фізичних навантажень. Спеціальне технологічне обладнання дозволяє зменшити це навантаження, а отже покращує умови праці і знижує ризик професійних захворювань, таких як хвороби опорно-рухового апарату.

Використання спеціалізованого обладнання дозволяє обслуговувати більше автомобілів за той самий час, що підвищує загальну продуктивність і рентабельність бізнесу. Тому нами обрано тему кваліфікаційної роботи: «Вдосконалення операцій технологічного процесу заміни окремих агрегатів вантажних автомобілів».

# 1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

## 1.1 Загальні відомості про коробки перемикання передач вантажних автомобілів

Коробка перемикання передач є одним з найважливіших компонентів трансмісії вантажних автомобілів. Вона виконує декілька ключових функцій, які забезпечують ефективність роботи транспортного засобу та його адаптацію до різних умов експлуатації, режимів руху.

Коробка перемикання передач забезпечує передачу крутного моменту від двигуна через елементи трансмісії до ведучих коліс. Це дозволяє автомобілю рухатись на різних швидкісних режимах, також і змінювати напрямок руху.

Основною функцією коробки перемикання передач є зміна передавального числа від первинного валу до вторинного. Це дозволяє двигуну працювати в оптимальному діапазоні частоти обертання при різних швидкостях руху автомобіля. Завдяки цьому підвищується економічна ефективність двигуна та забезпечується оптимальна витрата палива.

Коробка передач забезпечує можливість руху заднім ходом, що необхідно для маневрування під час завантаження, розвантаження та виконання різних операцій маневрування. У разі необхідності, коробка перемикання передач дає можливість роз'єднати двигун і трансмісію, що потрібно під час зупинки автомобіля без вимикання працюючого двигуна. Коробка передач перемикання дозволяє змінювати швидкість руху автомобіля та регулювати тягове зусилля на колесах. Це важливо для адаптації до різних дорожніх умов і навантажень.

Змінюючи передаточне число, коробка перемикання передач дозволяє двигуну працювати в оптимальному режимі, знижуючи знос та підвищуючи ефективність його роботи. Правильний вибір передачі водієм допомагає зменшити витрату палива, оскільки двигун працює більш ефективно в певному діапазоні частоти обертів.

Коробка перемикання передач сприяє безпеці водіння, дозволяючи легко змінювати швидкість і реверсивний напрямок руху, що особливо відчутно під час руху на крутих підйомах та спусках. Наявність синхронізаторів забезпечує комфорт водія за рахунок плавного перемикання передач і зменшує ударні навантаження на інші елементи трансмісії.

За рахунок правильного вибору передачі, коробка перемикання передач дозволяє вантажному автомобілю ефективно виконувати свою роботу, перевозити важкі вантажі і працювати в складних дорожніх умовах. Звичайно, що при механічних коробках передач багато залежить від вправності водія.

Найпоширеніший тип коробок передач, що використовуються у вантажних автомобілях вимагають від водія ручного перемикання передач.

Автоматичні коробки передач здійснюють перемикання передач автоматично, що підвищує комфорт водія, але може бути менш ефективним у порівнянні з механічними коробками в деяких специфічних умовах експлуатації автомобілів.

Автоматизовані механічні коробки передач (АМТ) поєднують переваги механічних та автоматичних коробок передач, забезпечуючи автоматичне перемикання передач при збереженні високої ефективності використання автомобілів.

Коробка передач є важливим компонентом, що забезпечує ефективність, надійність та безпеку вантажних автомобілів, допомагаючи їм виконувати складні завдання у важких умовах експлуатації.



## 1.2 Коротка характеристика сучасних моделей коробок перемикування передач

На сьогоднішній день є дуже велика різноманітність коробок передач вантажних автомобілів. Серед освоєних виробництвом моделей є різні за чисельністю передач [3,6,8,10,11,23].

Принципові конструктивні ознаки коробок передач вантажних автомобілів за якими їх можна класифікувати є наступні. Коробки передач вантажних автомобілів можуть відрізнятися за декількома основними конструктивними ознаками. Нижче наведено основні з них.

Механічні (ручні) коробки передач (МКПП): вимагають ручного перемикування передач водієм. Зазвичай мають синхронізатори для полегшення перемикування передач.

Мають переваги: висока ефективність, надійність, дешевизна в обслуговуванні;

– мають недоліки: вимагають фізичних зусиль водія, можуть бути складними для новачків.

Автоматичні коробки передач (АКПП): перемикування передач здійснюється автоматично без втручання водія.

Мають переваги: Зручність у використанні, менше втомлюваності водія;

– мають недоліки: вища вартість, складність в обслуговуванні, потенційно більша витрата палива.

Автоматизовані механічні коробки передач (АМТ): комбінація механічної коробки передач з автоматичною системою перемикування.

Мають переваги: підвищена ефективність, зручність в експлуатації, економія палива;

– мають недоліки: складність конструкції, вища вартість.

Невелика кількість передач (4-6) зазвичай використовуються в легких вантажних автомобілях, що в більшості випадків використовуються в міських умовах.

Середня кількість передач (8-12) є оптимальною для більшості вантажних автомобілів, що дозволяє добре збалансувати потужність і економічність.

Велика кількість передач (16 і більше) використовується в важких вантажних автомобілях для забезпечення кращої керованості і оптимальної роботи двигуна при різних ступенях навантаження.

Наявність і тип синхронізаторів має більшість сучасних коробок передач, що забезпечує плавне перемикання передач і знижує знос компонентів трансмісії. Деякі спеціалізовані або старі моделі коробок передач можуть не мати синхронізаторів, або мати їх не на всіх передачах, що вимагає від водія високої кваліфікації. Також відмінність коробок перемикання передач визначається типом приводу [8,10,11,23]:

- гідравлічний привод: використовує гідравлічну рідину для керування зчепленням, забезпечуючи плавність і легкість управління;

- пневматичний привод: використовує стиснене повітря для керування зчепленням, що часто використовується у важких вантажівках;

- механічний привод: зазвичай використовується в старіших або більш простих моделях, потребує більших фізичних зусиль.

Поділ за способом змащування є наступним:

- піддонне змащування: змащування здійснюється маслом, яке знаходиться в піддоні коробки передач;

- циркуляційне змащування: використовується насос для циркуляції масла по коробці передач, що забезпечує кращу змазку компонентів.

За системою розташування елементів передач заднього ходу:

- Окрема передача заднього ходу: має окремий важіль для включення задньої передачі.

– інтегрована передача заднього ходу: задня передача інтегрована з основним перемиканням передач.

Отже, вибір типу коробки передач для вантажного автомобіля залежить від ряду факторів, таких як умови експлуатації, вимоги до ефективності, надійності і комфорту, типу двигуна, вагових характеристик. Принципові конструктивні ознаки допомагають визначити, яка коробка перемикання передач найкраще підходить для конкретних потреб і умов використання.

З багатьох коробок перемикання передач є певні марки і моделі які впродовж багатьох років показали свою надійність в роботі і знайшли широке застосування. Одна з таких коробок показана на рисунку 1.1.

Коробка передач ZF 16S2220TD є 16-ступінчастою механічною коробкою передач, розробленою для використання у важких вантажних автомобілях. Вона забезпечує високу надійність і ефективність передачі крутного моменту. Розглянемо конструкцію та принцип роботи цієї коробки передач [23].

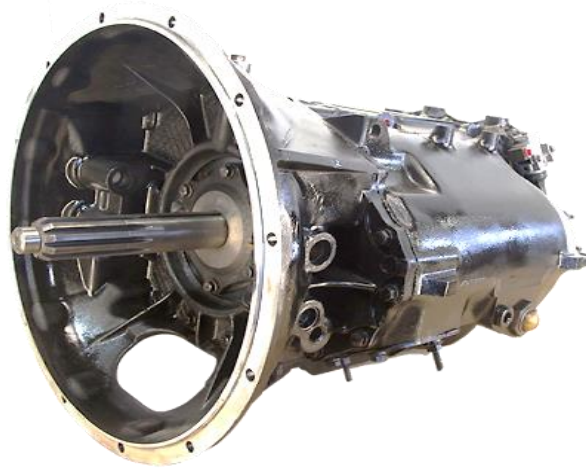


Рисунок 1.1 Загальний вигляд коробки перемикання передач ZF 16S2220TD

Коробка передач ZF 16S2220TD використовується в різних моделях важких вантажних автомобілів. Основні виробники, які встановлюють цю

коробку передач на свої транспортні засоби, включають: IVECO, DAF, Renault [22,23].

Коробка передач ZF 16S2220TD встановлюється на деякі моделі важких вантажних автомобілів IVECO, таких як IVECO Stralis та IVECO Eurocargo, також використовується на моделях вантажівок MAN, відомих своєю надійністю та довговічністю, DAF Trucks.

Ця коробка передач відома своєю надійністю та здатністю витримувати великі навантаження, що робить її популярним вибором для виробників важких вантажних автомобілів.

Широкого застосування отримала коробки передач Volvo I-Shift загальний вигляд якої показано на рисунку 1.2.

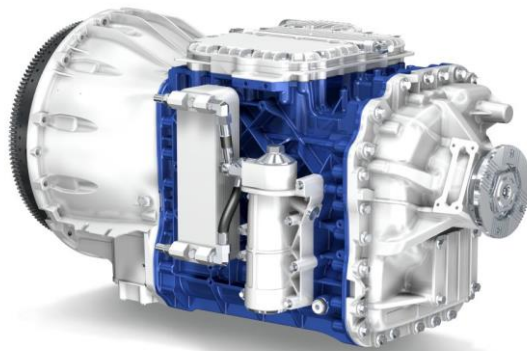


Рисунок 1.2 Загальний вигляд коробки перемикач передач Volvo I-Shift

Це автоматизована механічна коробка передач (АМТ), розроблена спеціально для важких вантажних автомобілів. Вона поєднує в собі переваги механічних коробок передач та автоматичних систем керування для забезпечення плавного, економічного та зручного водіння. Повністю автоматизована система: Водієві не потрібно вручну перемикачати передачі, що зменшує фізичне навантаження і підвищує комфорт водіння. Коробка використовує електроніку для управління зчепленням і перемикачанням

передач. Оптимізоване перемикання передач: Система завжди вибирає найбільш економічні передаточні числа для поточних умов руху, що зменшує витрати палива. Завдяки плавному перемиканню передач зменшується знос елементів трансмісії [3,6,11].

