

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: ***Проект модернізації ділянки ремонтного цеху для ремонту трансмісії та роздавальної коробки 3163-1800121 автомобіля УАЗ-3163 з дослідженням довговічності роботи зубчастих коліс***

Виконав: студент (ка) VI курсу групи МАм-61  
спеціальності (напряму підготовки) 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Хома Ю.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Тесля В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент Радик Д.Л.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Автомобілів

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри д.т.н., доц., О.Л.Ляшук

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Хома Юрій Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект модернізації ділянки ремонтного цеху для ремонту  
трансмисії та роздавальної коробки 3163-1800121 автомобіля УАЗ-3163  
з дослідженням довговічності роботи зубчастих коліс

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Тесля Володимир Олегович к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «07» жовтня 2019 року № 4/7 – 886

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Марка автомобіля УАЗ-3163, базовий технологічний.  
процес ремонту трансмісії та роздавальної коробки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ. Спеціальний  
розділ. Науково-дослідний розділ. Проектний розділ. Обґрунтування економічної  
ефективності. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Екологія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Загальний вигляд повнопривідного автомобіля (1 А1). Трансмисія, кінематична схема (1 А1)  
Аналіз тягово-швидкісних властивостей (1 А1). Роздавальні коробки (1 А1)  
Роздавальна коробка автомобіля VAZ-2121 (1 А1). Коробка роздавальна СК (1 А1)  
Ричаг (1 А1). Фланець (1 А1). Наукові дослідження (1 А1)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Обґрунтування економічної ефективності</i> | <i>доцент Гудь В.З.</i>                   |                |                  |
| <i>Спеціальний розділ</i>                     | <i>доцент Лящук О.Л.</i>                  |                |                  |
| <i>Охорони праці</i>                          | <i>доцент Ткаченко І.Г.</i>               |                |                  |
| <i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>       | <i>ст. викладач Клепчик В.М.</i>          |                |                  |
| <i>Екологія</i>                               | <i>доцент Зварич Н.М.</i>                 |                |                  |

7. Дата видачі завдання 08.10.2019 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1     | <i>Загально-технічний розділ</i>                        | <i>15.10.19р.</i>                        |          |
| 2     | <i>Технологічний розділ</i>                             | <i>22.10.19 р.</i>                       |          |
| 3     | <i>Конструкторський розділ</i>                          | <i>28.10.19 р.</i>                       |          |
| 4     | <i>Спеціальний розділ</i>                               | <i>04.11.19 р.</i>                       |          |
| 5     | <i>Науково-дослідний розділ</i>                         | <i>11.11.19 р.</i>                       |          |
| 6     | <i>Проектний розділ</i>                                 | <i>15.11.19 р.</i>                       |          |
| 7     | <i>Обґрунтування економічної ефективності</i>           | <i>27.11.19 р.</i>                       |          |
| 8     | <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація</i> | <i>04.12.19 р.</i>                       |          |
| 9     | <i>Екологія.</i>  | <i>11.12.19 р.</i>                       |          |
| 10    | <i>Графічна частина</i>                                 | <i>18.12.19 р.</i>                       |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |
|       |   |  |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Хома Ю.А.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Тесля В.О.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – роздавальна коробка та трансмісії повнопривідних автомобілів.

Ціль роботи – розробка варіанта трансмісії та роздавальної коробки для повнопривідного автомобіля категорії M1.

У цьому дипломному проекті проведена розробка роздавальної коробки, огляд та вибір трансмісії повнопривідного автомобіля категорії M1, який розрахований на повне бездоріжжя. Виходячи з цього автомобіль повинен бути оснащений надійною роздавальною коробкою із знижуючою передачею і блокуванням диференціала.

Результати, отримані в дипломному проекті, можуть бути використані в учбовому процесі і при проектуванні нових автомобілів.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ .....  | 7  |
| 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ .....   | 8  |
| 1.1 Аналіз варіантів трансмісій повнопривідних автомобілів .....                                 | 8  |
| 1.2 Компонування повнопривідних автомобілів .....  | 11 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ .....   | 15 |
| 2.1 Аналіз технологічності деталі .....  | 15 |
| 2.2 Заготовки, матеріал деталі і його властивості .....  | 15 |
| 2.3 Розробка технологічного маршруту, вибір устаткування, пристроїв та інструментів .....        | 16 |
| 2.4. Розрахунок режимів різання .....  | 17 |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ .....  | 25 |
| 3.1 Опис конструкції вибраного вузла .....   | 25 |
| 3.2 Вибір основних параметрів роздавальної коробки .....   | 25 |
| 3.2.2 Вибір чисел зубів шестерень роздавальної коробки .....                                     | 26 |
| 3.2.3 Вибір зачеплення шестерень роздавальної коробки .....                                      | 28 |
| 3.2.4 Розрахунок діаметрів шестерень роздавальної коробки і сил .....                            | 29 |
| 3.2.5 Питоме навантаження на зуб для першої передачі .....                                       | 30 |
| 3.3 Розрахунок елементів вузла на міцність і довговічність .....                                 | 32 |
| 3.4 Розрахунок валів на статичну міцність і жорсткість .....                                     | 35 |
| 3.5 Вибір підшипників .....  | 42 |
| 3.6 Розрахунок синхронізатора .....  | 45 |
| 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....   | 49 |
| 4.1 Склад інформаційного фонду САПР .....  | 49 |
| 4.2 Система управління базами даних (СУБД). Призначення, використання та ефективність СУБД ..... | 52 |
| 5 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ .....   | 53 |
| 5.1 Аналіз останніх досліджень і публікацій .....  | 53 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2 Геометричні параметри зчеплення .....   | 56 |
| 5.3 Розрахунок зубів на міцність .....  | 57 |
| 6 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ .....  | 58 |
| 6.1 Обґрунтування виробничої програми ремонту .....   | 58 |
| 6.2 Визначення типу виробництва й розрахунки трудомісткості по видах робіт .....                | 58 |
| 6.3 Визначення необхідної кількості встаткування .....  | 59 |
| 6.4 Визначення кількості робітників .....   | 60 |
| 7 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ .....  | 62 |
| 7.1 Вибір бази для порівняння змінюваних показників .....                                       | 62 |
| 7.2 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення автомобіля .....                            | 63 |
| 7.3 Розрахунок економічного ефекту у споживача .....  | 64 |
| 7.4 Розрахунок загального економічного ефекту від проектування нового автомобіля .....          | 67 |
| 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...   | 69 |
| 8.1 Основні положення про охорону праці .....   | 69 |
| 8.2 Промислова санітарія .....  | 69 |
| 8.3 Техніка безпеки .....   | 72 |
| 8.4 Пожежна безпека .....   | 73 |
| 8.5 Охорона навколишнього середовища .....  | 74 |
| 8.6 Розрахунки освітленості робочого місця .....  | 75 |
| 9 ЕКОЛОГІЯ .....  | 79 |
| 9.1 Актуальність охорони навколишнього середовища .....   | 79 |
| 9.2 Забруднення довкілля, що виникає внаслідок заміни агрегатів автомобілів марки УАЗ-3163..... | 84 |
| 9.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля .....  | 84 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....   | 89 |
| БІБЛІОГРАФІЯ .....  | 90 |
| ДОДАТКИ   |    |

## ВСТУП

Метою роботи є покращення тягово - швидкісних характеристик та проходимості автомобіля шляхом вибору оптимальної схеми трансмісії та розробки роздавальної коробки для легкового автомобіля категорії М1.

При проектуванні трансмісії сучасного автомобіля повинен бути вирішений цілий комплекс тісно зв'язаних між собою питань. Критеріями конструктивної досконалості трансмісії є: малий рівень шумності при роботі і перемиканні передач, високий коефіцієнт корисної дії, а також висока довговічність всіх деталей трансмісії.

Трансмісія автомобіля забезпечує достатній діапазон регулювання передаваемого до провідних колес моменту при високому коефіцієнті корисної дії; можливість трогання з місця; рух заднім ходом; як короткочасне, так і тривале від'єднання двигуна від провідних коліс за рахунок нейтральною передачі.

При проектуванні роздавальної коробки автомобіля необхідно вирішити такі основні задачі:

- надійна передача крутного моменту до ведучих коліс;
- забезпечення оптимальних тягово-швидкісних, паливно-економічних властивостей автомобіля;
- забезпечити вимоги, що поліпшують надійність і довговічність роздавальної коробки та деталей трансмісії.

## 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз варіантів трансмісій повнопривідних автомобілів

В даний час повнопривідні трансмісії набули дуже широкого поширення. Це пояснюється тим що, вони забезпечують високу прохідність, кращі динамічні якості, підвищення пасивної і активної безпеки автомобіля. Саме тому вони завжди користуються популярністю у тих людей, які їздять по бездоріжжю або вимушені часто згортати на погані дороги, які люблять динамічну їзду, у мисливців – рибалок, спортсменів, у військовій сфері.

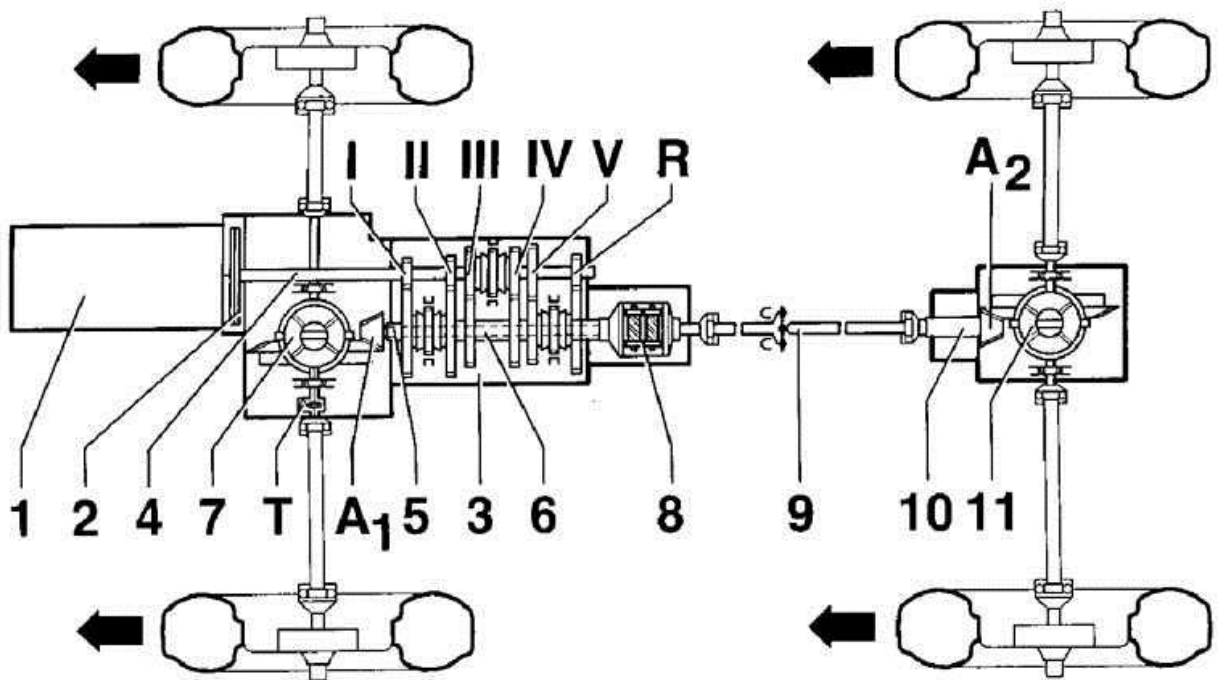


Рисунок 1.1 – Схема трансмісії

- 1 – двигун, 2 – зчеплення, 3 – коробка передач, 4 – привідний вал,  
 5 – вал відбору потужності, 6 – вихідний вал, 7 – передній диференціал,  
 8 – диференціал, 9 – карданний вал, 10 – ведуча шестерня задньої головної  
 передачі, 11 – задній диференціал. I – перша передача, II – друга передача,  
 III – третя передача, IV – четверта передача, V – п'ята передача, R – передача  
 заднього ходу, A1 – привід передньої осі, A2 – привід задньої осі,  
 Т – тахопривід



Трансмiсія автомобiля – це сукупнiсть агрегатiв i механiзмiв, що передають потужнiсть двигуна провiдним колесам i що змiнюють її параметри: крутний момент, частоту i напрям обертання.

Трансмiсія повинна забезпечувати: достатнiй дiапазон регулювання передаваного до провiдних колес моменту при високому коефiцiєнті корисної дiї; можливiсть трогання з мiсця; рух заднiм ходом; як короткочасне, так i тривалий вiд'єднання двигуна вiд провiдних колiс за рахунок нейтральною передачею.

У найбiльш поширеному варiанті трансмiсія включає в себе слiдуючi агрегати i механiзми: зчеплення, коробку передач, карданну передачу, головну передачу, диференцiал, вали провiдних колiс.

Трансмiсії повнопривiдних легкових автомобiлiв з поперечним i поздовжнiм розташуванням силового агрегату за принципом регулювання кiнематичного дiапазону передатних чисел можна роздiлити на два типи:

- з обмеженим дiапазоном передавальних вiдносин (без використання понижуючого редуктора (роздавальною коробки));
- з розширеним дiапазоном передавальних вiдносин (з використанням понижуючого редуктора (роздавальною коробки)).

Обидва типи трансмiсiй за способом реалiзацiї крутного моменту подiляються на:

- реалiзуючi постiйний повний привiд;
- забезпечуючi пiдключаємий повний привiд (шляхом пiдключення однiєї з осей).

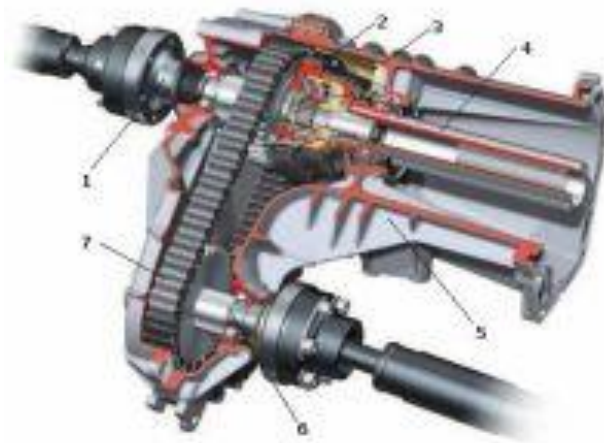


Рисунок 1.2 – Загальний пристрій роздавальною коробки

Роздавальна коробка є невід'ємним атрибутом автомобіля, обладнаного системою повного приводу.

Роздавальна коробка має наступне призначення:

- розподіляє крутний момент по осях автомобіля;
- збільшує крутний момент при русі по поганих дорогах і бездоріжжю.

Конструкція роздавальної коробки розрізняється залежно від виду системи повного приводу. Разом з тим, можна виділити наступну загальну будову роздавальної коробки:

- ведучий вал;
- міжосьовий диференціал;
- механізм блокування міжосьового диференціала;
- вал привода задньої осі;
- цепна передача;
- понижаюча передача;
- вал привода передньої осі.

Найбільш поширена (але не єдина) схема трансмісії повнопривідного автомобіля представлена на рисунку 1.3

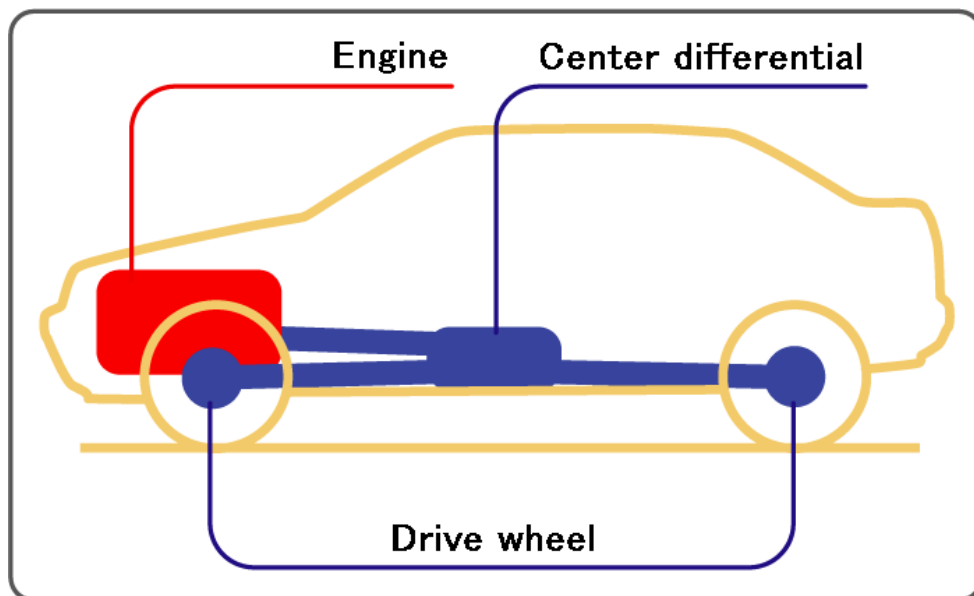


Рисунок 1.3 – Схема трансмісії

## 1.2 Компонування повнопривідних автомобілів

Розрізняють наступні види систем повного приводу:

- постійний повний привід;
- повний привід підключаємий автоматично;
- повний привід підключаємий вручну.