На рисунку 1.3 показано загальний вигляд коробки передач Mercedes-Benz PowerShift 3. Це автоматизована механічна коробка передач (АМТ), що поєднує переваги механічної трансмісії з автоматичним керуванням. Вона має до 12 передач вперед і декілька передач назад, що забезпечує оптимальний розподіл тяги і економію палива. Система електронного керування відповідає за вибір оптимальної передачі в залежності від умов руху, що підвищує ефективність і знижує зношення. Спеціальні конструктивні рішення знижують рівень шуму і вібрацій під час роботи коробки передач на всіх режимах [22,23]..

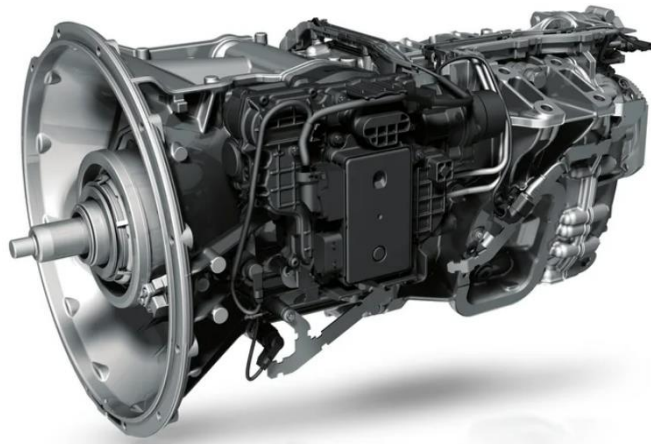


Рисунок 1.3 Загальний вигляд коробки перемикання передач Mercedes-Benz PowerShift 3

На рисунку 1.4 показано загальний вигляд коробки перемикання передач ЯМЗ-2381-31. Дана коробка має декілька важливих конструктивних особливостей, які забезпечують її надійність та ефективність використання. Вона механічна, з ручним перемиканням передач, має 8 передач вперед і 1

передачу назад, обладнана синхронізаторами на всіх передачах, крім першої та задньої, що забезпечує плавне та безшумне перемикання передач. Вали коробки, з метою забезпечення компактності конструкції, розташовані в двох паралельних площинах. Всі зубчаті колеса мають косі зуби, що знижує рівень шуму та підвищує їх міцність. У деяких модифікаціях даної коробки передбачена система охолодження оливи, що дозволяє знижувати температуру під час роботи в умовах високих навантажень [8,11].

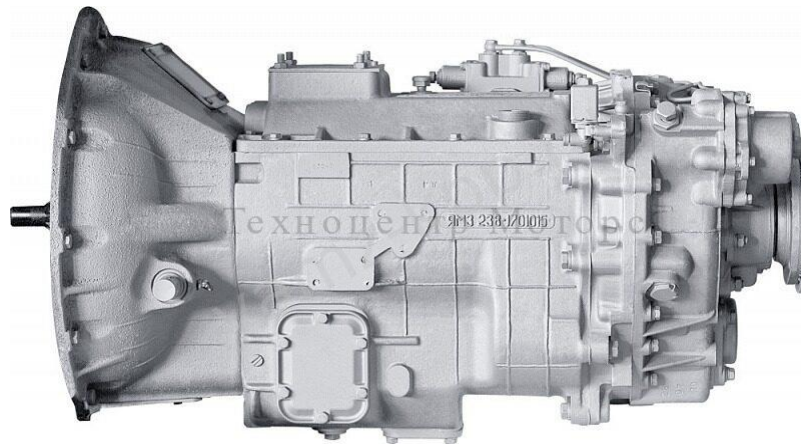


Рисунок 1.4 Загальний вигляд коробки перемикання передач ЯМЗ-2381-31

Аналізуючи розглянуті конструкції коробок перемикання передач можна зробити висновок що вони мають подібну зовнішню геометрію та функціональне призначення. Аналіз вагових характеристик вказує, що вага коробки перемикання передач

Вага коробки перемикання передач ZF 16S2220TD становить приблизно 350-370 кг., Volvo I-Shift залежно від моделі, але в середньому вона становить близько 330-350 кг. Вага коробки перемикання передач ЯМЗ-2381-31 становить приблизно 355 кг. Вага коробки перемикання передач Mercedes-Benz PowerShift 3 залежить від конкретної модифікації і в середньому вона становить приблизно 250-300 кг.

Отже вага даних коробок перемикання передач, в залежності від конкретних модифікацій і додаткових опцій, встановлених на коробках

передач знаходиться в межах від 250 кг до 370 кг. А це стверджує потребу використання спеціального оснащення для їх демонтажу з автомобілів.

## 2. ОСНОВНІ ОПЕРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМІНИ КОРОБКИ ПЕРЕМІНИ ПЕРЕДАЧ

### 2.1 Основні відомості про автомобіль важкого класу КрАЗ-65053

На даний час досить широко використовуються автомобілі марки КрАЗ, як такі, що мають значну кількість різних модифікацій та за свою надійність, особливу у важких умовах використання. На рисунку 2.1 показано загальний вигляд автомобіля важкого класу КрАЗ-65053. Він використовується як універсальне шасі для переоснащення в цілу лінійку модифікацій.



Рисунок 2.1 Загальний вигляд автомобіля важкого класу КрАЗ-65053

Для організації робочого місця проведення робіт з діагностики, технічного обслуговування та ремонту автомобіля потрібно мати достатню інформацію про особливості його конструкції. Це, зокрема, потрібно для визначення потрібної площі постів на яких будуть виконувати роботи з демонтажу і встановлення агрегатів і вузлів автомобіля. На рисунку 2.2



показано геометричні параметри автомобіля важкого класу КрАЗ-65053. Наведена інформація далі використовується при розробці конструкції обладнання для заміни коробок перемикання передач

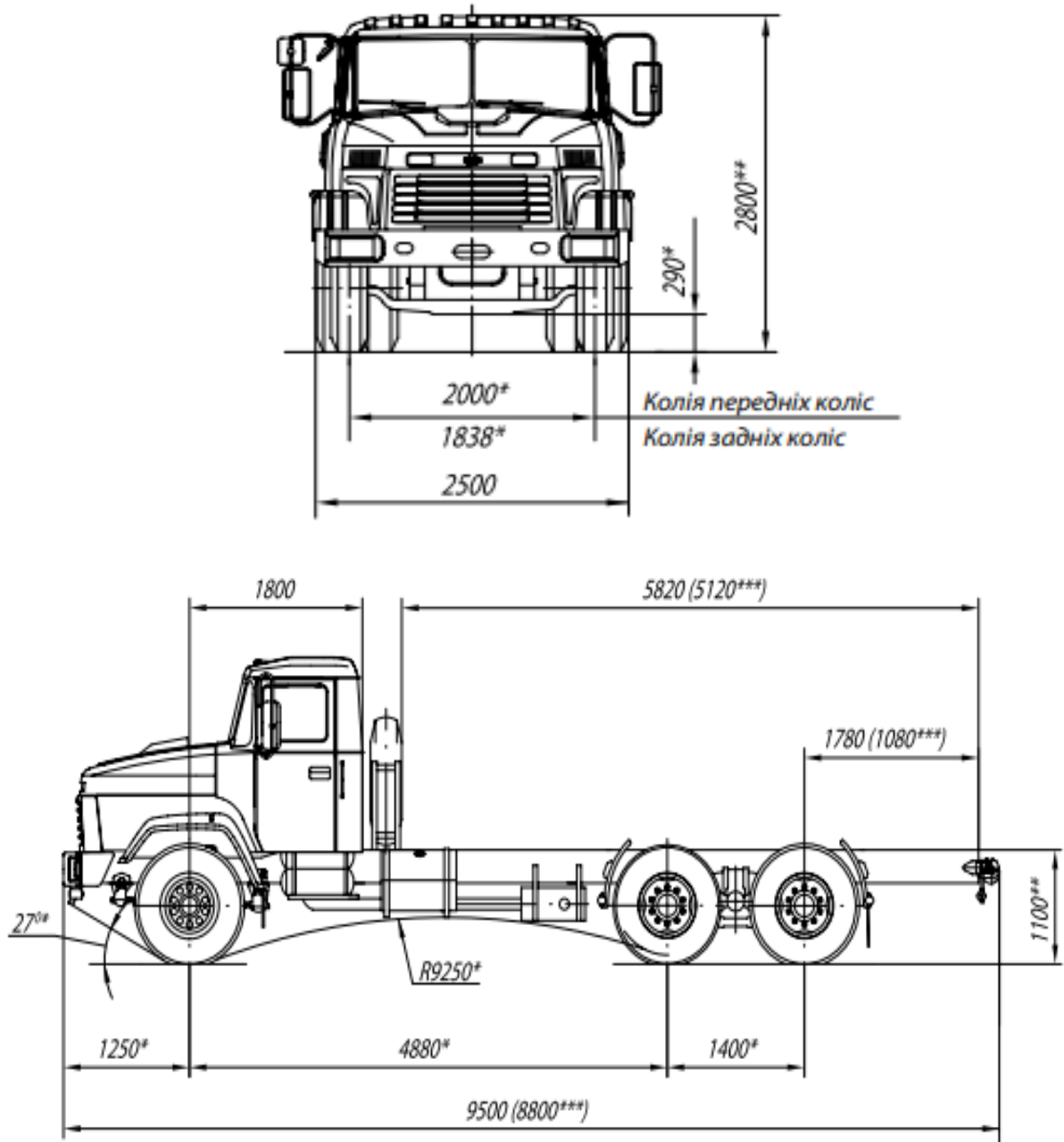


Рисунок 2.2 Геометричні параметри автомобіля важкого класу КрАЗ-65053

Колісна формула автомобіля: 6 х 4; колісна база – 4880+1400 мм; довжина монтажної рами для різних модифікацій – 5120-5820 мм; споряджена вага автомобіля – 9500 кг; повна допустима вага автомобіля 30500 кг; вантажопідйомність – 21000 кг. Двигун автомобіля дизельний з наддувом турбіною. Потужність двигуна залежно від модифікації знаходиться в межах 300-375 к.с. Коробка перемикачів передач дев'яти ступенева механічна. Використовувані шини 12.00R20. Паливний бак має об'єм 250 л. Максимальна допустима швидкість 90 км/год.