### Повний привід підключаємий вручну

Найпростіша і в той же час найбільш надійна схема повного приводу: при нормальній експлуатації момент передається тільки на одну вісь, а при необхідності підключається друга вісь - за допомогою роздавальної коробки. При підключенні осі жорстко зв'язуються між собою і обертаються з однаковою швидкістю, що створює деякі обмеження: повний привід можна використовувати тільки на покриттях, що допускають прослизання коліс (бруд, пісок, сніг, лід і т. п.). В той же час, саме ця система забезпечує жорсткий зв'язок передньої і задньої осі, передачу крутного моменту, в співвідношенні 50:50 і тому є по справжньому всюдорожньою.

### Постійний повний привід

Постійний повний привід застосовується як на автомобілях із задньопривідною компоновкою (подовжнє розташування двигуна і коробки передач), так і на автомобілях з передньопривідною компоновкою (поперечне розташування двигуна і коробки передач). Такі системи розрізняються в основному по конструкції роздавальної коробки і карданних передач. Відомими системами постійного повного приводу є система Quattro від Audi, xdrive від BMW, 4matic від Mercedes.

Постійний повний привід має на увазі постійне підключення всіх коліс до двигуна, для чого він підключається до осей через диференціал. Деякі моделі автомобілів мають примусове блокування міжосьового диференціала, що дозволяє їм ставати аналогічними автомобілів з повним приводом (в загальному випадку це підвищує прохідність автомобіля).

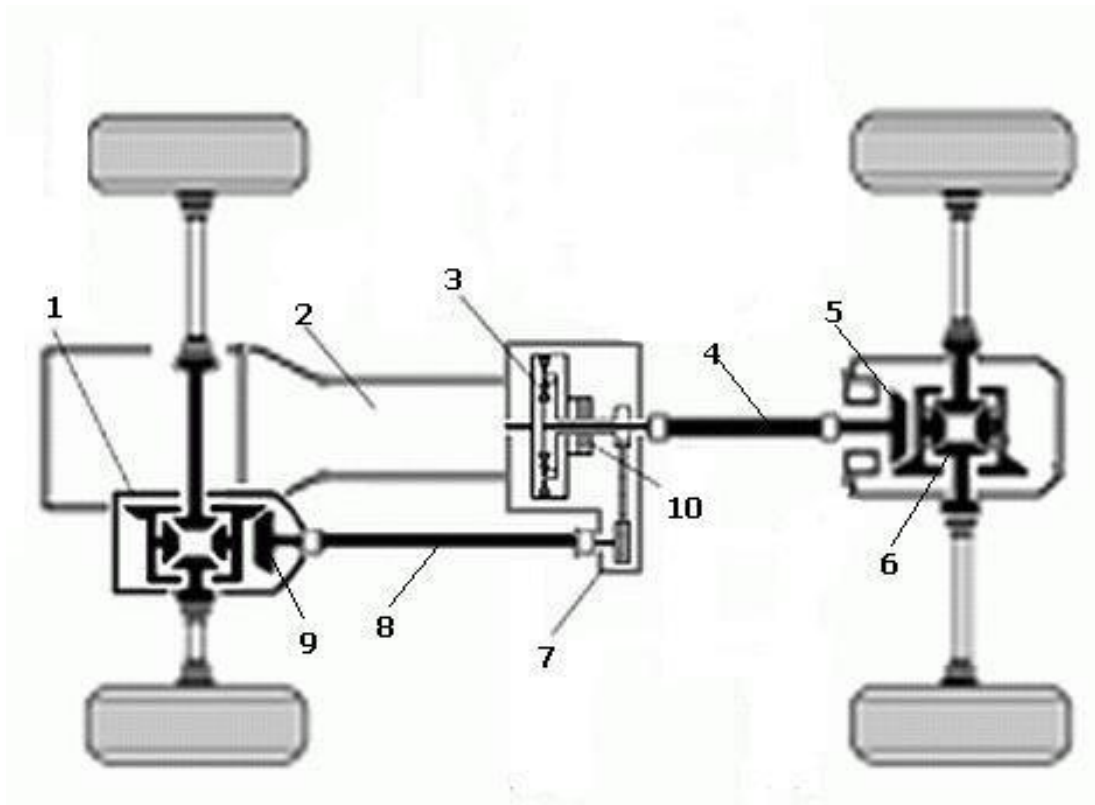


Рисунок 1.4 – Схема системи постійного повного приводу

- 1 – Міжколісний диференціал передньої осі; 2 – Коробка передач;  
 3 – Міжосьовий диференціал; 4 – Карданна передача задньої осі;  
 5 – Головна передача задньої осі; 6 – Міжколісний диференціал задньої осі;  
 7 – Роздавальна коробка; 8 – Карданна передача передньої осі;  
 9 – Головна передача передньої осі; 10 – Віскомуфта.

Деякі сучасні автомобілі мають електронне управління міжосьовим диференціалом, що дозволяє динамічно змінювати співвідношення передаваного моменту між осями. В основному це використовується для впевненого руху по дорогам, наприклад, в системах динамічної стабілізації.

Деякі всешляховики мають роздавальну коробку, що підтримує як режим постійного повного приводу, так і режим підключаемого повного приводу, тобто мають диференціал, блокування диференціала і можливість повного відключення однієї осі. Така схема вважається найкращою для багатоцільового всюдорожника.

### Повний привід підключає мий автоматично

Ця схема класифікується продавцями автомобілів як різновид постійного повного приводу. Переваг "справжнього" постійного повного приводу не дає. Фактично, це підключаємий повний привід з тією відмінністю, що підключення відбувається автоматично. У звичайних умовах експлуатації автомобіль є передне- або задньопривідним. Практично всі провідні автовиробники мають в своєму модельному ряду автомобілі з повним приводом, що автоматично підключається.

У цій схемі одна вісь підключена жорстко, а друга (передня або задня, частіше - задня) підключається при прослизанні першої через різноманітні муфти (вісكومфти (Гольф-3), Халдекс (Гольф-4), багатодискова гідромуфта (Subaru з АКПП серій TZ) ...). Управління муфтою здійснюється електронікою або механіко-гідролічним чином, за винятком вісكومфти.

Система повного приводу що підключається автоматично має наступний загальний пристрій:

- зчеплення;
- коробка передач;
- головна передача передньої осі;
- міжколісний диференціал передньої осі;
- роздавальна коробка;
- карданна передача;
- муфта підключення задньої осі;
- головна передача задньої осі;
- міжколісний диференціал задньої осі;
- піввісь.

Відомою системою повного приводу що підключається автоматично є 4motion від Volkswagen.

Роздавальна коробка в системі повного приводу, що автоматично підключається, є, як правило, конічним редуктором. Знижуюча передача і міжосьовий диференціал відсутні.

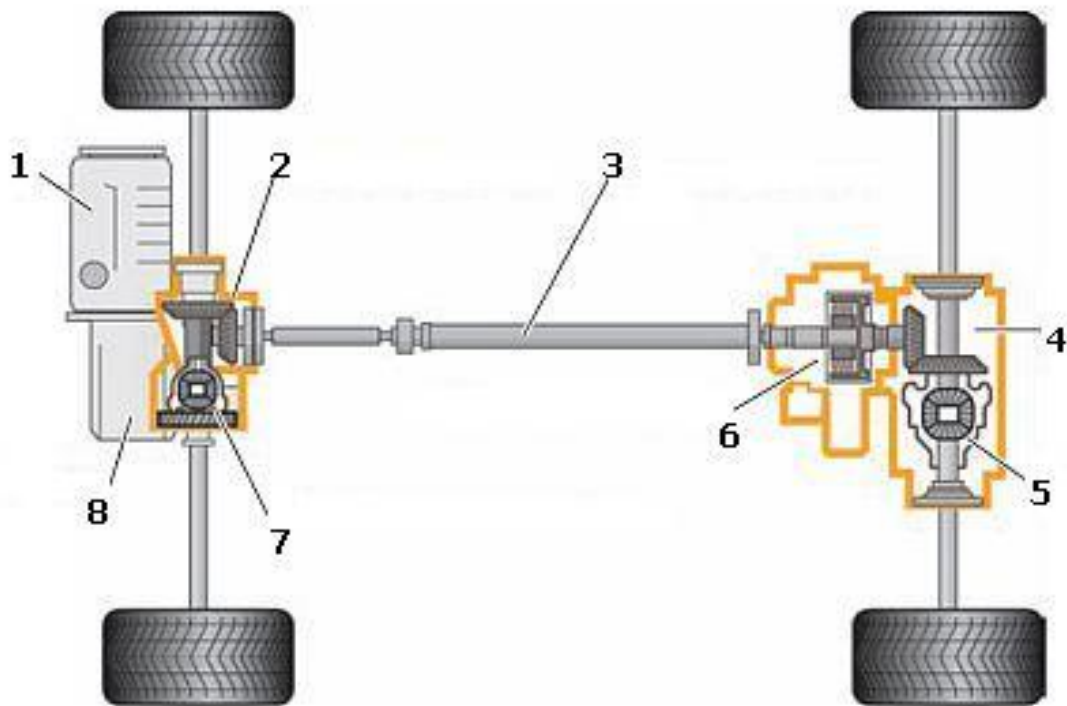


Рисунок 1.5 – Схема системи постійного повного приводу 4motion

Як муфта підключення задньої осі використовуються наступні пристрої:

- віскомуфта;
- електронноуправляема фрикційна муфта.

Відомою фрикційною муфтою є муфта Haldex, яка використовується в системі повного приводу 4motion концерну Volkswagen.

У нормальному положенні фрикційна муфта має мінімальне стискування, при якому на задню вісь передається до 10% крутного моменту. При прослизанні коліс передньої осі по команді електронного блоку управління спрацьовує фрикційна муфта і передає крутний момент на задню вісь. Величина передаваного на задню вісь крутного моменту може змінюватися в певних межах.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Аналіз технологічності деталі

Фланець відноситься до жорстких рухомих муфт загального призначення. Він має високу навантажувальну здатність і високу надійність роботи при великих швидкостях обертання. У процесі роботи в ньому виникають такі навантаження: у місцях з'єднання муфт, в болтах виникають напруження на зріз і на зминання, в зубах - контактні і на кручення.

### 2.2 Заготовки, матеріал деталі і його властивості

Заготовка – штампуванням. Даний вид заготовки забезпечить високий коефіцієнт використання матеріалу і скоротить час на обробку деталі.

Матеріал даної деталі сталь 40Х ГОСТ4543-71.

Середньовуглецева, легована, конструкційна.

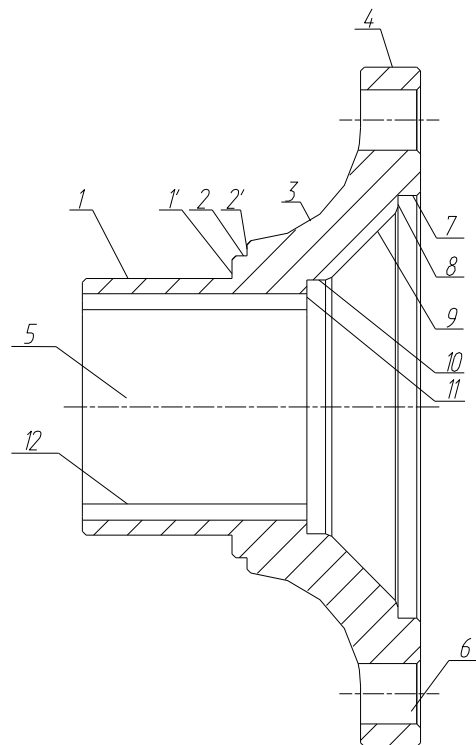


Рисунок 2.1 – Поверхні фланця, що обробляються

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71

|           |           |         |      |         |      |        |        |
|-----------|-----------|---------|------|---------|------|--------|--------|
| C         | Si        | Mn      | NI   | Cr      | Cu   | P      | S      |
| 0.36-0.44 | 0.17-0.37 | 0.5-0.8 | <0.3 | 0.8-1.1 | <0.3 | <0.035 | <0.035 |

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4531-71

| Термообробка, состояние поставки                     | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\sigma_r$ , МПа | $\delta_5$ , % | $\psi$ , % | KCU, Дж/м <sup>2</sup> | НВ      |
|--|-------------|----------------------|------------------|----------------|------------|------------------------|---------|
| <b>Прутки ГОСТ 4543-71</b>                           |             |                      |                  |                |            |                        |         |
| Закалка 860 °С, масло. Отпуск 500 °С, вода или масло | 25          | 780                  | 980              | 10             | 45         | 59                     |         |
| <b>Поковка ГОСТ 8479-70</b>                          |             |                      |                  |                |            |                        |         |
| Нормализация. КП 245                                 | 500-800     | 245                  | 470              | 15             | 30         | 34                     | 143-179 |
| Нормализация. КП 275                                 | 300-500     | 275                  | 530              | 15             | 32         | 29                     | 156-197 |
| Закалка, отпуск. КП 275                              | 500-800     | 275                  | 530              | 13             | 30         | 29                     | 156-197 |
| Нормализация. КП 315                                 | <100        | 315                  | 570              | 17             | 38         | 39                     | 167-207 |
|  | 100-300     | 315                  | 570              | 14             | 35         | 34                     | 167-207 |
| Закалка, отпуск. КП 315                              | 300-500     | 315                  | 570              | 12             | 30         | 29                     | 167-207 |
|  | 500-800     | 315                  | 570              | 11             | 30         | 29                     | 167-207 |
| Нормализация. КП 345                                 | <100        | 345                  | 590              | 18             | 45         | 59                     | 174-217 |
|  | 100-300     | 345                  | 590              | 17             | 40         | 54                     | 174-217 |
| Закалка, отпуск. КП 345                              | 300-500     | 345                  | 590              | 14             | 38         | 49                     | 174-217 |
| Закалка, отпуск. КП 395                              | <100        | 395                  | 615              | 17             | 45         | 59                     | 187-229 |
|  | 100-300     | 395                  | 615              | 15             | 40         | 54                     | 187-229 |
|  | 300-500     | 395                  | 615              | 13             | 35         | 49                     | 187-229 |
| Закалка, отпуск. КП 440                              | <100        | 440                  | 635              | 16             | 45         | 59                     | 197-235 |
|  | 100-300     | 440                  | 635              | 14             | 40         | 54                     | 197-235 |
| Закалка, отпуск. КП 490                              | <100        | 490                  | 655              | 16             | 45         | 59                     | 212-248 |
|  | 100-300     | 490                  | 655              | 13             | 40         | 54                     | 212-248 |

### 2.3 Розробка технологічного маршруту, вибір устаткування, пристроїв та інструментів

Користуючись типовими маршрутами обробки та табличними даними складемо технологічний маршрут (табл. 2.1).