## 2.2 Основні операції заміни коробки перемикачів передач автомобіля КрАЗ

Встановити автомобіль на рівній горизонтальній поверхні з твердим покриттям, на естакаді або над оглядовою канавою та загальмувати його стоянковим гальмом. Вимкнути двигун та від'єднайте акумулятори від електричної мережі автомобіля. Для уникнення самовільного переміщення автомобіля в процесі виконання операцій технічного сервісу заблокувати передні і задні колеса з обох боків спеціальними упорами. Якщо передбачається знімання коробки перемикачів передач то потрібно викрутити пробки з зливних отворів коробки передач, злити оливу з картерів основної та додаткової коробок, закрутити пробки на місце та затягнути їх.

Послідовність виконання операцій демонтажу коробки перемикачів передач може бути наступною. Зняти килимки підлоги, чохол кожуха та кожух над турбонагнітачем, кришки переднього та заднього люків підлоги в кабіні.

Від'єднати пневматичний привод робочого циліндра приводу зчеплення, що йде до коробки передач. Зняти поворотну пружину пневматичного поршня, від'єднати робочий циліндр у зборі з важелем валу вилки виключення зчеплення від картера коробки перемикачів передач, не від'єднуючи пневматичний привод і гідравлічний привод.

Від'єднати електропровід від вимикача додаткової коробки передач.

На рисунку 2.3 показано елементи кріплення силового агрегату на рамі з коробкою передач ЯМЗ-2381-31 [3,6,8,10,11]. Позиції позначені на рисунку 2.3 мають наступне найменування: 1 – болт кріплення скоби опорної; 2 – шайба; 3 – гайка кріплення скоби опорної; 4 – болт кріплення скоби опорної; 5 – шайба пружна; 6 – гайка кріплення балки передньої опори; 7 – гайка кріплення скоби опори; 8 – шайба пружна; 9 – шпилька; 10 – скоба опори; 11 – кронштейн правий; 12 – подушка опори; 13 – балка передньої опори; 14 – кронштейн лівий; 15 – болт; 16 – коса шайба; 17 – шайба; 18 – гайка; 19 – кронштейн балки задньої опори; 20 – балка задньої опори; 21 – болт; 22 – шайба регульовальна (між кронштейном 19 і балкою задньої опори 20); 23 – втулка розпірна; 24 – шайба; 25 – гайка кріплення балки задньої опори; 26 – гайка; 27 – шайба пружна; 28 – болт кріплення пластини; 29 – кронштейн задньої опори; 30 – подушка задньої опори; 31 – пластина балки; 32 – болт кріплення пластини.

Послідовно зняти скобу 10, подушку 12, балку задньої опори двигуна 20, регульовальні шайби 22 і розпірну втулку 23.

Від'єднати від коробки передач і зняти кронштейн прийомної труби системи випуску газів.

Встановити пристосування в кабінку, закріпити коробку передач тросом пристосування, натягнути трос (або, у разі відсутності пристосування, підвести захоплювачі крана під коробку).

Перед тим як зняти карданний вал, за допомогою крейди або маркера позначити положення фланців карданного валу відносно фланців коробки перемикачів передач і тягового моста. Це потрібно для подальшого встановлення валу в правильне положення, щоб уникнути його дисбалансу та вібрації. Відкрутити та зняти захисні кожухи та кришки, що закривають карданний вал, Далі відкручують кріплення карданного валу до фланця

коробки перемикавання передач і до фланця ведучої шестерні тягового моста. Після від'єднання переднього кріплення карданного валу, підставляють під нього підставку або фіксують його, щоб запобігти падінню. За потреби карданний вал відправляють на робоче місце його дефектування та ремонту. Використовуючи відповідні ключі, відкрутити болти або гайки, що кріплять карданний вал до фланця коробки передач.

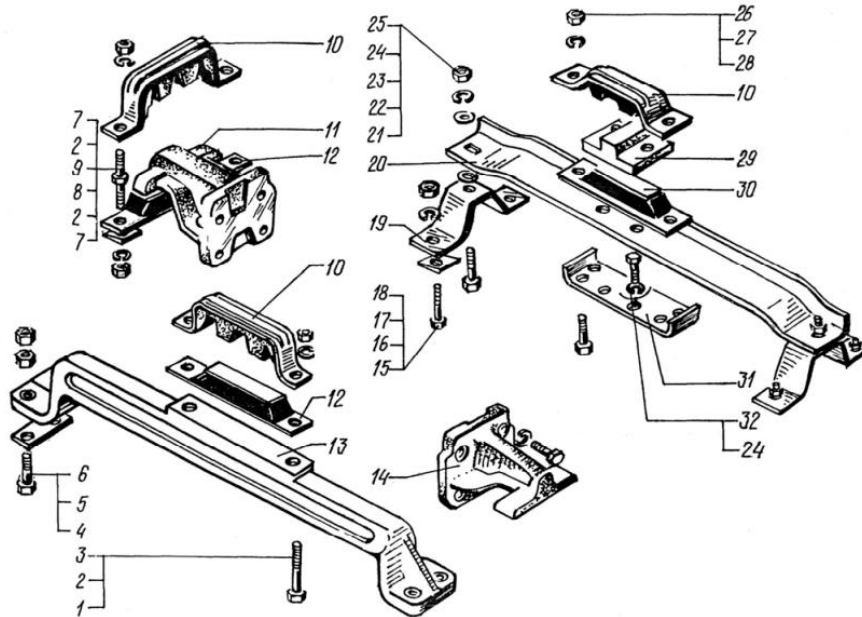


Рисунок 2.3 Елементи кріплення силового агрегату на рамі з коробкою передач ЯМЗ-2381-31

Після цього піднімають задню частину автомобіля за допомогою домкратів та встановити опори під раму щоб зняти задні колеса і забезпечити кращий доступ до коробки перемикавання передач. Наступним кроком від'єднати решту електричних та механічних з'єднань, що підключені до коробки перемикавання передач.

Від'єднати коробку передач від картера маховика, зняти кронштейн поворотної пружини. Ввімкнути першу передачу в коробці перемикавання передач і обережно перемістити коробку назад до повного виходу шліцевого кінця первинного валу за межі кожуха зчеплення.

Опустити коробку передач на підставлений візок, зняти лінву пристосування (або опустити захоплювачі крана чи лебідки), вивезти коробку перемикачів передач з-під автомобіля.

Слід відзначити, що описана технологія передбачає опускання коробки вниз під раму автомобіля безпосередньо на підлогу або на візок.

При встановленні коробки передач ЯМЗ-2381-31 карданні вали від коробки перемикачів передач до проміжної опори або середнього тягового моста мають наступні каталожні номери.

Для автомобіля КрАЗ-65055, КрАЗ-64431 – 65055-2205006-20 – карданний вал від коробки перемикачів передач до середнього тягового моста.

Для автомобіля КрАЗ-65053 – 65055-2218010-10 – карданний вал від коробки перемикачів передач до проміжної опори – двоступеневому редуктору.

Встановлення коробки передач проводиться в зворотному порядку.

### 3. КОРОТКИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ АГРЕГАТІВ З АВТОМОБІЛЯ

Для демонтажу коробок передач вантажних автомобілів використовуються спеціальні стенди, які забезпечують зручність, безпеку та ефективність робіт. Ось деякі з них [22,23].

Відомий виробник МАНА пропонує стенди, які забезпечують легкість і точність робіт з коробками передач. Стенди мають гідравлічні підйомники, що дозволяють піднімати та утримувати коробку передач під час демонтажу та монтажу.

Стенди для коробок передач OMCN оснащені гідравлічними домкратами та мають регульовану платформу для точного розташування коробки передач. Це дозволяє безпечно піднімати, переміщувати та встановлювати коробку передач.

Стенд для демонтажу коробок передач Werther забезпечують зручність та безпеку робіт завдяки гідравлічним підйомникам і регульованим кронштейнам. Вони підходять для роботи з важкими коробками передач вантажних автомобілів.

Стенди для демонтажу коробок передач НРММ відрізняються міцною конструкцією та високою вантажопідйомністю. Вони мають різноманітні регулювання, що дозволяють підлаштовувати стенд під конкретні моделі коробок передач.

На рисунку 3.1 показано стенд для демонтажу та монтажу коробок передач Hercules призначений для роботи з важкими агрегатами. Такі стенди мають гідравлічну систему підйому та можливість обертання платформи для зручного доступу до всіх частин коробки передач [22,23].

Стенди для демонтажу та монтажу коробок перемикування передач Hercules призначені для роботи з важкими агрегатами, ці стенди також мають

гідравлічну систему підйому та можливість обертання платформи для зручного доступу до всіх частин коробки передач.



Рисунок 3.1 Загальний вигляд складових частин стенда для демонтажу та монтажу коробок передач Hercules

На рисунку 3.2 показано керовану опору стенда Hercules. Її особливості полягають в тому, що вона кріпиться на шарнірах з гвинтовими парами, що дає можливість регулювати кут нахилу платформи в двох площинах. Отже коробку передач можна орієнтувати в просторі відносно до інших агрегатів і вузлів автомобіля.



Рисунок 3.2 Керована опора стенда Hercules

На рисунку 3.3 показано стенд для демонтажу та монтажу коробок передач Hercules привод гідравлічного домкрата стенда Hercules.



Рисунок 3.3 Привод гідравлічного домкрата стенда Hercules

Основу стенда становить домкрат G02101 вантажопідйомність 0,5 т і висотою підйому 1,75 м. Однією з головних переваг даного домкрата є подвійний захист його кільцевого ущільнення, який забезпечує відсутність витоків оливи навіть після багатьох років інтенсивного використання. А це гарантує тривалу експлуатацію без необхідності частого обслуговування. Поверхнево-цементований поршень - ще одна інноваційна особливість цього домкрата. Завдяки спеціальній технологічній обробці, поверхня циліндра стає значно більш стійкою до зносу, подряпин та інших пошкоджень, що забезпечує довгий термін служби пристрою без відмов.

Серед оснащення, що використовується для демонтажу коробок перемикачів передач також відомий домкрат Mar-Pol M80415 загальний вигляд якого показано на рисунку 3.4. Цей домкрат є професійним і забезпечує швидкий та безпечний підйом коробок передач або інших агрегатів, з достатньою зручністю і надійністю під час роботи. Його вантажопідйомність



становить до 0,5 тони (5000 Н). платформа домкрата має діапазон переміщення від мінімального значення 1100 мм до максимального значення 1800 мм.

До основних недоліків даного домкрата можна віднести відсутність елементів фіксації на платформі агрегатів, що демонтуються або встановлюються. Також не передбачено їх орієнтацію у просторі.



Рисунок 3.4 Загальний вигляд домкрата Mar-Pol M80415

В багатьох випадках коробку передач знімають для того щоб демонтувати двигун або зняти деталі муфти зчеплення. В таких випадках її достатньо тільки відвести на певну відстань вздовж лонжеронів рами від двигуна. тому в даній кваліфікаційній роботі ми пропонуємо відповідне технологічне оснащення

Швидкий і ефективний демонтаж та монтаж агрегатів зменшує час простою вантажних автомобілів. Це особливо важливо для комерційного транспорту, де кожен день простою може призвести до значних фінансових втрат.

Розробка і впровадження спеціалізованого обладнання допоможе підрозділам технічного сервісу відповідати сучасним стандартам якості і безпеки, що підвищить їх конкурентоспроможність на ринку замовлень.

Потреба в розробці спеціалізованого обладнання для демонтажу агрегатів вантажних автомобілів є обґрунтованою з точки зору підвищення ефективності, безпеки та якості робіт. Таке обладнання дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників, підвищити продуктивність підрозділів технічного сервісу і забезпечити відповідність сучасним стандартам, що в кінцевому підсумку призводить до зниження витрат і підвищення рентабельності підприємств.

#### 4. РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ АГРЕГАТИВ ТРАНСМІСІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Для заміни двигуна, муфти зчеплення або ремонту коробки передач необхідно зняти останню. Ці операції є трудомісткими, вимагають багато часу і спеціального обладнання, яке не завжди доступне в господарствах. Тому виникає потреба в розробці обладнання, яке дозволить фіксувати коробку передач у потрібному положенні без її знімання з автомобіля під час заміни двигуна або муфти зчеплення, а також встановлювати її на спеціально обладнаний домкрат на візку для ремонту, що забезпечить можливість орієнтації коробки під час монтажу.

Однією з причин створення такого обладнання є необхідність виконання демонтажу та монтажу двигуна і агрегатів трансмісії в різних умовах (оглядові ями, естакади, відкриті майданчики, дорожні умови). Відоме технологічне обладнання може бути непридатним для використання через конструктивні особливості, наприклад, більшість підйомників не можна використовувати без оглядової ями. Тому необхідно розробити обладнання, яке можна використовувати в будь-яких умовах.

Розроблюване обладнання має бути легко встановлюваним і знімним з автомобіля, надійно кріпитися і фіксувати коробку передач, запобігаючи її падінню, що може призвести до травм. Воно повинно підходити для встановлення на гаражні домкрати. Конструкція повинна бути простою, зручною у використанні і не ускладнювати доступ до інших вузлів та агрегатів. Вона має бути такою, щоб її можна було виготовити в умовах ремонтної майстерні, гаражу або на відкритому майданчику.

Під час демонтажу двигуна, муфти зчеплення та коробки передач обладнання повинно забезпечити швидке роз'єднання муфти зчеплення від

коробки передач, а під час монтажу - центрування первинного валу коробки передач у веденому диску муфти зчеплення та взаємну орієнтацію отворів коробки передач і кожуха муфти зчеплення.

#### 4.1 Будова і принцип дії запропонованого обладнання

Розроблюване обладнання призначене для заміни коробки передач і фіксування коробки передач в заданому положенні під час знімання і встановлення двигуна та муфти зчеплення.

Обладнання для заміни, утримування і координування коробки перемикачів складається з балки 1 (рисунок 4.1), з горизонтальними затискачами 2, двох шарнірів 3 і струбцини 4.

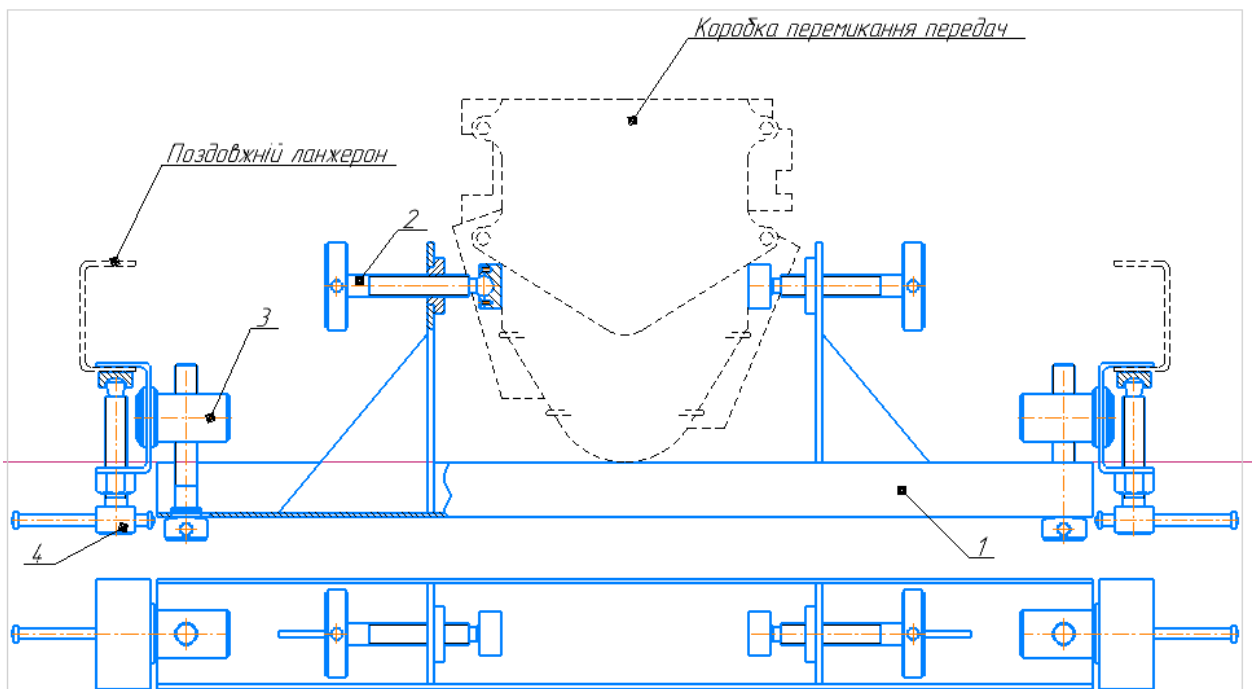


Рисунок 4.1 Загальний вигляд обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів

Балка 1 (рисунок 4.2) являє собою зварну конструкцію на основі швелера до якого приварені дві пластини 2, в отворах яких встановлені і приварені різьбові втулки 3. Між пластинами 2 і балкою 1 приварені косинці 4.

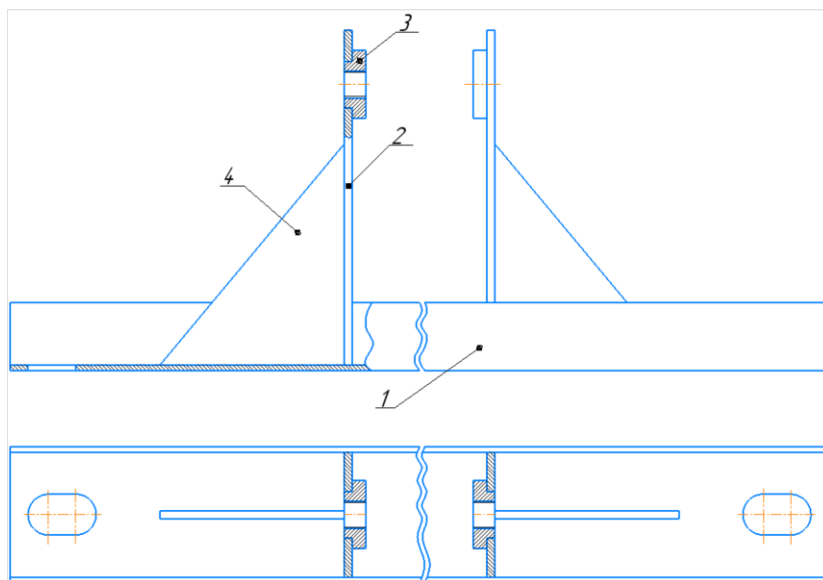


Рисунок 4.2 Балка опорна поперечна

Горизонтальний затискач 2 (рисунок 4.3) складаються з затискного гвинта 1, на одному кінці якого встановлений маховик 2, зафіксований трубчастим штифтом 3, протилежний кінець затискного гвинта 1 виготовлений у вигляді сфери на якій встановлена п'ята 4, з сухариками 5, прикріпленими до п'яти гвинтами 6.