Таблиця 2.3 – Технологічний маршрут виготовлення деталі.

| Номер Операції | Назва операції | Найменування операції              | Обладнання, інструмент, пристрої                                    |
|----------------|----------------|------------------------------------|---|
| 1              | 2              | 3                                  | 4   |
| 005            | токарна        | Точити поверхню 1, 1', 2, 2', 3, 4 | Станок токарний з ЧПУ 16К20Т1,<br>Патрон трикулачковий ГОСТ 2675-80 |

Продовження таблиці 2.3



| 1   | 2           | 3  | 4  |
|-----|-------------|--|--|
| 010 | свердильна  | Свердлити отвір 5<br>Ø 26мм на всю<br>довжину заготовки  | Станок вертикально-<br>свердильний 2Н125<br>Лещата станочні<br>Свердло Р6М5                          |
| 015 | токарна     | Точити поверхню 7, 8,<br>9, 10, 11   | Станок токарний з ЧПУ<br>16К20Т1,<br>Патрон трикулачковий<br>ГОСТ 2675-80                            |
| 020 | свердильна  | Свердлити 4 отвіра<br>Ø14 мм на глибину $l = 17.5$ мм  | Станок вертикально-<br>свердильний 2Н125<br>Лещата станочні<br>Свердло Р6М5                          |
| 030 | протяжна    | Нарізати 6 зубів   | Станок горизонтально-<br>протяжний 7Б56У<br>Протяжка ГОСТ 25969-<br>83<br>Лещата з<br>пневмоприводом |
| 035 | шліфувальна | Шліфувати поверхню<br>1 до Ra 0.8  | Круглошліфувальний<br>станок 3Э110М<br>Круг ПП 300x40x24<br>2А40 ГОСТ 2424-96                        |
| 040 | токарна     | Точити 4 фаски 1x45<br>на поверхні 4. Точити<br>фаски 1x45 на<br>поверхнях 1, 1', 2, 2',<br>7, 8, 9, 10. | Станок токарний<br>16К20,<br>Патрон трикулачковий<br>ГОСТ 2675-80                                    |

## 2.4. Розрахунок режимів різання

### 2.4.1 Розрахунок свердильної операції

Матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Станок вертикально - свердильний мод. 2Н125

Свердло з швидкоріжучої сталі Р6М5

Глибина різання

При свердлінні глибина різання  $t = 0.5D$

$$t = 0.5 \cdot D = 0.5 \cdot 14 = 7 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Подача

При свердлінні отворів без обмежуючих факторів вибираємо максимально допустиму по міцності свердла подачу:  $S = 0.3 \text{ мм/об}$  [3]

Швидкість різання  $V$ , м/хв, при свердлінні

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{9.8 \cdot 14^{0.40}}{45^{0.20} \cdot 0.3^{0.50}} \cdot 0.765 = 18.378 \quad (2.2)$$

Значення коефіцієнтів  $C_v$  і показників степені вибираємо з табл. 28 [3], а значення періоду стійкості  $T$  – з табл. 30 [3].

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання  $K_v = 0.765$

Крутний момент,  $M_{кр}$ , Нм, визначимо за формулою

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0.0345 \cdot 14^{2.0} \cdot 0.3^{0.8} \cdot 1.296 = 33.454 \quad (2.3)$$

Осьову силу,  $P_0$ , Н, визначимо за формулою

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 14^{1.0} \cdot 0.3^{0.7} \cdot 1.296 = 5313 \quad (2.4)$$

де значення коефіцієнтів  $C_M$  і  $C_p$  і показники степені приведені в таблиці 2.2, коефіцієнт, враховуючий фактичні умови обробки, який в нашій ситуації є залежним тільки від матеріала оброблюваної заготовки і визначається виразом  $K_p = K_{MP}$ . Значення коефіцієнта  $K_{MP}$  приведені в табл.9 [3].

Потужність різання,  $N_e$ , кВт, визначаємо за формулою

$$Ne = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750} = \frac{33.454 \cdot 417.861}{9750} = 1.434 \quad (2.5)$$

де  $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 18.378}{3.14 \cdot 14} = 417.861$  об/хв – частота обертання

інструменту або заготовки

#### 2.4.2 Розрахунок шліфувальної операції

Матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Круглошліфувальний станок 3Е110М

Ріжучий шліфувальний круг ПП 300х40х24 2А40 ГОСТ 2424-96

Шліфувати поверхню 1

Швидкість обертання деталі  $V_3 = 50$  , м/хв

Швидкість обертання круга  $V_K = 35$  , м/с

Глибина шліфування  $t = 0.015$  , мм, обираю з табл. 55 [3]

Продольна подача  $S$ , мм/об

$$S = 0.04 \cdot B = 0.04 \cdot 40 = 1.6 \quad (2.6)$$

де  $B = 40$  мм – товщина круга

Потужність різання при шліфуванні  $N_P$ , кВт

$$N_P = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^g = 1.3 \cdot 50^{0.75} \cdot 0.015^{0.85} \cdot 1.6^{0.7} \cdot 68^0 = 0.957 \quad (2.7)$$

де  $C_N = 1.3$  – коефіцієнт [3];

$V_3 = 50$  м/хв – швидкість обертання деталі;

$t = 0.015$  мм – глибина шліфування;

$S = 1.6$  мм/об – подача;

$d = 68$  мм – діаметр шліфування;

$r = 0.75$ ,  $x = 0.85$ ,  $y = 0.7$ ,  $g = 0$  – показники степені.

Приймаю круглошліфувальний станок 3Є110М [3]

Перевіряю, чи достатньо потужності станка для даної операції

$$N_P \leq N_0; N_0 = N_a \cdot \eta$$

$$N_{ш} = 2.2 \cdot 0.8 = 1.76 \text{ кВт} \quad (2.8)$$

$$N_P \leq N_{ш}, \quad 0.957 \leq 1.76$$

За результатами останньої рівності можна зробити висновок, що процес різання є можливим.

### 2.4.3 Розрахунок токарної операції на верстаті з ЧПК

Розрахуємо токарну операцію обробки поверхонь 7, 8, 9, 10, 11 на токарному верстаті з ЧПК 16К20Т1. Обробка ведеться прохідним і підрізним різцями із сплаву Т15К6. Матеріал заготовки Сталь 40Х.

Згідно рекомендаціям при розрахунку при розрахунку токарної операції приймаємо такі параметри, як глибина різання і подача.

Глибина різання  $t = 0.5 \text{ мм}$

Подача різання  $S_0 = 0.5 \text{ мм/об}$

Назначаємо стійкість ріжучого інструменту [3]

$T = 30 - 60 \text{ хв}$ . Приймаю  $T = 60 \text{ хв}$ .

Розрахунок швидкості різання. Загальний поправочний коефіцієнт  $K_v$  на швидкість різання є твором з окремих коефіцієнтів

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0.765 \cdot 0.8 \cdot 1.00 = 0.612 \quad (2.9)$$

де  $K_{mv} = 0.765$  – вплив якості оброблюваного матеріалу;

$K_{nv} = 0.8$  – вплив стану поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1.00$  – вплив матеріалу ріжучої частини табл.6 [3].

Швидкість різання  $V$ , м/хв, визначаємо за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0.20} \cdot 0.5^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} = 133.622 \quad (2.10)$$

де  $C_v = 350$  – коефіцієнт [3];

$m = 0,2$   $x = 0,15$   $y = 0,35$  – показники степені [3];

$T = 60$  хв – стійкість інструменту [3].

Розрахунок частот обертання  $n_p$ ,  $\text{хв}^{-1}$  шпинделя станка для діаметрів

$d_1 = 112$  мм,  $d_2 = 106$  мм,  $d_3 = 67$  мм,  $d_4 = 52$  мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_n} \quad (2.11)$$

$$n_{p1} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_1} = \frac{1000 \cdot 133.622}{3.14 \cdot 112} = 379.761$$

$$n_{p2} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_2} = \frac{1000 \cdot 133.622}{3.14 \cdot 106} = 401.257$$

$$n_{p3} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 133.622}{3.14 \cdot 67} = 634.824$$

$$n_{p4} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_4} = \frac{1000 \cdot 133.622}{3.14 \cdot 52} = 817.946$$

Коректуємо розрахункові частоти обертання шпинделя верстата за паспортними даними 16K20T1.

$$n_{\phi 1} = 355 \text{ хв}^{-1} \text{ (M40S4)}$$

$$n_{\phi 2} = 400 \text{ хв}^{-1} \text{ (M39S7)}$$

$$n_{\phi 3} = 560 \text{ хв}^{-1} \text{ (M39S8)}$$

$$n_{\phi 4} = 800 \text{ хв}^{-1} \text{ (M39S9)}$$

Уточнюємо швидкості різання  $V_d$  по формулі

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot \phi}{1000} \quad (2.12)$$

$$V_{D1} = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot \phi_1}{1000} = \frac{3.14 \cdot 231 \cdot 355}{1000} = 124.91 \text{ м/хв}$$

$$V_{D2} = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot \phi_2}{1000} = \frac{3.14 \cdot 231 \cdot 400}{1000} = 133.204 \text{ м/хв}$$

$$V_{D3} = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot \phi_3}{1000} = \frac{3.14 \cdot 231 \cdot 560}{1000} = 117.873 \text{ м/хв}$$

$$V_{D4} = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot \phi_4}{1000} = \frac{3.14 \cdot 231 \cdot 800}{1000} = 130.69 \text{ м/хв}$$

Визначаємо головну складову сили різання, для цього обчислимо поправочний коефіцієнт  $K_p$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} \quad (2.13)$$

$$K_{p z} = 1.222 \cdot 0.89 \cdot 1.1 \cdot 1.0 = 1.196$$

$$K_{p y} = 1.222 \cdot 0.50 \cdot 1.4 \cdot 0.75 = 0.642$$

$$K_{p x} = 1.222 \cdot 1.17 \cdot 1.4 \cdot 1.07 = 2.142$$

де  $K_{mp} = 1.222$ ,  $K_{\phi p} = 0.89$ ,  $K_{\gamma p} = 1.1$ ,  $K_{\lambda p} = 1.0$  – поправочні коефіцієнти [3];

$K_{r p}$  – враховується лише для швидкоріжучої сталі.

Визначаємо складові сили різання  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $H$

$$P_{z, x, y} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (2.14)$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.5^1 \cdot 0.5^{0.75} \cdot 133.622^{-0.15} \cdot 1.196 = 511.88$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0.5^{0.9} \cdot 0.5^{0.6} \cdot 133.622^{-0.3} \cdot 0.642 = 127.009$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0.5^1 \cdot 0.5^{0.5} \cdot 133.622^{-0.4} \cdot 2.142 = 362.346$$

де  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$ , – показники степені для конкретних видів обробки, різні для тангенціальної, радіальної та осьової складових сили різання [3].

Розрахунок ефективної потужності різання  $N_p$ , кВт

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_D}{60 \cdot 1020} = \frac{511.88 \cdot 133.622}{60 \cdot 1020} = 1.118 \quad (2.15)$$

Расчет мощности шпинделя  $N_0$ , кВт

$$N_0 = N_\Phi \cdot \eta = 11 \cdot 0.85 = 9.35 \quad (2.16)$$

де  $\eta = 0.85$  – ККД привода

$N_\Phi$  – потужність верстата.

Перевірка потужності верстата для забезпечення процесу різання

$$N_0 \geq N_p$$

$$9.35 > 1.118$$

По результатами останньої рівності можна зробити висновок, що процес різання є можливим.

Визначимо координати переміщення ріжучого інструменту при обробці поверхонь деталі.

Таблиця 3.4 – Координати переміщення ріжучого інструменту

| Точки | По осі X |          | По осі Z |          |
|-------|----------|----------|----------|----------|
|       | мм       | дискрети | мм       | дискрети |
| 0     | 100      | 20000    | 200      | 20000    |
| 1     | 56       | 11200    | 90       | 9000     |
| 2     | 56       | 11200    | 84       | 8400     |
| 3     | 53       | 10600    | 84       | 8400     |
| 4     | 33.5     | 6700     | 66       | 6600     |
| 5     | 33.5     | 6700     | 60       | 6000     |
| 6     | 26       | 5200     | 60       | 6000     |
| 6'    | 26       | 5200     | 95       | 9500     |

## Керуюча програма

|             |            |
|-------------|------------|
| N10 M40     | N190 Z6600 |
| N20 M3      | N200 S9    |
| N30 F50     | N210 X5200 |
| N40 X20000  | N220 Z6000 |
| N50 Z20000  | N230 X5200 |
| N60 T3      | N240 Z9500 |
| N70 S4      | N250 M5    |
| N80 X11200  |            |
| N90 Z9000   |            |
| N100 X11200 |            |
| N110 Z8400  |            |
| N120 S7     |            |
| N130 X10600 |            |
| N140 Z8400  |            |
| N150 S8     |            |
| N160 X6700  |            |
| N170 Z6600  |            |
| N180 X6700  |            |



## **3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Опис конструкції вибраного вузла**

Для розподілу зусилля на ведучі мости автомобіля і трансмісію введена роздавальна коробка, яка представляє собою двоступінчастий редуктор.

Вали, передаючи крутний момент на передній і задній мости, пов'язані між собою міжосьовим диференціалом, що забезпечує постійний привід обох провідних мостів і покращує стійкість автомобіля. Міжосьовий диференціал розподіляє зусилля на ведучі мости автомобіля пропорційно зчпний масі, тобто частини повної маси автомобіля, яка припадає на кожну вісь ведучих коліс. Крім того, диференціал дозволяє колесам ведучих мостів обертатися з різними швидкостями, що усуває прослизання і підвищений знос шин, а також знижує навантаження в трансмісії.

Для збільшення прохідності автомобіля диференціал може бути заблокований. При блокуванні диференціала загоряється контрольна лампа на панелі приладів.

### **3.2 Вибір основних параметрів роздавальної коробки**

#### **3.2.1 Матеріали і термообробка**

Матеріали, застосовувані для виготовлення первинного вала: сталь 45, загартування ТВЧ на глибину 2 мм, твердість HRC=56-60; сталь 40X, 15XA, 18XГТ, цементация на глибину до 1,2 мм, загартування в маслі, відпустку, твердість HRC=56-65.

Матеріали, застосовувані для виготовлення ричага: сталь 40 або 40ХНМА, ціанування, загартування в олії відпустку, твердість на пазах HRC=48-55; сталь 40X, 12ХН3А, термообробка - цементация на глибину 0,9-1,2 мм, загартування в олії з подальшою відпусткою, твердість HRC=56-64.

Матеріали, застосовувані для виготовлення шестерень первинного вала: сталь 35Х, 40Х, термообробка - ціанування на глибину до 0,25 мм, загартування в олії з подальшою відпусткою, твердість на зубах HRC=48-55; сталь 18ХНМА або 18ХГТ, термообробка - цементация на глибину 1,0-1,2 мм, загартування в маслі, відпустку, твердість HRC=56-62.

Матеріали, застосовувані для виготовлення шестерень ричага: сталь 35Х, 40Х або 40ХНМА, термообробка - ціанування на глибину 0,2-0,24 мм, загартування в маслі, відпустку, твердість на зубах HRC=58-65; сталь 12ХНЗА, 18ХНМА, термообробка - цементация на глибину 0,9-1,2 мм, загартування в маслі, відпустку, твердість HRC=58-64.

### 3.2.2 Вибір чисел зубів шестерень роздавальної коробки

Вихідними даними для підбору чисел зубів шестерень РК є значення передавальних чисел коробки ( $u_{ki}$ ,  $u = 1, 2, \dots, 5$ ), прийняті в тяговому розрахунку.

При виборі числа зубів необхідно враховувати, що непарне число суми зубів передачі краще, оскільки зменшується можливість отримання суми чисел зубів із загальним множником, що обумовлює нерівномірність зносу контакту зубів.

Спочатку слід задатися сумарним числом зубів  $Z_{\Sigma}$  в кожній сполученій парі зубчатих коліс по рекомендаціям:

$Z_{\Sigma} = 54 \pm 8$  – для двухвальних РК легкових автомобілей.

Для двухвальних несоосних РК задане значення  $i_{ki}$  на кожній передачі формується однією парою зубчатих коліс. Тому потрібні значення чисел зубів шестірні й колеса визначаються рішенням системи двох рівнянь:

$$\begin{cases} Z_{\Sigma i} = Z_{шi} + Z_{кi} \\ \frac{Z_{шi}}{Z_{кi}} = u_{ki}, i = 1, 2, \dots, n, \end{cases} \quad (3.1)$$

де  $Z_{шi}$  – число зубів шестерні;

$Z_{ki}$  – число зубів колеса.