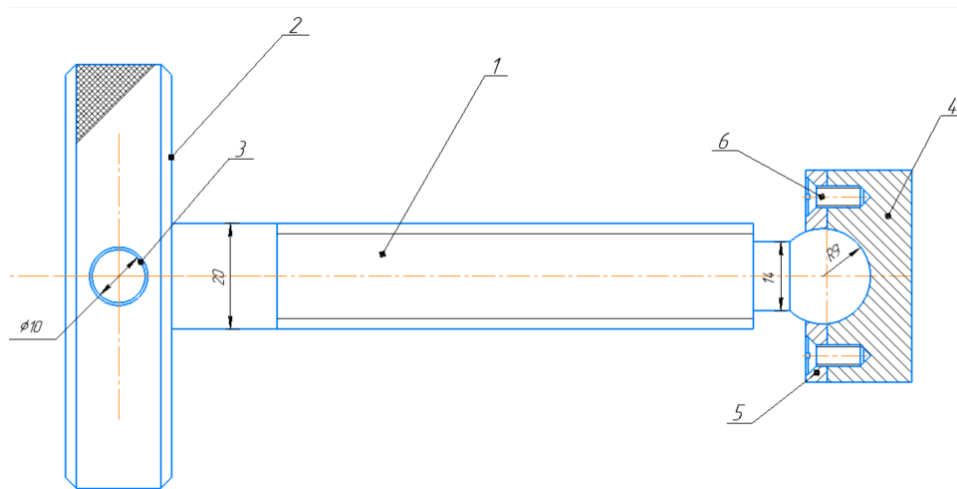


Рисунок 4.3 Горизонтальний затискач

Шарнір 3 (рисунок 4.4) складається з осі 1, в яку вкручений підвісний гвинт 2, на шийці підвісного гвинта встановлене штопорне кільце 3, у двох канавках осі встановлені штопорні кільця 4, між якими розміщені шайби 5.

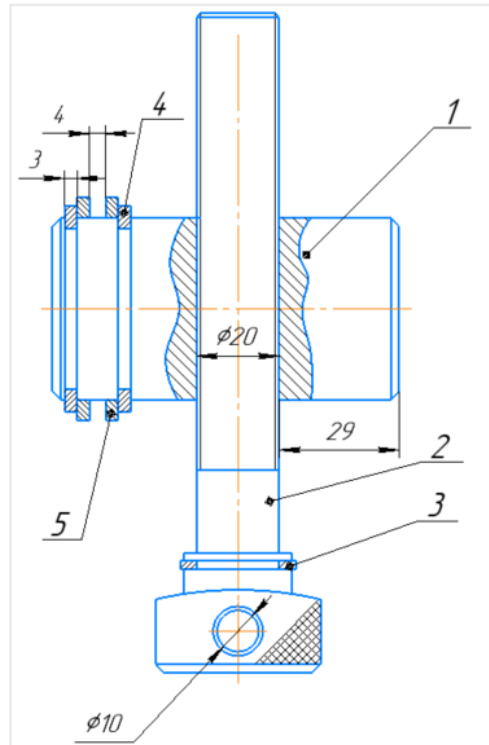


Рисунок 4.4 Шарнір підвісу балки

Струбцина 4 (рисунок 4.5) складається з основи 1, виготовленої з швелера №10 з привареною гайкою, в яку вкручений гвинт 2, на кінці різьбової частини якого встановлений затискач 3, що утримується за допомогою вставленого в канавку затискача стопорного кільця 4.

Обладнання працює наступним чином. Перед встановленням пристрою на автомобіль обертають маховики горизонтальних затискачів і максимально розводять п'яти одна відносно одної. Обертаючи один із підвісних гвинтів встановлюють осі шарнірів на однакову висоту відносно балки, гвинти струбцини викручують так щоб між затискачами і полицками швелера струбцини утворився зазор не менше 20мм. Підводячи обладнання під коробку передач, в місці кріплення карданного валу до фланця коробки передач

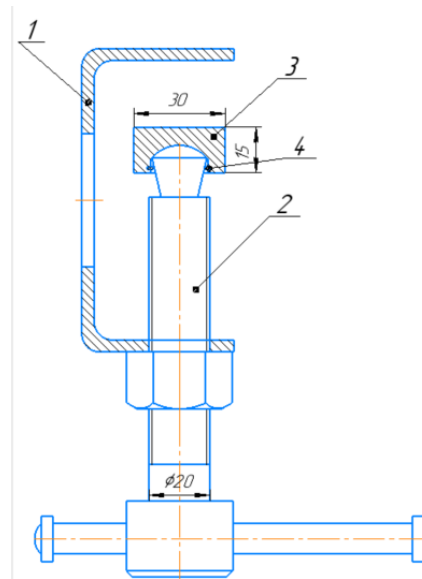


Рисунок 4.5 Струбцина кріплення пристрою до лонжерона рами автомобіля

встановлюють балку діагонально між повздовжніми лонжеронами рами, підносять її вгору і повертають перпендикулярно до повздовжніх лонжеронів слідкуючи за тим щоб нижні полицки лонжеронів рами зайшли в проміжок між верхньою полицкою струбцини і затискачем. Пересувають обладнання вздовж осі автомобіля так щоб балка обладнання була приблизно посередині довжини коробки передач. Зміщуючи на потрібну величину балку вздовж осі автомобіля і у вертикальному положенні знаходять таке положення коли коробка передач торкнеться балки, а навпроти п'яток горизонтальних затискачів будуть плоскі поверхні картера коробки передач в такому положенні затискають гвинт струбцини і гвинти горизонтальних затискачів. Після цього потрібно від'єднати лінву приводу спідометра, тягу стоянкового гальма, та зняти важіль перемикання передач разом з кришкою і механізмом переключення передач, від'єднати карданний вал від фланця коробки передач. Після цього від'єднують кріпильні елементи короби від кожуха муфти зчеплення. Далі, відкручують на 1 – 1,5 оберти гвинти струбцини і для заміни муфти зчеплення відтягують по поздовжніх лонжеронах рами пристрій разом з коробкою передач в сторону до заднього моста.

Для заміни або ремонту коробки передач під пристрій встановлюють гаражний домкрат, або спеціально оснащений візок з домкратом. На домкраті за допомогою струбцин фіксують балку пристрою. Після цього з шарнірів викручують гвинти підвіски. Далі керуючи домкратом опускають коробку і вивозять її за межі автомобіля.

За наявності гідравлічних домкратів в оглядових канавах пристрій так само може використовуватися за своїм призначенням під час знімання і встановлення коробок передач.

Під час з'єднання коробки передач з двигуном пристрій дає можливість повертати коробку передач на певний кут довкола осі первинного валу пересувати її в поперечному напрямку горизонтальними гвинтами, опускати або піднімати коробку передач як синхронно так і з одного боку, а також нахилити первинний вал у вертикальній площині. Такі маніпуляції дають змогу значно скоротити час заміни коробок передач, уникнути пошкодження деталей та створити належні умови праці.

## 4.2 Розрахунок найбільш відповідальних деталей на міцність

### 4.2.1 Розрахунок балки на міцність

На балку діє зосереджена сила  $P=900\text{Н}$ . Довжина балки  $l=84\text{см}$ , переріз балки швелер, матеріал Ст. 3 для якої  $[\sigma]=160\text{МПа}$ ;  $[\tau]=100\text{МПа}$ .

Вибираємо переріз балки з умови міцності за нормальними напруженнями [18].

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W \quad (4.1)$$

де  $M_{\max}$  – максимальний згинаючий момент, Нм;

$W$  – момент опору перерізу,  $\text{Н/см}^3$ .

Найбільший згинаючий момент буде в середньому перерізі балки:

$$M_{\max} = P \cdot l / 2 \quad (4.2)$$



$$M_{\max} = 900 \cdot 0.84 / 2 = 378, \text{ Нм}$$

З умови міцності:

$$W = \frac{M_{\max}}{[\sigma]}, \text{ м}^3 \quad (4.3)$$

$$W = \frac{378}{160 \cdot 10^6} = 2,36 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3$$

З таблиць сортаменту [7] вибираємо сталевий гнучий швелер №10 з рівними полицками для якого  $W=5,07 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

Найбільша поперечна сила буде в опорному перерізі:

$$Q_{\max} = \frac{P \cdot 0,5 \cdot l}{l}, \text{ Н} \quad (4.4)$$

$$Q_{\max} = \frac{900 \cdot 0,5 \cdot 0,84}{0,84} = 450, \text{ Н}$$

Перевіримо міцність балки за допустимими напруженнями. Умова міцності має вигляд [12,18].

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_{\max}}{b \cdot I} \leq [\tau] \quad (4.5)$$

де,  $Q_{\max}$  - максимальна поперечна сила, Н;

$S_{\max}$  - статичний момент перерізу,  $\text{см}^3$ ;

$b$  - ширина перерізу по нейтральній лінії, см;

$I$  - момент інерції,  $\text{см}^4$ .

З таблиць сортаменту знаходимо, для швелера №10  $b=0,45 \text{ м}$ ,  $S=20,4 \text{ см}^3$ ,  $I=174 \text{ см}^4$ .

Підставивши числові значення в формулу матимемо:

$$\tau_{\max} = \frac{450 \cdot 20,4 \cdot 10^{-6}}{0,46 \cdot 10^{-2} \cdot 174 \cdot 10^{-8}} = 114 \text{ МПа} \leq [\tau]$$

Отже, розміри перерізу балки задовольняють умови міцності як за нормальними так і за дотичними напруженнями.