Після визначення чисел зубів шестерні й колеса визначаємо скоригована передаточне число за формулою

$$u_{kick} = \frac{Z_{ki}}{Z_{wi}} \cdot u_{ki} \quad (3.2)$$

Потім визначаємо похибку обчислення передаточного числа за формулою

$$\delta_i = \left| \frac{u_{kick} - u_{ki}}{u_{ki}} \right| \cdot 100\% \quad (3.3)$$

Визначимо перераховані вище величини для всіх п'яти передач і отримані значення зведемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

| Порядковий номер передачі | $U_{\text{пост}}$ | $U_{\text{рк пов}}$ | $U_{\text{рк пон}}$ |
|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| Число зубів шестерні      | 36                | 59                  | 54                  |
| Число зубів колеса        | 56                | 35                  | 20                  |
| Передаточне число         | 0.6               | 1                   | 2.7                 |

Попередньо міжосьова відстань,  $a_w$ , мм проектованої роздавальної коробки (РК) визначається емпіричною залежністю (округляємо до стандартного значення)

$$a_w = C \cdot \sqrt[3]{M_{e \max} \cdot U_1} = 14.5 \cdot \sqrt[3]{218.749 \cdot 3.951} = 138.119 \approx 140 \quad (3.4)$$

де  $C=14,5-16$  – емпіричний коефіцієнт;

$U_1 = 3.951$  – передаточне число першої передачі.

Робоча ширина,  $b_w$ , мм зубчастого вінця

$$b_w = (0,18 \div 0,24) \cdot a_w = 0,2 \cdot 138,119 = 27,624 \approx 28 \quad (3.5)$$

Окружний ділительний модуль

Визначаємо модуль зубчастих коліс  $m_t=3\text{мм}$ ,

Дійсний кут зуба беруть у межах  $22^\circ \pm 4^\circ$ , приймаємо  $\beta=23,56^\circ$ .

$$m_t = m_n / \cos \beta = 3 \cdot \cos 23,56^\circ = 2,75 \text{мм} \quad (3.6)$$

Кут нахилу  $\beta$  і напрямок лінії зуба

Кут  $\beta$  вибираємо з двох умов :

$$\sin \beta \geq \pi \cdot \left( \frac{m_n}{b_w} \right) \quad (3.7)$$

$$\sin \beta \geq 3,14 \cdot \left( \frac{2,750}{28} \right) = 0,308$$

Тоді остаточний вибір  $\beta$  визначає залежність

$$\beta = \arccos\left(\frac{m_n \cdot z_{\Sigma i}}{2 \cdot a}\right) = \arccos\left(\frac{2,750 \cdot 74}{2 \cdot 111,003}\right) = 23,56 \quad (3.8)$$

де

$$a = \frac{m_n}{2 \cos \beta} \cdot z_{\Sigma i} < a_w \quad (3.9)$$

$$a = \frac{2,75}{2 \cdot \cos(23,56)} (54 + 20) = 111,003 < 140$$

### 3.2.3 Вибір зачеплення шестерень роздавальної коробки

Коефіцієнт торцевого перекриття

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\alpha}^i &\approx \left[ 1,88 - 3,2 \cdot \left( \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \\ &= \left[ 1,88 - 3,2 \cdot \left( \frac{1}{54} + \frac{1}{20} \right) \right] \cdot \cos 23,56^{\circ} = 1,522\end{aligned}\quad (3.10)$$

де  $z_1, z_2$  – числа зубів шестерні і колеса.

### 3.2.4 Розрахунок діаметрів шестерень роздавальної коробки і сил

Шестерня №1.

На первинному валу:  $z_1=54$

$$d_1 = d_{w1} = \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta} = \frac{3 \cdot 54}{\cos 23,56^{\circ}} = 176,732 \text{ мм} \quad (3.11)$$

Окружна сила, Н

$$F_t = 2 \cdot \frac{M_1}{d_{w1}} = 2 \cdot \frac{864,277}{176,732} = 9781 \quad (3.12)$$

де  $M_1 = M_{e_{\max}}$

$$\text{Радіальна сила, Н} \quad F_r = 2 \cdot \frac{M_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_w}{d_{w1} \cdot \cos \beta} = 2 \cdot \frac{864,277 \cdot \operatorname{tg} 140}{176,732 \cdot \cos 23,56} = 24920 \quad (3.13)$$

$$\text{Осьова сила, Н} \quad F_a = 2 \cdot \frac{M_1 \cdot \operatorname{tg} \beta}{d_{w1}} = 2 \cdot \frac{864,277 \cdot \operatorname{tg} 23,56}{176,732} = 5029 \quad (3.14)$$

Нормальна сила, Н

$$F_n = 2 \cdot \frac{M_1}{d_{w1} \cdot \cos \alpha_w \cdot \cos \beta} = 2 \cdot \frac{864,277}{176,732 \cdot \cos 140 \cdot \cos 23,56} = 25420 \quad (3.15)$$

Діаметр кола вершин, мм

$$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot h_a^* \cdot m_t = 176,732 + 2 \cdot 1 \cdot 3 = 182,732 \quad (3.16)$$

Діаметр кола западин, мм

$$d_{f1} = d_{w1} - 2 \cdot (h_a^* + c^*) \cdot m_t = 176,732 - 2 \cdot (1 + 0,25) \cdot 3 = 169,232 \quad (3.17)$$

### 3.2.5 Питоме навантаження на зуб для першої передачі

Розрахунки зубчастих передач проводять згідно з ГОСТ 21354-75.

Розрахункова питоме навантаження по нормалі до профілю

$$q_H = \frac{F_n}{l_{\min}} \quad (3.18)$$

де  $F_n$  – нормальна сила на зубі;

$l_{\min}$  – найменша довжина контактної лінії.

Сумарна довжина контактної лінії в процесі зачеплення змінюється.

Найменша довжина, мм

$$l_{\min} = \frac{k_{\Sigma} \cdot b_w \cdot \varepsilon_{\alpha}}{\cos(\beta_w)} = \frac{1 \cdot 28 \cdot 1,522}{\cos 23,56} = 46,501 \quad (3.19)$$

де  $k_{\Sigma}$  – коефіцієнт зміни сумарної довжини контактної лінії, для косозубих передач  $k_{\Sigma} = 1$ ;

$\varepsilon_{\alpha}$  – торцевого перекриття, для косозубих передач  $\varepsilon_{\alpha} = 1,522$ .

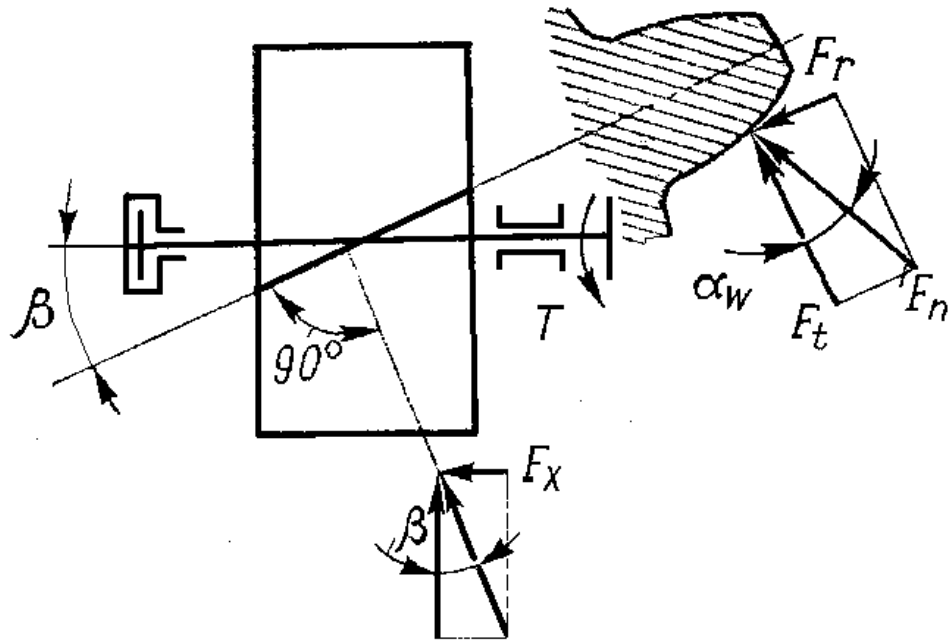


Рисунок 3.1 – Зусилля, що діють в зачепленні косозубих циліндричних зубчастих коліс

Нормальна сила на зуб

$$F_n = \frac{2 \cdot M_p \cdot K_H}{d_{u1} \cdot \cos(\alpha_{wt}) \cdot \cos(\beta_w)} = \frac{2 \cdot 864,277 \cdot 1,22}{176,732 \cdot \cos(140) \cdot \cos(23,56)} = 8009 \quad (3.20)$$

де  $M_p=864,277$  Н·м – розрахований момент;

$$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\nu} = 1,1 \cdot 1,07 \cdot 1,038 = 1,22 \text{ – коефіцієнт навантаження}$$

$K_{H\alpha}$ ,  $K_{H\beta}$ ,  $K_{H\nu}$  – коефіцієнти, що враховують відповідно розподіл навантаження між зубами, нерівномірність розподілу навантаження по довжині контактної лінії, динамічне навантаження, що виникає в зачепленні. Порядок знаходження цих коефіцієнтів визначено ГОСТ 21354 - 75..

### 3.3 Розрахунок елементів вузла на міцність і довговічність

Розрахунок на контактну втому зубчастого зачеплення першої передачі

В основу розрахунку покладена залежність Герца - Беляєва для найбільших нормальних напруг, МПа, у зоні контакту, що виникають при стисненні двох циліндрів

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot M_1 \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\nu} \cdot \frac{u_{\kappa 1} + 1}{u_{\kappa 1}}}{b_W \cdot d_{w1}^2}} = \quad (3.21)$$

$$= 1,689 \cdot 275 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 864,277 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,05}{28 \cdot 176,732^2}} \cdot 1,253 = 22,549$$

$$\text{де } Z_H = \sqrt{\frac{\cos \beta_w}{\cos \alpha \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{0,917}{0,408 \cdot 0,913}} = 1,689 \text{ – коефіцієнт геометрії}$$

зачеплення;

$Z_M = 275$  МПа – коефіцієнт матеріалу;

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{K_\Sigma \cdot \varepsilon_\alpha^I}} = \sqrt{\frac{1}{1 \cdot 1,522}} = 0,81 \text{ – коефіцієнт контактної лінії;}$$

$b_W = 28$  – ширина зубчастого вінця;

$K_{H\alpha} = 1.15$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами при розрахунках на контактну витривалість;

$K_{H\beta} = 1.2$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині зубчастого вінця;

$K_{H\nu} = 1.05$  – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в зачепленні

У реальних умовах експлуатації необхідно ввести не дійсні, а еквівалентні цикли навантаження.

Еквівалентне число циклів навантаження, циклів



$$N_{\vartheta} = 60 \cdot T_h \cdot n_p \cdot K_{PH} = 60 \cdot 3000 \cdot \frac{5400}{2} \cdot 0,2 = 9,72 \cdot 10^7 \quad (3.22)$$

де  $T_h = 3000$  год, – час роботи на першій передачі;

$n_p$  – розрахункова частота обертання, дорівнює половині частоти обертання при максимальній потужності двигуна;

$K_{PH} = 9,72 \cdot 10^7$  – коефіцієнт пробігу, що характеризує відношення довговічності деталі при розрахунковому моменті  $T_p$  і дійсним нагрузочном режимі (визначається за графіком).

Реальне число циклів враховується при визначенні допустимої напруги

$$[\sigma_H] = [\sigma_{H0}] \sqrt[3]{\frac{N_0}{N_{\vartheta}}} = 1380 \cdot \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 10^7}{9,72 \cdot 10^7}} = 1480; \quad (3.23)$$

$$\sigma_H = 22,549 \leq [\sigma_H] = 1480$$

де  $N_0 = 12 \cdot 10^7$  — базове число циклів для зубчастих коліс з твердістю поверхні  $H \geq \text{HRC } 56$

$[\sigma_{H0}] = 23 \cdot H_{\text{HRC}} = 23 \cdot 60 = 1380 \text{ МПа}$ . – допустимі напруги для сталі марки 18ХГТ з цементацією згідно з ГОСТ 21354-75.

Для розрахунку максимального контактної напруги використовується параметр контактної напруги  $\Pi_H$ , МПа

$$\Pi_{H \max} = k_{jM} \cdot \frac{F_n}{b_w \cdot d_{u1}} \cdot Z_H \cdot Z_{\varepsilon} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hx} = \quad (3.24)$$

$$= 1,75 \cdot \frac{12270}{28 \cdot 176,732} \cdot 1,689 \cdot 0,81 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 = 8,197$$

де  $k_{jM} = 1,75$  – коефіцієнт максимального динамічного навантаження;

$K_{H\alpha} = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив розмірів зубчастого колеса та його зубів.

Обчислимо максимальну контактну напругу, МПа

$$\begin{aligned}\sigma_{H \max} &= Z_M \cdot \sqrt{\Pi_{H \max}} = \sigma_{H \max} = 275 \cdot \sqrt{8,197} = 787,349 \\ \sigma_{H \max} &= 787,349 \leq \sigma_{H \lim M} = 1480\end{aligned}\quad (3.25)$$

Воно задовольняє допустимому значенню.

Розрахунок на втому при вигині зубчастого зачеплення першої передачі

При розрахунку зубів на втомлену міцність номінальна напруга  $\sigma_F$ ,

МПа, обчислюється за формулою

$$\begin{aligned}\sigma_F &= \frac{F_n}{m_n \cdot b_w} \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_\beta = \\ &= \frac{864.277}{27.75 \cdot 28} \cdot 1.276 \cdot 4.8 \cdot 0.832 = 57.178\end{aligned}\quad (3.26)$$

де  $K_F = 1.276$  – коефіцієнт навантаження;

$Y_F = 4.8$  – коефіцієнт форми зуба, установлюваний за еквівалентним числом зубів;

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta_w}{140} = 1 - \frac{23,560}{140} = 0,832. \quad \text{– коефіцієнт, що враховує зміну плеча дії}$$

навантаження по лінії контакту косозубого колеса;

$K_{F\alpha}$ ,  $K_{F\beta}$ ,  $K_{Fv}$  – коефіцієнти, що враховують відповідно розподіл навантаження між зубами, нерівномірність розподілу по довжині контактної лінії, динамічне навантаження, що виникає в зачепленні.

Обчислимо еквівалентне число зубів

$$Z_{np} = \frac{Z_{u1}}{\cos^3(\beta_w)} = \frac{54}{0.917^3} = 70.112.\quad (3.27)$$

Допустима напруга вигину

$$[\sigma_F] = [\sigma_{rd}] \cdot \sqrt[3]{\frac{N_0}{N_9}} = 1380 \cdot \sqrt[3]{\frac{10^7}{1,89 \cdot 10^6}} = 1116,16; \quad (3.28)$$

$$\sigma_F = 57,18 \text{ МПа} \leq [\sigma_F] = 1116,16.$$

де  $[\sigma_{rd}] = 1380$  МПа, – допустима напруга вигину при розрахунку на міцність, на втомленість деталі, що враховує концентрацію напруг, розміри деталі, зміцнення і асиметрії циклу;

$N_9 = 1,89 \cdot 10^6$  – наведене число циклів;

$N_0 = 1,89 \cdot 10^6$  – базове число циклів.

Розрахуємо максимальну напругу,  $\sigma_{F \max}$ , МПа, вигину

$$\sigma_{F \max} = k_{jM} \cdot \frac{F_n}{b_w \cdot m_n} \cdot Y_\alpha \cdot Y_\beta \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fx} = \quad (3.29)$$

$$= \sigma_{F \max} = 1,75 \cdot \frac{12270}{28 \cdot 2,75} \cdot 4,8 \cdot 0,832 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1 = 1292$$

де  $K_{Fx} = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив розмірів зубчастого колеса та його зубів.

$$\sigma_{F \max} \leq 0,9 \cdot \sigma_{F \lim M};$$

$$1292 \leq 0,9 \cdot (1600 \dots 1900) \text{ МПа} = 1710 \text{ МПа}.$$

Тобто умову виконано.