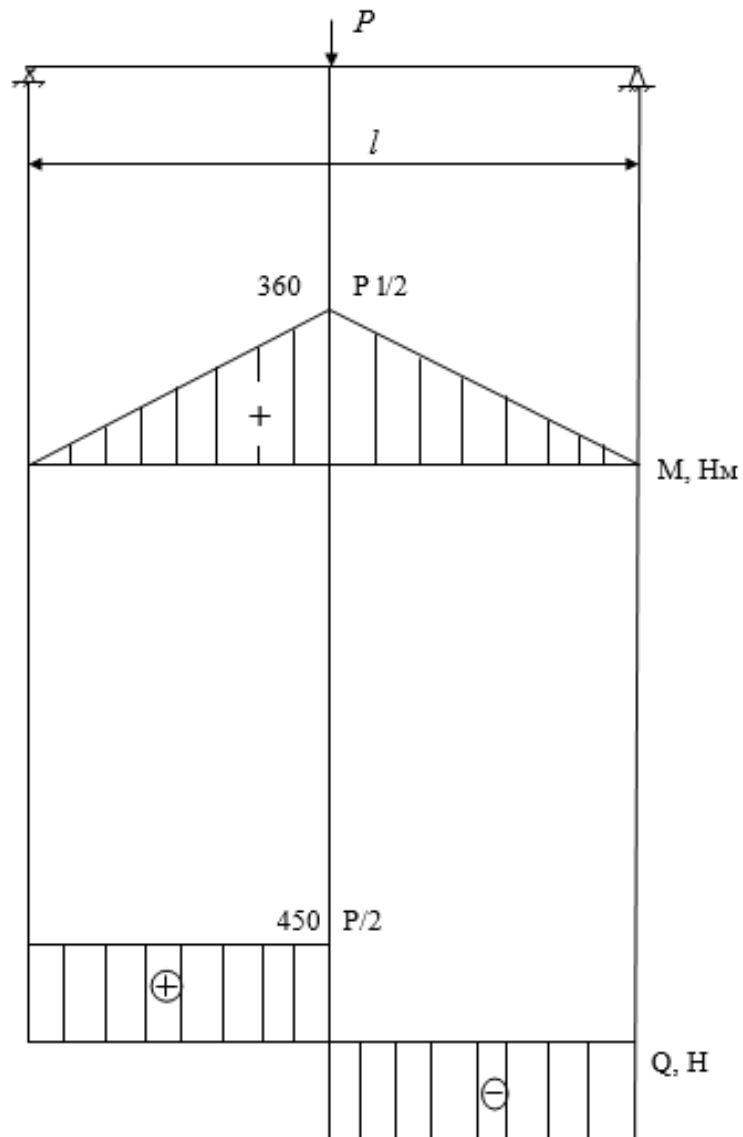


Рисунок 4.6 Епюри згинальних моментів та поперечних сил.

#### 4.2.2 Розрахунок гвинта на міцність

В такому випадку гвинт навантажений осьовою силою  $P$ .

Умова міцності в цьому випадку має вигляд [12,18].:

$$\sigma_p = \frac{L \cdot P}{\pi \cdot d_1^2 \cdot n} \leq [\sigma_p], \text{ МПа (4.6)}$$

де,  $\sigma_p$  - розрахункове напруження розтягу, МПа;

$P$  - сила, яка розтягує гвинт, Н;

$d_1$  - внутрішній діаметр різьби гвинта.

$[\sigma_p]$  допустимі напруження на розтяг, для гвинта, МПа;

$n$  – кількість гвинтів.

Внутрішній діаметр різьби:

$$d_1 = d - 2 \cdot p, \text{ мм}$$

де,  $d$  - номінальний діаметр різьби, мм;

$p$  - крок різьби, мм.

Даний гвинт виготовляється з сталі 20, для якої  $[\sigma_p]=160$  МПа  
номінальний діаметр різьби  $d=20$  мм, крок різьби  $p=2$  мм.

$$d_1 = 20 - 2 \cdot 2 = 16 \text{ мм} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Тоді:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 900}{3,14 \cdot 0,016^2 \cdot 2} = 2 \leq [\sigma_p], \text{ МПа}$$

Різьба гвинта розраховується на зріз і зминання.

Розрахунок на міцність проводимо за формулою:

$$\tau_z = \frac{P}{\pi \cdot d_1 \cdot z \cdot k \cdot p} \leq [\tau_z], \text{ МПа} \quad (4.7)$$

На зминання [12,18]:

$$\sigma_{зм} = \frac{L \cdot P}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot z} \leq [\sigma_{зм}], \text{ МПа} \quad (4.8)$$

де,  $\tau_z$  - розрахункове напруження на зріз різьби, МПа;

$\sigma_{зм}$  - розрахункове напруження на зминання між витками різьби, МПа;

$z$  - число витків різьби, які сприймають навантаження;

$k$  - коефіцієнт повноти різьби, який показує відношення висоти витка в небезпечному перерізі до кроку різьби, для упорної різьби  $k=0,75$ ;

$[\tau_z]$  - допустиме напруження на зріз, МПа;

$[\sigma_{зм}]$  - допустиме напруження на зминання, МПа.

для сталі 20:  $[\tau_z]=60$  МПа,  $[\sigma_{зм}]=130$  МПа,

тоді:

$$\tau_z = \frac{450}{3,14 \cdot 0,016 \cdot 14 \cdot 0,75 \cdot 0,002} = 42 \leq [\tau_z], \text{ МПа}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 450}{3,14 \cdot (0,02^2 - 0,016^2) \cdot 15} = 25 \leq [\sigma_{зм}], \text{ МПа}$$

При повороті балки, на гвинт буде діяти згинаючий момент  $M=46,75\text{Нм}$ .

Умова міцності буде мати вигляд [18]:

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{зг}], \text{ МПа} \quad (4.9)$$

де,  $\sigma_{зг}$ - розрахункове напруження на згин, МПа;

$M$  - згинаючий момент, Нм;

$W$  - момент опору перерізу,  $\text{см}^3$ ;

$[\sigma_{зг}]$  - допустиме напруження на згин, МПа.

Для сталі 20  $[\sigma_{зг}]=160\text{МПа}$ .

Момент опору круглого перерізу визначається з виразу:

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32}, \text{ см}^3 \quad (4.10)$$

де,  $D$  - діаметр небезпечного перерізу, м.

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,016^3}{32} = 0,4 \cdot 10^{-6}, \text{ см}^3$$

Підставивши значення моменту опору отримаємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{46,75}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 116,8 \leq [\sigma_{зг}], \text{ МПа}$$

Отже, розміри перерізу гвинта задовольняють умови.

#### 4.2.3 Розрахунок струбцини

При проектуванні струбцини враховуємо віддаль між стінками швелера  $h=80\text{мм}$ , виступ стінок  $l = 40\text{мм}$ . Сила стиску деталей  $F_a= 2\text{кН}$ , коефіцієнт який враховує відношення висоти робочого профілю різьби до середнього діаметра суцільних гайок приймаємо  $\phi_d=2$ , допустимий тиск на робочі поверхні різьби  $[p]=8 \cdot 10^6\text{Па}$ .

Схема для розрахунку різьбової пари струбцини показана на рисунку 4.7.

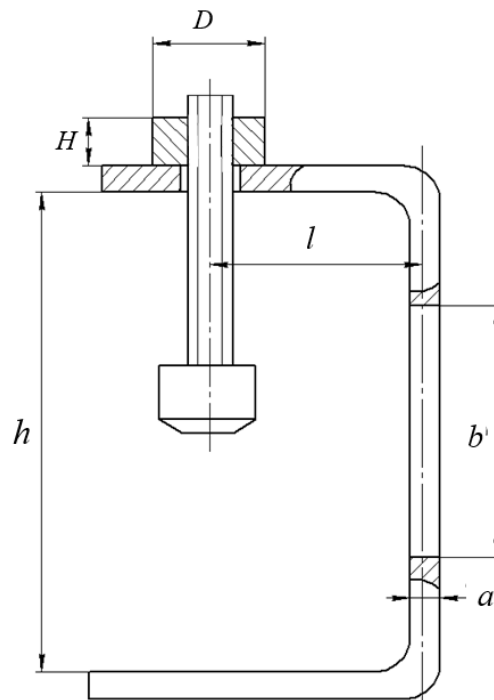


Рисунок 4.7 Схема для розрахунку конструктивних параметрів струбцини

З розрахунку на зносостійкість визначаємо середній діаметр різьби з виразу [18]:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F_a}{\pi \cdot V \cdot \psi_d \cdot [p]}}, \text{ мм} \quad (4.11)$$

де,  $V$  - коефіцієнт робочої висоти профілю різьби  $V=0,75$  – для упорної різьби;

$F_a$  – осьове навантаження, яке діє на гвинт, Н.

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 10^6}} = 8,9, \text{ мм}$$

Приймаємо 20мм.

Визначаємо число робочих витків в гайці з виразу:

$$z = H/p, \text{ мм} \quad (4.13)$$

де,  $p$  – крок різьби, мм

$$z = 20/2 = 10, \text{ мм}$$

Визначаємо зовнішній діаметр гайки [12,18]

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot F_a}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2}, \text{ мм} \quad (4.14)$$

де,  $[\sigma_p]$  - допустиме напруження на розтяг, МПа. Для сталі 20  $[\sigma_p]=80$ МПа.

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 80 \cdot 10^6} + (10 \cdot 10^{-3})^2} = 18, \text{ мм}$$

Приймаємо  $D=20$ мм.

Визначаємо конструктивні параметри швелера:

$a=4,5$ мм,  $b=120$ мм.

Перевіряємо міцність швелера в перерізі I-I, в якому виникає повздовжня сила і згинаючий момент:

$$\sigma_{\text{сум}} = \sigma_p + \sigma_{\text{зг}} \quad (4.15)$$

$$\sigma_p = \frac{F_a}{(a \cdot b)}, \text{ МПа} \quad (4.16)$$

$$\sigma_p = \frac{2 \cdot 10^3}{(4,5 \cdot 120 \cdot 10^{-6})} = 3,7, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W}, \text{ МПа} \quad (4.17)$$

де,  $M_{\text{зг}}$  – згинаючий момент від осьової сили, Нм;

$W$  – момент опору прямокутного перерізу,  $\text{см}^3$ .

Згинаючий момент рівний:

$$M_{\text{зг}} = F_a \cdot l, \text{ Нм}$$

$l$  – віддаль від осі швелера до осі прикладання сили, м.

$$M_{\text{зг}} = 2 \cdot 10^3 \cdot 0,032 = 64, \text{ Нм}$$

Момент опору прямокутного перерізу визначаємо з виразу [12,18].:

$$W = \frac{(a \cdot b^2)}{6}, \text{ м}^3 \quad (4.18)$$

де,  $a$  – товщина швелера, мм;

$b$  – ширина швелера, мм.

$$W = \frac{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot (120 \cdot 10^{-3})^2}{6} = 1,08 \cdot 10^4, \text{ м}^3$$

$$\sigma_{зг} = \frac{64}{1,08 \cdot 10^{-4}} = 6,4, \text{ МПа}$$

Тоді,

$$\sigma_{сум} = 3,7 + 6,4 = 10,1, \text{ МПа}$$

Отже розміри перерізу швелера задовольняють умови міцності.

#### 4.2.4 Розрахунок стикового шва втулки з пластиною на міцність

Умова міцності стикового шва має вигляд [12,18]:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot D^3 \cdot (1 + \alpha^4)} \leq [\sigma_p], \text{ МПа} \quad (4.19)$$

де,  $M$  – згинаючий момент, Нм;

$D$  – зовнішній діаметр втулки, мм;

$d$  – внутрішній діаметр втулки, мм;

$[\sigma_p]$  – допустиме напруження на розтяг, МПа. Для сталі Ст3 при ручному електрозварюванні електродами Е42  $[\sigma_p] = 90$  МПа.

$$\sigma = \frac{32 \cdot 450 \cdot 0,032}{3,14 \cdot 0,045^3 \cdot (1 + 0,4)} = 11,5 \leq [\sigma_p], \text{ МПа}$$

Отже, параметри шва задовольняють умову міцності.

#### 4.2.5 Розрахунок важеля на міцність

Умова міцності в даному випадку має вигляд [12,18]:

$$\sigma_{зг} = \frac{6 \cdot M_{\max}}{a \cdot b^2} \leq [\sigma_{зг}], \text{ МПа} \quad (4.20)$$

де,  $M_{\max}$  – згинаючий момент, Нм;

$a$  – товщина важеля, мм;

$b$  – ширина важеля, мм;

$[\sigma_{зг}]$  – допустиме напруження на згин, МПа.

Розміри вибраного перерізу:  $a = 0,04$  мм,  $b = 0,03$  мм. Для сталі Ст3  $[\sigma_{зг}] = 160$  МПа.

$$\sigma_{зг} = \frac{6 \cdot 40,5}{0,004 \cdot 0,03^2} = 67,5 \leq [\sigma_{зг}], \text{ МПа}$$

Отже, розміри перерізу важеля задовольняють умову міцності.



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці являє собою комплексну систему заходів спрямованих на гарантування здоров'я і безпечних умов праці охоплює такі питання:

- трудові – додержання трудового законодавства згідно закону України “Про охорону праці”;
- технічні - техніка безпеки, яка гарантує безпеку праці під час виконання всіх сільськогосподарських робіт, експлуатації та ремонті техніки;
- санітарно-виробнича санітарія, що забезпечує створення здорових умов праці;
- протипожежні – протипожежна охорона праці, яка тісно пов'язана із заходами охорони; протипожежна охорона здійснюється проведенням відповідних інженерно технічних заходів з усуненням пожеж [7,13,19].

5.1 Структурно функціональний аналіз технологічного процесу заміни коробки передач.

Технологічний процес заміни коробки передач автомобіля можна розділити на такі етапи:

- встановлення автомобіля на робоче місце (оглядову яму);
- зливання оливи;
- виконання розбиральних операцій по створенню доступу до з'єднань коробки передач з іншими деталями автомобіля;
- встановлення пристрою для утримання коробки передач;
- фіксація коробки передач за допомогою пристрою;
- кріплення коробки передач до знімача;
- від'єднання решти кріпильних елементів;
- від'єднання коробки передач від двигуна;

- знімання коробки передач з автомобіля і її транспортування візком на інше робоче місце.

У процесі виконання вище перелічених операцій можуть виникати такі травмонебезпечні ситуації [7,13,19]:

- під час встановлення автомобіля на оглядову яму:
  - технічна несправність автомобіля (рульового керування);
  - відсутні або пошкоджені напрямні бруси оглядової ями;
- під час зливання моторної оливи:
  - використання несправного інструменту;
  - висока температура оливи, що зливається;
- під час виконання операцій розбирання по створенню доступу до з'єднань коробки передач з іншими деталями автомобіля:
  - невідповідність розмірів інструментів;
  - несправний інструмент;
- під час встановлення пристрою для утримування коробки передач:
  - невідповідність розмірів інструментів типорозмірам деталям, що знімаються (відкручуються);
  - несправність пристрою;
- під час фіксації коробки передач за допомогою пристрою:
  - порушення спряжень пристрою;
  - знаходження в зоні переміщення коробки передач (Н Д<sub>4</sub>);
  - використання несправного обладнання (Н Д<sub>5</sub>)

Небезпечна ситуація(НС):

- руйнування деталей гакової підвіски (НС<sub>1</sub>);
- потрапляння гарячої оливи на шкіру та в очі (НС<sub>2</sub>);
- зіскакування інструментів з деталей (НС<sub>3</sub>);
- з'їзд автомобіля в оглядову яму (НС<sub>4</sub>);
- наїзд автомобіля на обладнання або на присутніх у виробничій зоні(НС<sub>5</sub>).

На підставі співставлення небезпечних умов операції (НУ), небезпечних дії (НД) та небезпечних ситуацій (НС) складаємо модель процесу (рисунок 5.1).

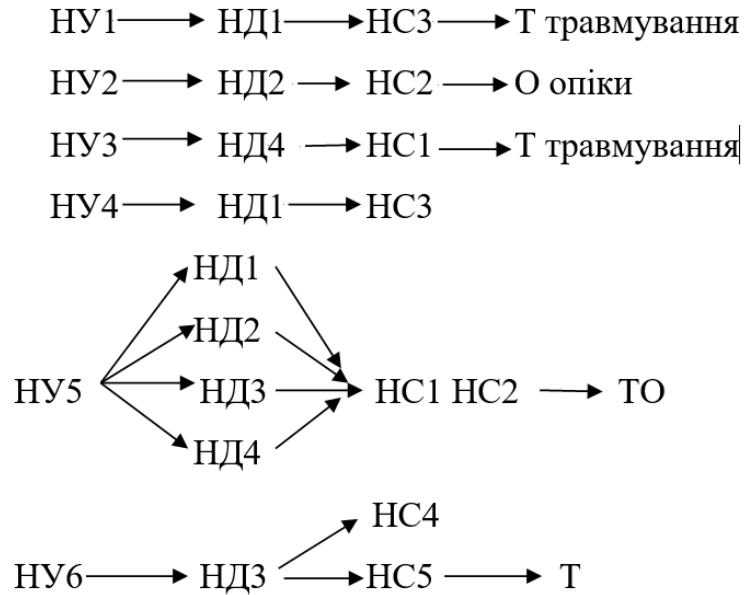


Рисунок 5.1 Модель процесу отримання травм

## 5.2 Вимоги техніки безпеки під час заміни коробки передач автомобіля.

Автомобіль повинен бути ретельно вимитий і очищений від бруду. Забороняється ставити на ремонт брудний автомобіль, так як при виконанні операцій під автомобілем відліплюючи й бруд може пошкодити очі, з забруднених кріпильних деталей може зриватися інструмент. Крім того ускладнюється огляд вузлів і агрегатів автомобіля. Миття автомобіля необхідно виконувати на спеціально відведених мостах з стіканням води через бруду відстійник. Забороняється мити коробки передач інші вузли автомобіля бензином, так як це може призвести до пожежі. Коробки передач потрібно мити гарячою водою з мийним розчином, в який входить їдкий натрій або каустична сода. Після миття автомобіль встановлюють на естакаду, відкриту площадку, так щоб працівник вільно пересувався по площадці. Автомобіль необхідно загальмувати з допомогою стоян очного гальма додатково підкласти під передні та задні колеса опори.

Для зливу відпрацьованих оливо необхідно завчасу підготувати герметичну тару достатньої ємності і підставляти її під зливний отвір в картері

з таким розрахунком щоб повністю викачати розбризкування масла. Зливні і заливні пробки потрібно відкручувати тільки призначеними ключами.

Всі операції розбирання і складання необхідно виконувати в послідовності вказаній в технологічній карті. Роботи з розбирання в основному виконуються за допомогою гайкових ключів. Там де це можливо безпечніше користуватися накидними і торцевими ключами, які краще тримаються на гайках або головках болтів і зручні в роботі. Під час закручування або відкручування гайок або болтів в важко доступних місцях при обмеженому куті можливого повороту ключа доцільно користуватися ключами з хрестовими механізмами. Вони уникають необхідності знімання або встановлення ключа на гайку або болт після кожного повороту. При роботі в незручному положенні під автомобілем потрібно особливу увагу потрібно звертати на вірне встановлення ключа на гайку головку болта. Падаючи інструмент може нанести травму. Не потрібно відкручувати і закручувати гайки болти шляхом кругового обертання ключа, так як при цьому можливий зрив інструменту. Не можна збільшувати довжину ключа іншим ключем або трубою.