### 3.4 Розрахунок валів на статичну міцність і жорсткість

Вали розраховують на дію вигину, кручення і стиснення (розтягнення). Розрахуємо первинний вал при включеній першій передачі. Вал передає

крутний момент, і відчуває вигин під дією сил, що діють у зубчастих зачеплення. Ці сили можна розкласти на три складові:

окружну силу  $F_{t1}$ , Н

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_p}{d_{u1}} = \frac{2 \cdot 864.277}{0.176} = 9781; \quad (3.30)$$

радіальну силу  $F_{r1}$ , Н

$$F_{r1} = \frac{2 \cdot M_p \cdot \operatorname{tg}(\beta_w)}{d_{u1} \cdot \cos(\beta_w)} = \frac{2 \cdot 864.277 \cdot 0.436}{0.176 \cdot 0.917} = 4653; \quad (3.31)$$

осьову силу  $F_{a1}$ , Н

$$F_{a1} = \frac{2 \cdot M_p \cdot \operatorname{tg}(\beta_w)}{d_{u1}} = \frac{2 \cdot 864.277 \cdot 0.436}{0.176} = 4265. \quad (3.32)$$

Найбільший діаметр валу  $d_{вн}$  попередньо може бути визначений по відношенню до довжині валу  $l$ :

$$\frac{d_{вн}}{l} = 0.16 \dots 18; \quad (3.33)$$

$$d_{вн} = l \cdot 0.16 = 220 \cdot 0.16 = 35.2 \text{ мм}$$

Міцність валів коробки перевіряють при спільній дії вигину і крутіння. При розрахунку вал розглядають як балку, що лежить на шарнірних опорах. Визначають складові опорних реакцій і відповідні їм згинальні моменти у вертикальній  $M_x$  і горизонтальній  $M_y$  площинах. Визначаються: статична міцність валу, витривалість за напруг вигину з побудовою епюр згинаючих і крутних моментів і проводиться розрахунок жорсткості валів в горизонтальній і

вертикальній площинах. На компоновальній схемі плечі рівні,  $a=20$  мм и  $b=96$  мм. Визначимо реакції опор і згинальні моменти

$$R_{ax1} = \frac{F_{t1} \cdot b}{a+b} = \frac{9781 \cdot 0.096}{0.02+0.096} = 8095 \text{ Н}; \quad (3.34)$$

$$R_{bx} = \frac{F_{t1} \cdot a}{a+b} = \frac{9781 \cdot 0.02}{0.02+0.096} = 1686 \text{ Н}; \quad (3.35)$$

$$M_{ux} = \frac{F_{t1} \cdot a \cdot b}{a+b} = \frac{9781 \cdot 0.02 \cdot 0.096}{0.02+0.096} = 161.892 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.36)$$

$$M_{c1} = \frac{F_{a1} \cdot d_{u1}}{2} = \frac{9781 \cdot 0.176}{2} = 376.881 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.37)$$

$$R_{ay1} = \frac{F_{r1} \cdot b + M_{c1}}{a+b} = \frac{4653 \cdot 0.096 + 376.881}{0.02+0.096} = 7100 \text{ Н}; \quad (3.38)$$

$$R_{by} = \frac{F_{r1} \cdot a + M_{c1}}{a+b} = \frac{4653 \cdot 0.02 + 376.881}{0.02+0.096} = 4051 \text{ Н}; \quad (3.39)$$

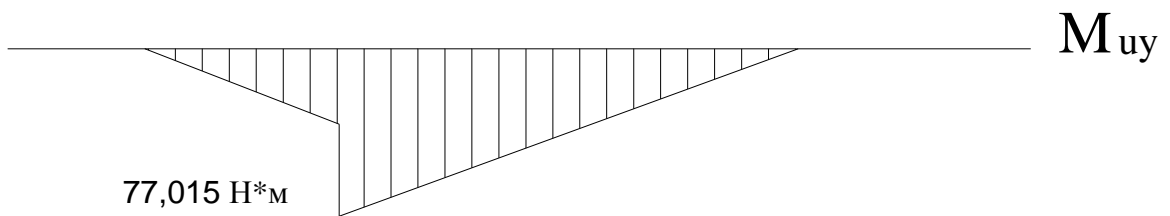
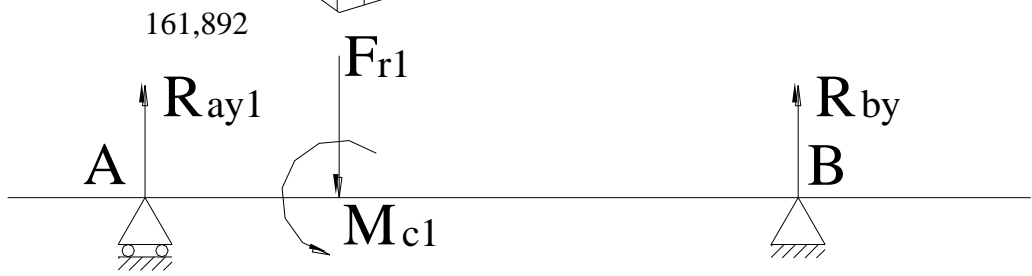
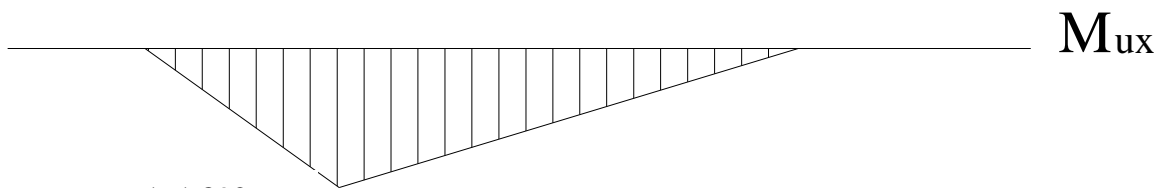
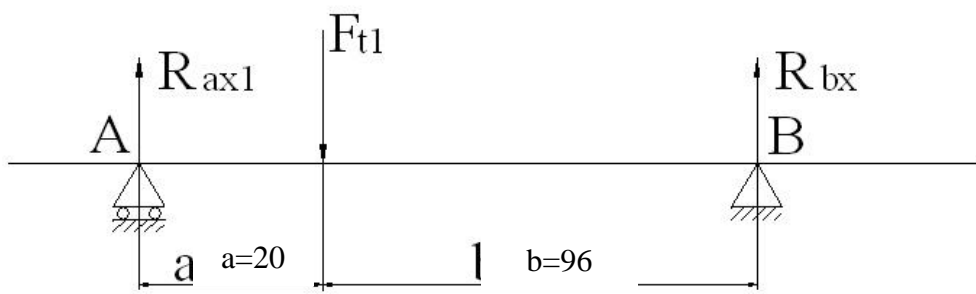
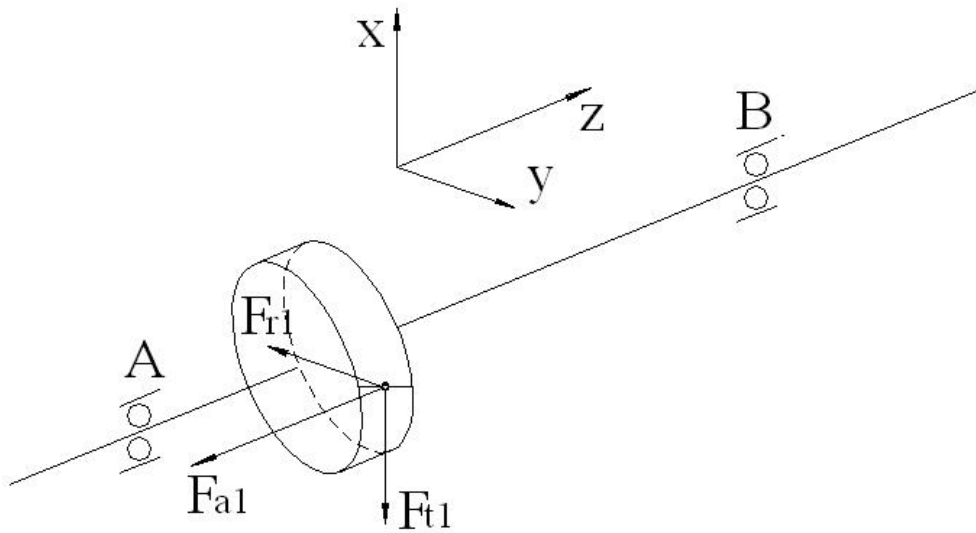
$$M_{uy} = \frac{F_{r1} \cdot a \cdot b}{a+b} = \frac{4653 \cdot 0.02 \cdot 0.096}{0.02+0.096} = 77.015 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.40)$$

$$M_u = \sqrt{M_{ux}^2 + M_{uy}^2} = \sqrt{161.892^2 + 77.015^2} = 179.278 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.41)$$

$$M_{ПП} = \sqrt{M_u^2 + (\alpha \cdot M_p)^2} = \sqrt{179.278^2 + (1 \cdot 864.277)^2} = 882.675 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.42)$$

де  $\alpha = 1$  – коефіцієнт, що враховує відмінності у характеристиках циклів напруг вигину і крутіння.

Побудуємо епюри згинальних моментів первичного вала роздавальної коробки на першій передачі



77,015 H\*M

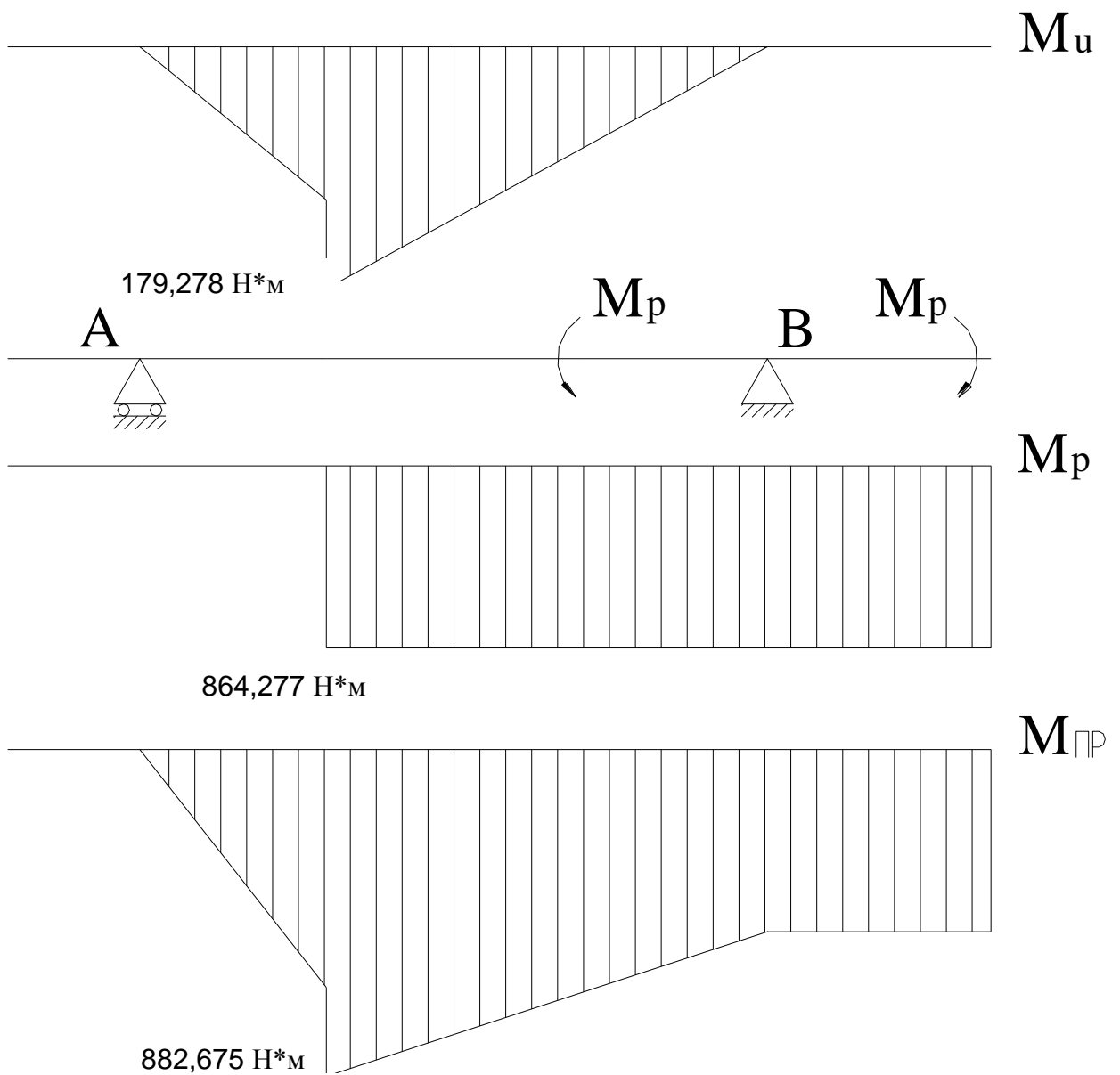


Рисунок 3.2. – Епюри навантаження вала

Результуюча напруга  $\sigma_p$ , МПа, від дії крутного моменту  $M_r$  і вигину на першій передачі

$$\sigma_p = \frac{M_{pr}}{W_u} \leq 400 \quad (3.43)$$

де  $M_{pr}=882.675 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – наведений розрахунковий момент;

$W_u$  – момент опору.

Моменти опору на вигин  $W_u$ ,  $\text{мм}^3$ , і на кручення  $W_k$ ,  $\text{мм}^3$  рівні

$$W_u = \frac{\pi \cdot 28^3}{32} = 2155; \quad (3.44)$$

$$W_\kappa = \frac{\pi \cdot d_H^3}{16} = \frac{\pi \cdot 28^3}{16} = 4310 \quad (3.45)$$

Звідси розрахунковий діаметр  $d_H$ , мм суцільного валу в характерній точці визначається за формулою

$$d_H = \sqrt[3]{\frac{M_{ПП}}{0.1 \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{882.675}{0.1 \cdot 400}} = 28 \quad (3.46)$$

Оцінку статичної міцності валу проводять за межі текучості  $\sigma_T$  або міцності  $B$ . При відношенні  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,7$  запас міцності визначають за межі текучості, а при  $\sigma_T/\sigma_B > 0,7$  – за межею міцності.

Площа  $S$ , мм<sup>2</sup> перерізу валу дорівнює

$$S = \frac{\pi \cdot d_H^2}{4} = \frac{\pi \cdot 28^2}{4} = 615.752 \quad (3.47)$$

Напруга  $\sigma$ , МПа, вигину

$$\sigma = \frac{M_u}{W_u} + \frac{F \cdot a_1}{S} = \frac{179.278}{2155} + \frac{4265}{615.752} = 90.118 \quad (3.48)$$

Напруга  $\tau$ , МПа, кручення

$$\tau = \frac{M_p}{W_\kappa} = \frac{864.277}{4310} = 200.528. \quad (3.49)$$



Первинний вал роздавальної коробки виготовимо з сталі 18ХГТ зі слідуючими механічними: твердість не менше 330НВ, межа міцності при згинанні  $\sigma_B=1150$  МПа, межа текучості при згинанні  $\sigma_T=950$  МПа, межа міцності при крутінні  $\tau_B=900$  МПа, межа текучості при крутінні  $\tau_T=665$  МПа.

Коефіцієнти, що враховують вплив абсолютних розмірів перетину валу діаметром  $d_n=18,35$  мм: на межу текучості  $K_{\varepsilon T}=0,95$ , на межу міцності  $K_{\varepsilon B}=0,98$ .