Якщо гайка заржавіла і її не можна відкрутити ключем, необхідно спочатку постукати по гранях гайки молотком змочити її гасом закрутити на 1/4 оберти, а потім почати відкручувати [7,13,19]:.

Агрегати і вузли, які мають значну масу(двигун, КП) необхідно знімати транспортувати за допомогою підйомно-транспортних засобів. Виконувати таку роботу необхідно при допомозі інших осіб.

Під час збирання агрегатів і вузлів не можна перевіряти співвісність отворів в з'єднувальних деталях пальцем руки, так як невелике зміщення може призвести до травми. Це виконують металевим стержнем.

## 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМІНИ АГРЕГАТИВ ТРАНСМІСІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Розрахунковий економічний ефект визначаємо за формулою [1]:

$$E_p = B_p - Z_p, \text{ грн.} \quad (6.1)$$

де  $B_p$  – вартісна оцінка результатів, які отримані за розрахунковий період, грн.:  $Z_p$  – вартісна оцінка витрат, що пов'язані з використанням обладнання, грн.

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

$$B_t = C_t \times A_t \times P_t, \text{ грн.} \quad (6.2)$$

де  $C_t$  – економія коштів на заміні агрегатів:  $A_t$  – кількість одиниць використовуюваного обладнання в даному році,  $A_t = 1$ :  $P_t$  – річна продуктивність одного обладнання, шт.

Економію коштів від використання пристрою [1]:

$$C_t = e_1 + e_2, \text{ грн.} \quad (6.3)$$

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 [1,2]:

$$e_1 = c_{np} \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (6.4)$$

де  $c_{np}$  – середня годинна тарифна ставка робітника зайнятого на заміні головок,  $c_p = 55$  грн. год.:  $t_1$  - середня тривалість заміни в даний час,  $t_1 = 12,6$  год.;  $t_2$  – середня тривалість розбирання з використанням розробленого обладнання,  $t_2 = 11,8$  год.

Економію коштів за рахунок скорочення тривалості простою автомобіля визначаємо за формулою:

$$e_2 = v_n \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (6.5)$$

де  $e_n$  – мінімальні втрати від години простою,  $e_n = 500$  грн./год.

Підставивши відповідні значення у формулу (6.4) і (6.5) отримаємо:

$$e_1 = 55 \times (12,6 - 11,8) = 44 \text{ грн.}$$

$$e_2 = 300 \times (1,34 - 1,12) = 240 \text{ грн}$$

Тоді середня економія коштів в 2025 році становитиме:

$$Ц_t = 44 + 240 = 284 \text{ грн.}$$

Загальну кількість запланованих заміन агрегатів приймаємо на підставі річного фонду часу робочого місця та трудомісткості (тривалості виконання одним робітником) виконуваних операцій (річний фонд 2096 год, тривалість заміни коробки 12,6 год) [1, 2]:

$$П_t = 166 \text{ шт.} \quad (6.6)$$

$$B_{t2025} = 284 \times 1 \times 166 = 47144 \text{ грн.}$$

Вартісна оцінка витрат включає: вартість виготовлення конструкторської документації, вартість виготовлення технологічної документації, вартість основних матеріалів та комплектуючих, вартість виготовлення деталей, вартість складання, випробування та налагодження обладнання, вартість проведення організаційно-підготовчих робіт для запровадження обладнання у виробництво. Приймаємо для розрахунків, на підставі експертної оцінки, вартість витрат по першому року рівною 37000 грн,  $З_{2025} = 37000$  грн

Приймаємо термін служби обладнання даного типу,  $T = 6$  років.

Значення коефіцієнт приведення до розрахункового року  $\alpha_t$  подано в таблиці 6.1 [1]

Вартість витрат для наступних років становитиме [1]:

$$З_t = З_{2026} \times \alpha_t \times 0,10, \text{ грн}$$

$$З_{2026} = 3700 \times 0,9091 \times 0,10 = 3363,67 \text{ грн}$$

Підставивши отримані значення у формулу (6.1) визначаємо річний економічний ефект за результатами першого 2025 року використання пристрою:

$$E_{p2025} = 47144 - 37000 = 101446 \text{ грн}$$

Результати розрахунків для решти років заносимо в таблицю 5.1

Таблиця 6.1 - Показники економічної ефективності від використання обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів

Показники	Роки використання пристрою						Разом
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
П <sub>t</sub> - річна програма, шт.	166	166	166	166	166	166	996
Ц <sub>t</sub> -економія коштів, грн.	66,6	60,54	55,03	50,03	45,48	41,35	
α <sub>t</sub> - коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,9091	0,8264	0,7513	0,683	0,6209	
В <sub>t</sub> -вартісна оцінка результатів, грн.	47144	42858,6	38959,8	35419,3	32199,4	29271,7	225853
З <sub>t</sub> - вартісна оцінка витрат, грн.	37000	3363,67	3057,68	2779,81	2527,1	2297,33	51025,6
Е <sub>t</sub> -економічний ефект, грн.	10144	39494,9	35902,1	32639,5	29672,3	26974,4	174827

З таблиці 6.1 бачимо, що сумарний економічний ефект становитиме понад 174,8 тис. грн.

Строк окупності даного обладнання визначаємо з виразу [1]:

$$t_{ок} = (\sum Z_i / \sum E_i) \times 6, \text{ років} \quad (6.9)$$

$$t_{ок} = 51025 / 174827 \times 6 = 1,75 \text{ року}$$

Отже, строк окупності обладнання буде близько 21 місяця

## ВИСНОВКИ

1. Технологічний процес демонтажу коробки перемикачів передач реалізується у декількох випадках: якщо потрібно замінити або ремонтувати коробку; якщо потрібно демонтувати двигун, якщо потрібно ремонтувати зчеплення. Слід відзначити, що при подібності функціональних можливостей коробки передач мають різні геометричні параметри і вагу, що вимагає від технологічного обладнання певних конструктивних особливостей.

2. Для облаштування робочого місця для демонтажу і монтажу його агрегатів потрібно врахувати габаритні розміри і зони доступності до кожного агрегату та робочі зони для операторів і обладнання з врахуванням транспортних потоків, проїздів і проходів. Тому нами було розглянуто геометричні параметри автомобіля важкого класу КрАЗ-65053.

3. Різноманітність процесів демонтажу коробок передач в значній мірі залежить від особливостей її кріплення до елементів автомобіля.

4. Технологічне обладнання для заміни агрегатів автомобілів не завжди має функцію орієнтування об'єктів у просторі, що ускладнює операції їх демонтажу і монтажу. Ми вважаємо, що під час ремонту муфти зчеплення достатньо відвести коробку передач в задню частину рами а не опускати її вниз.

5. Для оптимізації процесів демонтажу двигуна і зчеплення нами запропоновано конструкцію обладнання для заміни агрегатів трансмісії вантажних автомобілів яке дає змогу віддалити коробку від кожуха зчеплення пересування її по поздовжніх лонжеронах рами. Така конструкція значно спрощує взаємну орієнтацію деталей при встановленні коробки на місце, виключає потребу використання підйомно транспортного обладнання і скорочує тривалість вилучення автомобіля з експлуатації.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: Підручник. 2-е вид., доп. і перероблене. / В.Г. Андрійчук. Київ: КНЕУ, 2002. 624с.
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. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 275 с.
5. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник. Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О. І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.
6. Дудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підруч. / О. А. Дудченко. Київ: Знання-Прес, 2003. 511с.
7. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005. 320 с
8. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. К44 Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. 400 с.
9. Кисликов В.Ф., Луцик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. – 6-те вид. Київ. Либідь, 2006. 400 с.
10. Коваленко В. М. Вантажні автомобільні перевезення: підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін, Н. Б. Машика. Київ: Літера ЛТД, 2006. 304 с

11. Коваленко В. М. К56 Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. Київ. Літера ЛТД, 2017. 224 с.
12. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Підручник. Луцьк: ЛДТУ, 2001.- 564 с.
13. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — Київ.: Основа, 2006 — 448 с
14. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2/ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. - Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 - 491с.
15. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І та ін.]. за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. -665с.
16. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій./ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Лузан С.О. та інші. Навч. Посібник - Харків: ХНТУСГ, 2017. - 361 с.
17. Чухрай В.Є. Визначення кількості можливих варіантів послідовностей виконання операцій розбирання об'єкта ремонту/Інженерія аграрного виробництва у вимірах бережливості. Колективна монографія / За ред. О.Д.Семковича, О.В.Сидорчука, І.М.Флиса, С.Й.Ковалишина. Львів: Львів. держагроуніверситет.2006. - С. 267-290
18. Шкельов Л. Т. та ін. Опір матеріалів: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Л. Т. Шкельов, А. М. Станкевич, Д. В. Пошивач.— ЗАТ «Віпол», 2011.— 456 с.
19. Ярошевская В.М., Чабан В.Й. Охорона праці в галузі. Навч. Посібник. — Київ.: ВД «Професіонал». — 2004. — 288 с

20. EngineBuilderMag.com: / інформація про обладнання для ремонту автомобілі і їх вузлів
21. EngineBuilderMag.com: / обладнання для ремонту головок блоків двигунів
22. <http://imesg.gov.ua>. Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» [Електронний ресурс]
23. <http://naas.gov.ua/> Національна академія аграрних наук України [Електронний ресурс]
24. Rottler Manufacturing: / (rottermfg.com): обладнання для ремонту [Електронний ресурс]
25. SERDI (serdi.com): / верстати для ремонту агрегатів і вузлів [Електронний ресурс]
26. Sunnen (sunnen.com): / точне обладнання для ремонту машин і обладнання [Електронний ресурс]