Коефіцієнти запасу міцності по межі текучості по напругам згинання і по напругам крутіння відповідно дорівнюють

$$n_{\sigma T} = \frac{K_{\varepsilon T} \cdot \sigma_T}{\sigma} = \frac{0,95 \cdot 950}{90,118} = 10,015 \quad (3.50)$$

$$n_{\tau T} = \frac{K_{\varepsilon T} \cdot \tau_T}{\tau} = \frac{0,95 \cdot 665}{200,528} = 3,15 \quad (3.51)$$

Коефіцієнти запасу міцності по межі міцності, по напругам згинання і по напругам крутіння відповідно дорівнюють

$$n_{\sigma B} = \frac{K_{\varepsilon B} \cdot \sigma_B}{\sigma} = \frac{0,98 \cdot 1150}{90,118} = 12,506 \quad (3.52)$$

$$n_{\tau B} = \frac{K_{\varepsilon B} \cdot \tau_B}{\tau} = \frac{0,98 \cdot 900}{200,528} = 4,398 \quad (3.53)$$

Обчислимо загальний коефіцієнт запасу міцності за межі текучості, за межею міцності відповідно

$$n_T = \frac{n_{\sigma T} \cdot n_{\tau T}}{\sqrt{n_{\sigma T}^2 + n_{\tau T}^2}} = \frac{10,015 \cdot 3,15}{\sqrt{10,015^2 + 3,15^2}} = 3,005 \quad (3.54)$$

$$n_B = \frac{n_{\sigma B} \cdot n_{\tau B}}{\sqrt{n_{\sigma B}^2 + n_{\tau B}^2}} = \frac{12,506 \cdot 4,398}{\sqrt{12,506^2 + 4,398^2}} = 4,149 \quad (3.55)$$

### 3.5 Вибір підшипників

Виберемо радіальний шарикопідшипник ШР-1 24x62x17 для опори А з наступними технічними характеристиками:  $C=30,3$  кН і  $C_0=24,6$  кН.

Метою проектного розрахунку підшипника є перевірка величини коефіцієнта динамічної вантажопідйомності  $C$  у відповідності зі стандартом за залежності

$$C = P \cdot L^{\frac{1}{k}} \quad (3.56)$$

де  $k = 3$  – степеневий показник для кулькових підшипників;

$P$  – еквівалентне динамічне навантаження на підшипник;

$L$  – довговічність підшипника.

Довговічність  $L_h$ , год, визначається по загальному пробігу автомобіля  $S$  до капітального ремонту і середній швидкості  $V_{cp}$  руху автомобіля

$$L_h = \frac{S}{V_{cp}} = \frac{6.5 \cdot 10^3}{87} = 74.71. \quad (3.57)$$

Зв'язок між довговічністю  $L_h$ , ч, і числом циклів  $L$

$$L = \frac{60 \cdot L_h \cdot n}{10^6} = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 2800}{10^6} = 12.55 \text{ млн. циклів} \quad (3.58)$$

де  $n = 2800$  об/хв – частота обертання первичного вала роздавальної коробки, відповідна середньої швидкості руху.

Еквівалентне динамічне навантаження, сприйнятлива підшипником в опорі А для і-тієї передачі:

$$P_i = \begin{cases} \left( X \cdot V \cdot R_{ai} + Y \cdot F_{ai} \right) \cdot K_{\sigma} \cdot K_{T, \text{нпу}} \frac{F_{ai}}{Y \cdot R_{ai}} \geq e; \\ R_{ai} \cdot V \cdot K_{\sigma} \cdot K_{T, \text{нпу}} \frac{F_{ai}}{Y \cdot R_{ai}} \leq e, \end{cases} \quad (3.59)$$

де  $X, Y$  – коефіцієнти радіального і осьового навантажень;

$e$  – довідковий параметр осьового навантаження;

$F_{r i}, R_{a i}$  – радіальне й осьове навантаження на підшипник на  $i$ -ту передачу;

$K_{\sigma}$  – коефіцієнт безпеки, що враховує вплив динамічних навантажень від нерівності дорожнього покриття;

$K_T$  – температурний коефіцієнт;

$V$  – коефіцієнт обертання.

Для визначення коефіцієнтів  $X$  і  $Y$  обчислимо співвідношення

$$\frac{F_{a2} \cdot 10^2}{C_0} = \frac{3025.945 \cdot 10^2}{24600} = 6.142. \quad (3.60)$$

По таблиці йому відповідає  $e = 0,263$  (визначається методом інтерполювання). Оскільки

$$\frac{F_{a2}}{V \cdot R_{a1}} = \frac{1609.794}{1.3180} = 0.475 \geq e = 0.263 \quad (3.61)$$

то  $X=0,56, Y=1,7$ .

Визначимо еквівалентне навантаження,  $H$ , для кожної передачі

$$P_1 = 1 \cdot 0.56 \cdot 3180 + 1.72 \cdot 1481 = 4328;$$

$$P_2 = 1 \cdot 0.56 \cdot 2134 + 1.72 \cdot 1511 = 3794;$$

$$P_3 = 1 \cdot 0.56 \cdot 1128 + 1.72 \cdot 814 = 2032;$$

$$P_4 = 1 \cdot 0.56 \cdot 281 + 1.72 \cdot 689 = 1342;$$

$$P_5 = 1 \cdot 0.56 \cdot 1650 + 1.72 \cdot 578 = 1917.$$

Фактичне число, млн. циклів, навантаження підшипника опора А первичного вала на кожній передачі одне:

$$L_i = \frac{60 \cdot L_h \cdot \gamma_i \cdot n}{10^6}; \quad (3.62)$$

$$L_1 = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 1 \cdot 2800}{10^6} = 12.55;$$

$$L_2 = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 8 \cdot 2800}{10^6} = 100.41;$$

$$L_3 = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 23 \cdot 2800}{10^6} = 288.69;$$

$$L_4 = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 68 \cdot 2800}{10^6} = 853.52;$$

$$L_5 = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 20 \cdot 2800}{10^6} = 251.03.$$

де  $\gamma_i$  – роботи на  $i$ -ту передачу, для легкового автомобіля малого класу.  
 $\gamma_1=1$ ;  $\gamma_2=8$ ;  $\gamma_3=23$ ;  $\gamma_4=68$ ;  $\gamma_5=20$ .

Весь термін, млн. циклів, служби підшипника

$$\begin{aligned}\Sigma L_i &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = \\ &= 12.55 + 100.41 + 288.69 + 853.52 + 251.03 = 1506.21\end{aligned}\quad (3.63)$$

Эквивалентное число циклов нагружения подшипника опора А первичного вала на каждой передаче равно

$$L_{\text{э}i} = \frac{60 \cdot L_h \cdot \gamma_i \cdot n \cdot K_{\text{ПН}}}{10^6}; \quad (3.64)$$

$$L_{\text{э}1} = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 1 \cdot 2800 \cdot 0.2}{10^6} = 2.51;$$

$$L_{\text{э}2} = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 8 \cdot 2800 \cdot 0.2}{10^6} = 20.08;$$

$$L_{\text{э}3} = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 23 \cdot 2800 \cdot 0.2}{10^6} = 57.74;$$

$$L_{\text{э}4} = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 68 \cdot 2800 \cdot 0.2}{10^6} = 170.70;$$

$$L_{\text{э}5} = \frac{60 \cdot 74.71 \cdot 20 \cdot 2800 \cdot 0.2}{10^6} = 50.21.$$

Еквівалентне динамічне навантаження, Р, Н, на підшипнику, враховуючи частку роботи роздавальної коробки на всіх передачах

$$P = k \sqrt{\frac{P_1^k L_{\text{э}1} + P_2^k L_{\text{э}2} + P_3^k L_{\text{э}3} + P_4^k L_{\text{э}4} + P_5^k L_{\text{э}5}}{\Sigma L_i}} = 1192. \quad (3.65)$$

### 3.6 Розрахунок синхронізатора

Метою розрахунку синхронізатора є визначення кутів нахилу конусів  $\gamma$  і блокуючих поверхонь  $\beta$ , що забезпечують дотримання умови відмови від

включення передачі до повного вирівнювання кутових швидкостей деталей, що з'єднуються, а також моменту тертя й часу синхронізації.

В розрахунку синхронізатора нехтують впливом опору масла на зниження частоти обертання зубчатих коліс і зміною швидкості руху машини за час синхронізації. Такі допущення правомірні при дорожніх опорах не вище  $\psi=0,15$  і часу синхронізації  $t_c \leq 1$  с.

Робота буксування  $L_T$ , Дж, на поверхні тертя синхронізатора визначається залежністю

$$\begin{aligned} L_T &= \left(\frac{\pi \cdot n_e}{30}\right)^2 \cdot \frac{J_b}{2} \cdot \left(\frac{1}{u_{k+1}} - \frac{1}{u_k}\right)^2 = \\ &= \left(\frac{3.14 \cdot 2800}{30}\right)^2 \cdot \frac{136.956}{2} \cdot \left(\frac{1}{2.7} - \frac{1}{1}\right)^2 = 2334 \end{aligned} \quad (3.66)$$

де  $n_e = 2800$  об/хв – середня частота обертання вала двигуна;

$$J_b = \frac{G_a}{g} \cdot \left(\frac{r_d}{u_{mp}}\right)^2 = \frac{29920}{9.81} \cdot \left(\frac{0.445}{2.1}\right)^2 = 136.956 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad \text{– наведений момент інерції}$$

веденого диска зчеплення, первинного вала і зубчастих коліс, кінематично пов'язаних постійним зчепленням з первинним валом;

$u_k, u_{k+1}$  – передаточні числа перемикаємих передач.

Обчислимо площу  $F_T$ ,  $i^2$  поверхні тертя

$$F_T = 2 \cdot \pi \cdot r_o \cdot h = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.0255 \cdot 0.01 = 1.602 \cdot 10^{-3}, \quad (3.67)$$

де  $r_o = 25.5$  мм – середній радіус тертя конуса;

$h = 10$  мм – ширина поверхні тертя.

Питома робота тертя  $l_T$ ,  $\frac{\text{Мдж}}{\text{м}^2}$  дорівнює

$$l_T = \frac{L_T}{F_T} \leq [l_T],$$

$$l_T = \frac{2334}{1.602 \cdot 10^{-3}} = 1.46 \quad (3.68)$$

де  $F_T$  – площа поверхні тертя;

$[l_T]$  – допустиме значення питомої роботи тертя,  $[l_T] \leq 0,2$  МДж/м<sup>2</sup> – для вищих передач,  $[l_T] \leq 0,3 \dots 0,5$  МДж/м<sup>2</sup> – для нижчих.

Отримане значення не перевищує допустимого.

Умова блокування і неможливості подальшого переміщення ковзної муфти визначає величину кута блокуючої поверхні

$$\beta \leq \arctg \left( \frac{\mu}{\sin \gamma} \cdot \frac{r_c}{r_b} \right) - \Delta\beta \quad (3.69)$$

$$\beta = \arctg \left( \frac{0.06}{\sin 6} \cdot \frac{25,5}{33} \right) - 2 = 21.93^\circ,$$

де  $\mu = 0.06$  – коефіцієнт тертя конічної синхронізуючої поверхні, для пар тертя сталь-бронза працюючих в маслі;

$r_b = 33$  мм – середній радіус блокуючої поверхні;

$\gamma = 6^\circ$  – половина кута конуса;

$\Delta\beta = 2^\circ$  – запас за умовою блокування у разі відхилення фактичних коефіцієнтів тертя від розрахункових.

Перевірку зносостійкості поверхонь тертя синхронізатора проводити за величиною питомого тиску.

Обчислимо осьову силу  $Q$ , Н

$$Q = P_p \cdot u_{pm} \cdot \eta = 60 \cdot 2.35 \cdot 0.98 = 138.18, \quad (3.70)$$

де  $P_p = 60$  Н – нормативне зусилля на рукоятці важеля перемикача для легкових автомобілів;

$u_{pm} = 2.35$  – передаточне число від рукоятки важеля до муфти (відношення ходу рукоятки до ходу муфти);

$\eta = 0.98$  – ККД приводу перемикування.

Нормальна реакція  $N$ , Н дорівнює

$$N = \frac{Q}{\sin(\gamma)} = \frac{138.18}{\sin(6)} = 1332 \quad (3.71)$$

Величина питомого тиску  $q_{cx}$ , МПа дорівнює

$$q_{cx} = \frac{N}{S} \leq [q_{cx}] = 1.8 \dots 2.4, \quad (3.72)$$

$$q_{cx} = \frac{1332}{961} = 1.38,$$

де  $S = 0.6 \cdot F_T = 0.6 \cdot 1602 = 961 \text{ мм}^2$  – активна площа поверхні тертя;

$N$  – нормальна реакція від приводного зусилля  $Q$ .

Отримана величина менше максимально допустимого значення.

Міцність зубчастого вінця синхронізатора,  $l_B$ , мм визначається за величиною напруги зминання  $\sigma_{cm}$ . За компонуванням вибирається ділильний діаметр зубчастого вінця  $d_B = 35$  мм, і з цієї величиною визначається мінімальна ширина зубчастого вінця за залежністю

$$l_B = \frac{2 \cdot M_{e \max} \cdot u_{k1}}{d_B^2 \cdot \sigma_{cm}} = \frac{2 \cdot 864.277 \cdot 3.951}{35^2 \cdot 30} = 18.6 \quad (3.73)$$

де  $\sigma_{cm} = 20 - 45$  МПа – напруга зминання для нижчої передачі легкових автомобілів.



## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1. Склад інформаційного фонду САПР

До складу інформаційного фонду САПР входять:

1. Програмні модулі, які зберігаються у вигляді текстів програм та відповідно скомпонованих об'єктних модулів. Як правило, ці данні мало змінюються на протязі життєвого циклу САПР, мають фіксовані розміри та появляються на етапі створення інформаційного забезпечення САПР. Користувачами цих даних є монітори різноманітних підсистем САПР та інструментальні програмні комплекси.

2. Вихідні та результуючі данні, які необхідні для виконання програмних модулів в процесі перетворення. Ці данні часто міняються в процесі проектування, але їх тип постійний та повністю визначається відповідним програмним моделям. Користувачами цих підсистем є програмні модулі процедурних підсистем.

3. Нормативно- довідкова проектна документація (НДПД) – яка включає в себе довідкові данні про матеріали, елементи схем в уніфікованих вузлах і конструкціях. Ці данні, як правило, добре структуровані та можуть бути віднесені до фактографічних. До НДПД також відносяться Державні та галузеві стандарти, керівні матеріали та вказівки, типові проектні рішення (слабо структуровані документальні данні). Користувачі - програмні модулі проектуючи підсистем.

4. Зміст екранів дисплеїв, котрий являє собою зв'язану сукупність даних, які задають форму кадру, і відповідно, - вони дозволяють відобразити на екран дисплея інформацію з метою організації діалогової взаємодії в ході проектування. Як правило, ці данні не змінюються на протязі життєвого циклу САПР, мають фіксований розмір і за своїми характеристиками займають проміжне місце між програмними модулями та вихідними даними. Користувачі діалогові системи САПР.

5. Текуча проектна документація – відображає стан та хід виконання проекту. Як правило, ці дані слабо структуровані, часто змінюються в процесі проектування та приставляються у формі текстових документів. Користувачі - програмні модулі проектуючи підсистем САПР.

Розрізняють слідуючі способи ведення інформаційного фонду САПР (тобто, способи організації інформаційного фонду):

- 1) використання файлової системи;
- 2) побудова бібліотек;
- 3) використання банків даних;
- 4) створення інформаційних програм - адаптерів.

Способи 1 і 2: Використання файлової системи та побудова бібліотек широко розповсюджені в організації інформаційного забезпечення обчислювальних систем, так як підтримуються стандартними загальносистемними засобами та операційними системами. В додатку до САПР вони використовуються при збереженні програмних модулів в символічних та об'єктних кодах, діалогових сценаріїв підтримання процесу проектування, початкового вводу великих масивів вихідних даних; збереження текстових документів. Але для забезпечення швидкого доступу до довідкових даних; збереження змінних даних; ведення текучої проектної документації; пошуку необхідних текстових документів; організації взаємодії між різномовними модулями ці способи малоефективні.

Файлова система являє собою сукупність файлів, організованих при допомозі засобів управління даними, які є в наявності в обчислювальній системі.

Файлом називається сукупність даних, які складаються з логічних записів, що відносяться до однієї теми, або це упорядкована поіменована область пам'яті на зовнішніх магнітних носіях (дисках), яка складається із окремих записів. Для маніпулювання з записами або з цілими файлами (перегляд, знищення, коректування і т. інше) необхідно створювати спеціальні програми або користуватись тільки засобами обчислювальних систем.

Бібліотека – таж сукупність файлів але об'єднаних в деяку групу по деяких функціональних ознаках.

Наприклад: бібліотека ППП по проектуванню та конструюванню автомобілів та будівельних машин.

В додатках до САПР ці два способи використовуються тільки для збереження програмних модулів, в вихідних та об'єктних кодах, змісті екранів дисплеїв, початкового вводу великих масивів вихідних даних, збереженні текстових документів, хоча й виключається використання цих способів при організації інформаційного фонду для всієї САПР для простих об'єктів.

Але, слід відмітити, що для забезпечення швидкого доступу до довідкових даних, збереження швидкозмінних даних, введення текучої проектної документації, пошуку необхідних текстових документів, організації взаємодії між різномовними програмними модулями ці способи малоефективні.

Спосіб 3: Використання банків даних. Є основою і найбільш вагомою формою організації інформаційного фонду, а банк даних, в свою чергу, становить найбільшу частину інформаційного забезпечення САПР в порівнянні з іншими видами організації та ведення даних.

Цей спосіб дозволяє:

- централізувати інформаційний фонд САПР;
- проводити оптимізацію даних у вигляді, зручному для проектувальника;
- забезпечити швидкий пошук нормативно - довідкової та проектної документації;
- спростити організацію між модульного інтерфейсу шляхом уніфікації проміжних даних.

## **4.2 Система управління базами даних (СУБД). Призначення, використання та ефективність СУБД**

Система управління базами даних (СУБД) це програмна система, яка забезпечує використання та ведення баз даних.

Основне призначення СУБД - представлення користувачам баз даних засобів маніпулювання даними в абстрактних термінах, не зв'язаних із способом їх зберігання в ЕОМ.

Використання СУБД гарантує не протирічність, цілісність, секретність та мінімальний надлишок даних, що зберігаються в базах даних.

Ефективність СУБД визначається швидкістю доступу до даних, раціональним використанням пам'яті ЕОМ, простотою розробки прикладних програм, які оперують даними із бази.

Використання СУБД для цілей організації обміну інформацією між різноманітними процесами (між системою та користувачем, між різноманітними ПП, між програмними модулями) забезпечує наступні переваги:

- звільняє прикладну програму від необхідності управління процесом розподілення пам'яті для даних та врахування деталей організації даних;
- зменшує надмірність даних;
- забезпечує з великою імовірністю непротиворічність даних; одночасне використання даних окремими паралельними процесами; захист даних.

## 5 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 5.1 Аналіз останніх досліджень і публікацій

У теперішній час без застосування зубчастих передач важко уявити сучасний світ. Дані передачі знаходять своє примінення у майже всіх сферах життя людини. Для перевірки даних видів передач було розроблено методи розрахунків усіх геометричних параметрів і визначення міцності кінематичних та конструкторських параметрів та навантажувальних чинників. Дані методики є стандартизованими і застосовуються і вже роками апробовані. Існують такі типи зубчастих передач, а саме: циліндричні, конічні, гіпоїдні з прямими, косими і криволінійними зубами та черв'ячні з різними видами черв'яків. А порушення умов експлуатації призводить до виникнення пошкоджень і навіть до руйнування зубів.

Для зубчастих передач приміняється такий термін як тривалість життя тобто довговічність. Під дією сил тертя і передаваного крутного моменту впливає на термін експлуатації (життя) зубчастих коліс. Є висока необхідність прогнозування довговічності зубчастого колеса на стадії проектування.

Над темою розрахунку методів працювати такі вчені як Проніков О.С., Дроздов Ю.Н. і з сучасних науковців такою тематикою займаються такі вчені як, Чернець М.В., Кіндрачук М.В.

Під час розрахунку зубчастих передач необхідно використовувати закон Архарда закон абразивного зношення. Який говорить про те, що швидкість зношення зубів шестерні який залежить від тиску і шляху в плямі контакту.

Якщо зубчасті передачі які працюють в мастилі абразивне зношення не відбувається і для цього випадку використання цього методу є недоцільним. Також в даному методі не враховується ще ряд факторів. А у передачах які працюють у відкритому корпусі також не завжди відбувається абразивне зношення, тому, що це призводило до швидкого виходу з ладу механізму.

Провівши аналіз літературних джерел можна зробити висновок, що дані методи створені для циліндричних, конічних прямозубих і косозубих передачах які були розроблені різними авторами.

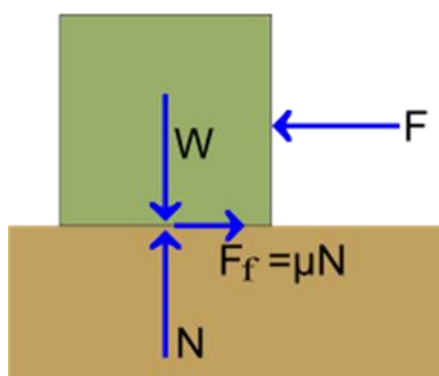
Згідно закону Архарда (закон про абразивне спрацювання) буде залежати від шляху та контактного тиску плями контакту. Попередньо зазначалось, що згідно закону, швидкість яка розвивається при зношуванні лінійно входить в залежність від розміру тертя і тиску в плямі контакту.

Процес тертя характеризується коефіцієнтом  $\mu$ , що залежить від матеріалу сполук поверхонь, що взаємодіють.

Інколи трапляється, що сила тертя і сила нормальної реакції пов'язані нерівністю.

$$|F| \leq \mu \cdot N_{normal}$$

Що в подальшому може перейти у рівність якщо буде присутнім відносний рух. І дана залежність має назву законом Амонтона – Кулона



ння.

Рисунок 5.1 – Дія сил при ковзанні

$W$  – сила ваги,  $N$  — нормальна сила, що здійснює реакцію на опору,  $F$  – сила, яка прикладається щоб тіло пересувалося по поверхні;  $F_f$  – сила ковза

Якщо тіло переміщається поверхнею другого тіла, сила тертя є рівною реакції, яка діє на опору з коефіцієнтом, який отримав назву коефіцієнт тертя.

Види тертя поділяються на такі види: тертя руху (ковзання і кочення) і тертя спокою. Також поділяється на сухе тертя, рідинне, змішане і граничне

Закон Амонто-на-Кулона застосовують для визначення питомої сили тертя з коефіцієнтом ковзання а також коефіцієнт ковзання  $f$ , тиском, який виникає у контакті взаємодії  $p$

$$\tau = fp \quad (5.1)$$

Формулу Герца застосовують для визначення величини тисків у зоні виникнення контакту.

$$p_{j\max}^{(w)} = 0.564\sqrt{N'\theta/\rho_j}, \quad 2b_j^{(w)} = 2.256\sqrt{\theta N'\rho_j} \quad (5.2)$$

де  $N' = N/lw$   $N = 9550 \cdot P/r_1 n_1 \cos\alpha$  – сила, яка починає діяти у зачепленні шестерень;  $j = 1, 2, 3, \dots$  – плями контакту що виникають на поверхнях працюючих зубів;  $P$  – потужність, що передається через шестерню;  $n_1$  – частота обертання вала, який обертається;  $w$  – кількість зубів, які входять в зачеплення;  $r_1$  – ділительний радіус шестерні.

При використанні даної моделі зношування рівняння для зношування зубів матиме вигляд.

$$h_k = \frac{vt_k}{C_k} \left( \frac{\tau}{\tau_s} \right)^{m_k}, \quad (5.3)$$

де,  $C_k$ ,  $m_k$  – характеристики метеріалів для зношування

$C_k$ ,  $m_k$  - характеристики зносостійкості матеріалів трибопари для вибраних умов;  $xS = 0.35\sigma_B$  - границя міцності матеріалів на зріз;  $\sigma_B$  - границя міцності матеріалів при розтязі.

У випадку зубчастих передач одиничне лінійне зношування  $h'_k$ - зубів в  $j$  – ій точці контакту їх бокової поверхні протягом змінного відрізка часу  $t'$ . при однопарному зачепленні буде

## 5.2 Геометричні параметри зчеплення

Менше із зубчастих коліс, які входять в зачеплення називають шестерня, а більше – колесом.

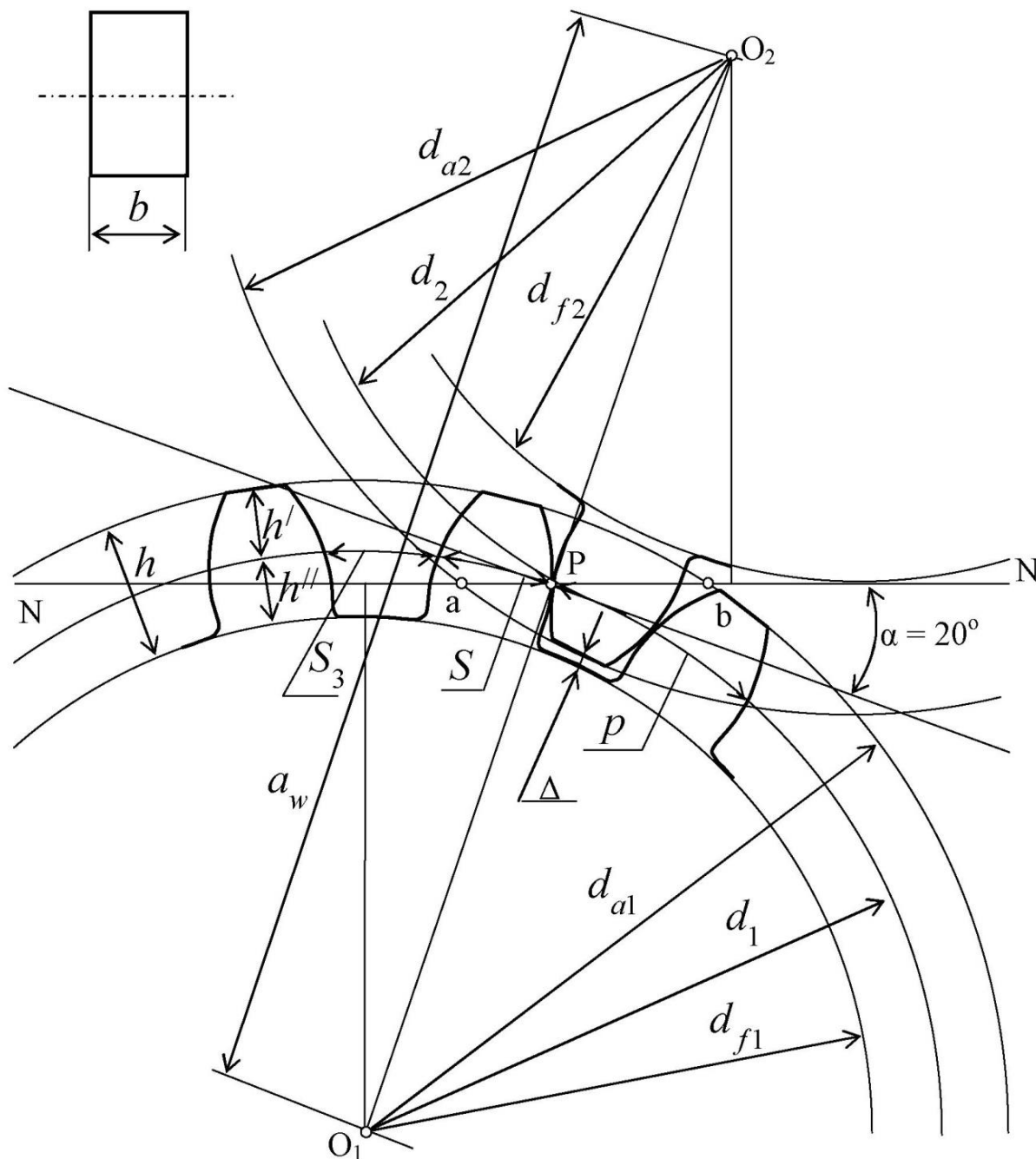


Рисунок 5.2 – Геометричні параметри зачеплення

Модуль зачеплення – головний геометричний параметр,  $m$ , мм, який вирається із стандарта.  $Z_1, Z_2$  – число зубів шестерні.



### 5.3 Розрахунок зубів на міцність

Для повноти розрахунку ми враховуємо геометричні та силові характеристики і зможемо отримати розрахункову формулу

$$q = \frac{F_n K_H}{b}$$

де  $K_H = K_{H\beta} K_{H\alpha} K_{HV}$  – коефіцієнт навантаження, що розраховується;

$K_{H\beta}$  – коефіцієнт, що враховує не повнооб'ємність навантаження, яке відбувається по довжині зуба;

$K_{H\alpha}$  – коефіцієнт, що враховує не повнооб'ємність навантаження, яке відбувається між зубами;

$K_{HV}$  – коефіцієнт, що враховує динамічність процесу.

## 6 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

### 6.1 Обґрунтування виробничої програми ремонту

У наш час на Україні скрутне економічне становище й тому на великий річний обсяг ремонту розраховувати не доводиться. Багато автотранспортних підприємств не мають досить засобів на покупку дорогих сучасних імпортних автомобілів, а також нових виробництва близького зарубіжжя, тому експлуатують застарілі автомобілі. Усі вони мають значний пробіг і потребують ремонту. Враховуючи усе вище викладене можна сказати, що потреба в капітальному ремонті агрегатів автомобілів Урал 4320 буде існувати, тому ухвалюємо річний обсяг ремонту 6000 одиниць.

### 6.2 Визначення типу виробництва й розрахунки трудомісткості по видах робіт

Згідно із прийнятою кількістю одиниць ремонтів і маси деталей, користуючись [11] ухвалюємо крупносерійний тип виробництва.

Розрахунки робимо згідно [11].

Річна трудомісткість для операції визначається по формулі, чол год

$$T_{PK} = \frac{T_{шт.к}}{60} \cdot N_2, \quad (6.1)$$

де  $T_{шт. до}$  – штучно-калькуляційний час для відповідної операції, хв.

Визначається згідно [11] по розділу 2.2.

$N_r$  – річний обсяг виробництва, шт. Ухвалюємо  $N_r=6000$  шт.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.1.

### 6.3 Визначення необхідної кількості встаткування

Загальна кількість устаткування для кожної технологічної операції [11] визначається згідно із залежністю (6.2)

$$n = \frac{T_{p.k.}}{\Phi_{d.v.}}, \quad (6.2)$$

де  $T_{p.k.}$  – трудомісткість річної програми по даному виду робіт, чол год;

$\Phi_{d.v.}$  – дійсний річний фонд часу встаткування, год. Ухвалюємо  $\Phi_{d.v.}=2030$  год.

Згідно отриманої кількості встаткування визначаємо коефіцієнт завантаження встаткування по формулі

$$K_3 = \frac{P_p}{P_{\Pi}}, \quad (6.3)$$

де  $P_p$  – розрахункова кількість устаткування, шт.;

$P_{\Pi}$  – прийнята кількість устаткування, шт.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.1.

### 6.4 Визначення кількості робітників

Визначення чисельності робітників проводимо згідно [11] з урахуванням однозмінного режиму роботи підприємства.

Кількість основних робітників по професіях визначається по формулі

$$m = \frac{T_{PK}}{\Phi_{op} \cdot \eta}, \quad (6.4)$$

де  $\Phi_{др}$  – дійсний річний фонд робочого часу, год;

$\eta$  – коефіцієнт багатOVERстатного встаткування. Ухвалюємо  $\eta=1$ .

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.1.

Згідно отриманим даним (табл. 6.1) отриманий низький коефіцієнт завантаження встаткування. Тому ми вважаємо, що недоцільно проектувати ділянка по відновленню тільки первинних валів і картерів коробки передач. З економічної точки зору необхідно об'єднати усе встаткування, яке необхідно для відновлення всіх деталей коробки передач, в одну єдина ділянка. Тому розрахунки площі ділянки й розробка планування будуть виконані в третин частини даного комплексного дипломного проекту.

Таблиця 6.1 – Результати розрахунків необхідного встаткування й виробничих робітників

| Найменування встаткування           | Сумарний штучно-калькуляційний час для всіх операцій, виконуваних на даному встаткуванні<br>$\sum T_{шк}$ | Річна трудомісткість для одиниці обладнання<br>$T_{рк}, \text{чол} \cdot \text{ч}$ | Необхідна кількість устаткування |          | Коефіцієнт завантаження обладнання | Кількість основних робітників в |
|-------------------------------------|---|--|----------------------------------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
|                                     |   |  | Розрахункова                     | Прийнята |                                    |                                 |
| Вал первинний                       |   |  |                                  |          |                                    |                                 |
| Верстат слюсарний                   | 6,3   | 630  | 0,31                             | 1        | 0,31                               | 1                               |
| Стіл для контролю                   | 1   | 100  | 0,05                             | 1        | 0,05                               | 1                               |
| Верстат токарно-гвинторізний 1 Д062 | 1,36  | 136  | 0,07                             | 1        | 0,07                               | 1                               |
| Верстат круглошлифовальний 3Б161    | 29  | 2900   | 1,43                             | 2        | 0,715                              | 2                               |

## Продовження таблиці 6.1

|  |      |      |       |   |       |   |
|--|------|------|-------|---|-------|---|
| Машина мийна<br>АКТБ-151                               | 7,1  | 710  | 0,35  | 1 | 0,35  | 1 |
| Установка піскоструйна                                 | 7,3  | 730  | 0,36  | 1 | 0,36  | 1 |
| Установка для<br>напилювання ОКС-5386                  | 15,8 | 1580 | 0,78  | 1 | 0,78  | 1 |
| Прес гідравлічний<br>ПА-43                             | 9,2  | 920  | 0,45  | 1 | 0,45  | 1 |
| Картер коробки передач                                 |      |      |       |   |       |   |
| Верстат слюсарний                                      | 19,9 | 1990 | 0,98  | 1 | 0,98  | 1 |
| Установка<br>газодинамічного<br>напилювання Дімет 403  | 37,6 | 3760 | 1,85  | 2 | 0,925 | 2 |
| Верстат горизонтально-<br>розточувальної 2А614         | 7,29 | 729  | 0,36  | 1 | 0,36  | 1 |
| Верстат радіально-<br>свердлильний 2Н-55               | 13,8 | 1380 | 0,67  | 1 | 0,67  | 1 |
| Стіл зварника,<br>зварювальний<br>перетворювач ПСО-300 | 7,2  | 720  | 0,354 | 1 | 0,354 | 1 |
| Верстат токарно-<br>гвинторізний зі ЧПУ 16<br>ДО20Т1   | 6    | 600  | 0,3   | 1 | 0,3   | 1 |
| Стіл для контролю                                      | 3    | 300  | 0,15  | 1 | 0,15  | 1 |

## 7 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 7.1 Вибір бази для порівняння змінюваних показників

На проектуваному автомобілі пропонується вибір трансмісії з постійним повним проводом та удосконалення роздавальної коробки, що дозволить значно збільшити проходимість в умовах повного бездоріжжя та безпеку, а також, за рахунок використання більш якісних матеріалів підвищити строк служби виробу в цілому. Автомобіль призначений для подолання значних дорожніх перешкод. За аналог прийнятий легковий автомобіль категорії M1 Range Rover.

Таблиця 7.1 Технічні експлуатаційні і *вартісні* показники базового і проектуваного варіанта легкового автомобіля

| Показники   | Формула | Значення        |                     |
|---|---------|-----------------|---------------------|
|   |         | Базовий варіант | Проектуємий варіант |
| Технічні параметри  |         |                 |                     |
| 1 Повна маса вузла, кг  |         | 27.6            | 27.3                |
| Експлуатаційні показники                                      |         |                 |                     |
| 2 Довговічність роздавальної коробки (пробіг тис.км.)         |         | 300             | 350                 |
| 3 Вантажопід'ємність, кг.                                     |         | 500             | 500                 |
| 4 Трудові і матеріальні витрати, пов'язані з виготовленням РК |         |                 |                     |
| 5 Трудоемкість виготовлення РК                                | $T_p$   | $T_{p1} = 100$  | $T_{p2} = 110$      |
| 6 Погодинна тарифна ставка робочого, грн.                     | $C_r$   | $C_{r1} = 4$    | $C_{r2} = 4$        |
| тарифний коефіцієнт   | $K_T$   | $K_{T1} = 1.7$  | $K_{T2} = 1.7$      |
| 7 Коефіцієнт доплат   | $K_D$   | $K_{D1} = 1.5$  | $K_{D2} = 1.5$      |

Продовження табл.7.1

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 8 Основна і додаткова заробітна платня робочо-го з відрахунками на соціальне страхування, грн.  | $\Phi ЗП = C_r \cdot K_T \cdot T_P \cdot K_D$<br>$O_{CM} = \Phi ЗП \cdot 0.375$<br>$ЗП = \Phi ЗП + O_{CM}$ | $\Phi ЗП_1 = 1020$<br><br>$O_{CM1} = 382.5$<br>$ЗП_1 = 1403$                             | $\Phi ЗП_2 = 1122$<br><br>$O_{CM2} = 420.75$<br>$ЗП_2 = 1543$          |
| 9 Матеріальні витрати<br>а) матеріали, грн;<br>б) запасні частини, грн;<br>в) покупні вироби, грн.<br>Разом матеріальні витрати, грн. | $C_M$<br><br>$C_3$<br><br>$C_{П}$<br>$C_{MAT} = C_M + C_3 + C_{П}$   | $C_{M1} = 170$<br>$C_{31} = 130$<br>$C_{П1} = 350$<br>$C_{MAT1} = 170 + 130 + 350 = 650$ | $C_{M2} = 250$<br>$C_{32} = 130$<br>$C_{П2} = 350$<br>$C_{MAT2} = 730$ |
| 10 Загальна сума додаткових витрат на виготовлення виробу, грн.   | $C_{доп} = C_{MAT} + ЗП$   | $C_{доп1} = 2053$  | $C_{доп2} = 2273$  |
| 11 Вартість виробу, грн.  | $B = C_{доп} \cdot П \cdot НДС$  | $B_1 = 2053 \cdot 1.3 \cdot 1.2 = 3202$  | $B_2 = 2273 \cdot 1.3 \cdot 1.2 = 3545$                                |
| 12 Вартість автомобіля, грн.  | $Ц_{пр.авт.} = Ц_{авт.} + (B_2 - B_1)$   | $Ц_{авт.} = 80000$   | $Ц_{пр.авт.} = 80000 + (3545 - 3202) = 80340$                          |

## 7.2 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення автомобіля

Маркетингове дослідження показало, що на ринку існує потреба в автомобілях в кількості 100 шт. за рік, і в наступному ця цифра буде збільшуватися. В цьому випадку розрахунок економічного ефекту буде розраховуватись по формулі 7.1.  $E_0$ , грн, валовий (балансовий) прибуток, який отримає виробник від продажу агрегатів за рік.

$$\begin{aligned}
 E_{\text{вир}} &= N \cdot [(B_2 - B_1) - \Delta Z - \text{НП}] = \\
 &= 100 \cdot [(3545 - 3202) - 100 - 102.9] = 14010,
 \end{aligned}
 \tag{7.1}$$

де  $N = 100$  – планова програма випуску за рік;

$B_1 = 3202$  грн. – вартість базового виробу;

$B_2 = 3545$  грн. – вартість проектованого виробу;

$\Delta Z = 100$  – додаткові (питомі) витрати на проектований виріб;

НП = 102.9 – податок на прибуток.

Прибуток від продажу одного автомобіля складає, грн.

$$E_{\text{вир}} = E_{\text{вир}} / N = 14010 / 100 = 140.10. \quad (7.2)$$

### 7.3 Розрахунок економічного ефекту у споживача

Розрахунок економічного ефекту у споживача  $E_{\text{спож,грн.}}$ , визначається по формулі

$$E_{\text{спож}} = \sum_{t=1}^{T_{\text{сл}}=4} (\Delta P_{\text{в}} / (1+0.15)^t) + \Delta C = \sum_{t=1}^{T_{\text{сл}}=4} (66 / (1+0.15)^t) + 343 = 559.693, \quad (7.3)$$

де  $\Delta P_{\text{в}}$  – додатковий прибуток який може отримати споживач за рік, при експлуатації нової конструкції вантажівки, де встановлений спроектований агрегат, грн.;

$T_{\text{сл}} = 4$  – строк служби автомобіля, роки.

Величина  $E_{\text{спож}}$  збільшується на  $\Delta C$  коли відбувається зниження вартості на виробу, які встановлюються на автомобілі, і зменшується на величину  $\Delta C$ , коли відбувається збільшення вартості на виробу, які встановлюються на автомобілі.



Таблиця 7.2 Техніко-експлуатаційні і вартісні показники автомобіля

| Показники   | Умов. позн. | Формула   | Значення по варіантам конструкцій  |  |
|---|-------------|---|--|--|
|   |             |   | Базовий  | Спроектований  |
| Техніко-експлуатаційні показники  |             |   |  |  |
| 1 Пасажиromісткість   | $q$         |   | 5  | 5  |
| 2 Експлуатаційна швидкість, км/год  | $V_T$       |   | 45   | 60   |
| 3 Час в дорозі, год   | $T_n$       |   | 5  | 5  |
| 4 Середня відстань їздки з вантажем, км   | $L_{en}$    |   | 50   | 50   |
| 5 Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію   | $\alpha_v$  |   | 0.8  | 0.8  |
| 6 Коефіцієнт використання пробігу   | $\beta$     |   | 0.6  | 0.6  |
| 7 Коефіцієнт використання вмістимості   | $\gamma$    |   | 0.8  | 0.8  |
| 8 Виробітка одного автомобіля за рік:<br>а) в пасажирях, люд<br>б) в пасажирокілометрах люд/км.     | $W_p$       | $W_q = \ddot{A}_\delta \cdot \hat{a} \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_\delta \cdot \dot{O}_f / (L_{\hat{n}\hat{a}\hat{\delta}} + V_\delta) \cdot \beta$ $W_\delta = W_q \cdot L_{\hat{n}\hat{a}\hat{\delta}}$ | $W_{q1} = 290 \cdot 0.8 \cdot 5 \cdot 0.8 \cdot 0.6 \cdot 45 \cdot 5 + 45 \cdot 0.6 = 125300$ $W_{p1} = 125300 \cdot 50 = 6265000$ | $W_{q2} = 290 \cdot 0.9 \cdot 5 \cdot 0.8 \cdot 0.6 \cdot 60 \cdot 5 + 60 \cdot 0.6 = 167100$ $W_{p2} = 167100 \cdot 50 = 8354000$ |
| 9 Додаткова кількість перевезень за рік;<br>а) в пасажирях; люд.<br>б) в пасажирокілометрах, люд*км | $Q$<br>$P$  | $Q = W_{q2} - W_{q1}$ $P = W_{p2} - W_{p1}$   | $Q = 167100 - 125300 = 41770$ $P = 8354000 - 6265000 = 2088000$  |  |
| 10 Середньодобовий пробіг автомобіля, км  | $L_{cp}$    | $L_{cp} = T_n \cdot V_T$  | $L_{cp1} = 5 \cdot 45 = 225$   | $L_{cp2} = 5 \cdot 60 = 300$   |
| 11 Пробіг автомобіля за рік, км   | $L$         | $L = L_{cp} \cdot D_k \cdot \alpha_v$   | $L_1 = 225 \cdot 290 \cdot 0.8 = 52200$  | $L_2 = 300 \cdot 290 \cdot 0.8 = 69600$  |

## Продовження таблиці 7.2

|   |           |   |   |   |
|---|-----------|---|---|---|
| 12 Години роботи на лінії за рік, год.                                      | $AG$      |   | 1920  | 1920  |
| Вартісні показники  |           |   |   |   |
| 13 Основна і додаткова заробітна плата водія, грн.                          | $ЗП$      | $\Phi ЗП = AG \cdot C_r \cdot K_d$ $O_{cm} = 0.375 \cdot \Phi ЗП$ $ЗП = \Phi ЗП + O_{cm}$ | $\hat{O}C_{i1} = 2320 \cdot 0.6 \cdot 1.5 = 2088$ $O_{cm1} = 0.375 \cdot 2088 = 783$ $ЗП_1 = 2088 + 783 = 2871$ | $\Phi ЗП_2 = 2320 \cdot 0.6 \cdot 1.5 = 2088$ $O_{cm1} = 0.375 \cdot 2088 = 783$ $ЗП_2 = 2088 + 783 = 2871$ |
| 14 Пальне, грн.   | $З_n$     | $C_{i1} = \dot{I}_{\dot{e}} / 100L \cdot K_{п} \cdot B_{1п}$                              | $З_{п1} = 15/100 \cdot 52200 \cdot 1.2 \cdot 11 = 103400$   | $З_{п2} = 15/100 \cdot 69600 \cdot 1.2 \cdot 11 = 137800$   |
| 15 Мастильні та інші експлуатаційні матеріали (від вартості пального), грн. | $З_{cm}$  | $C_{пi1} = C_{i1} \cdot Y_{маст} / 100$   | $З_{cm1} = 103400 \cdot 15/100 = 15500$   | $З_{cm2} = 137800 \cdot 15/100 = 20670$   |
| 16 Знос і ремонт шин, грн.  | $З_{ш}$   | $З_{ш} = L/100 \cdot H_{ш} / 100 \cdot B_{ш} \cdot n$                                     | $З_{ш1} = 52200 / 100 \cdot 1/100 \cdot 80 \cdot 4 = 1670$  | $З_{ш1} = 69600 / 100 \cdot 1/100 \cdot 80 \cdot 4 = 2227$  |
| 17 Технічне обслуговування автомобіля, грн.                                 | $З_{то}$  | $З_{то} = L / 1000 \cdot H_{то}$  | $З_{то1} = 52200 / 1000 \cdot 4 = 208.8$  | $З_{то1} = 69600 / 1000 \cdot 4 = 278.4$  |
| 18 Амортизація автомобіля (25% за рік від вартості автомобіля), грн.        | $З_{ам}$  | $З_{ам} = B_{авт} \cdot 0.25$   | $З_{ам1} = 80000 \cdot 0.25 = 20000$  | $З_{ам2} = 80345 \cdot 0.25 = 20090$  |
| 19 Загальногосподарські витрати (20% від 13 – 18)                           | $З_{заг}$ | -   | $З_{заг1} = 28620$  | $З_{заг2} = 36690$  |
| 20 Собівартість за кілометр, грн..  | $S$       | $S = З/L$   | $S_1 = 28620/52200 = 0.55$  | $S_2 = 26690/69600 = 0.53$  |

|   |               |                             |   |   |
|---|---------------|-----------------------------|---|---|
| 21 Середня ринкова вартість                                       | $B$           | $B = S + S \cdot N_T / 100$ | $B_1 = 0.55 + 0.55 \cdot 0.3 \cdot 1.2 = 0.858$ | $B_2 = 0.53 + 0.53 \cdot 0.3 \cdot 1.2 = 0.827$ |
| 22 Доход без ПДВ від перевезень, грн                              | $D$           | $D = B \cdot W_q$           | $D_1 = 0.165 \cdot 52200 = 8613$                | $D_2 = 0.159 \cdot 69600 = 11070$               |
| 23 Додатковий річний прибуток від втілення нової конструкції, грн | $\Delta\Pi_6$ | $\Delta\Pi_6 = D_1 - D_2$   | $\Delta\Pi_6 = 11070 - 8613 = 2457$             |   |

#### 7.4 Розрахунок загального економічного ефекту від проектування нового автомобіля

Загальний економічний ефект ( $E_{\text{заг}}$ ) від реалізації визначається по формулі, грн:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{вир}} + E_{\text{спож}} \quad (7.4)$$

$$E_{\text{заг}} = (E_{\text{вир}}/N) + E_{\text{спож}} = (14010/100) + 559.693 = 699.793.$$

Величина  $E_{\text{заг}}$  показує загальний прибуток, отриманий виробником (або декількома виробниками виробів-комплектуючих, конструкція яких удосконалена), а також споживачем кінцевого продукту праці, в розрахунку на один автомобіль за рік .

Для кінцевого рішення питання про економічну доцільність реалізації проектних рішень необхідно визначити рентабельність витрат, розділив сумарний доповнювальний прибуток на сумарні доповнювальні витрати.

Отримане значення повинно бути не менш 0.15 (або 15 %). В іншому випадку прибуток можна без ризику отримати, поклавши гроші на депозит під 12 – 15 % річних.

Рентабельність витрат

$$P_{\text{витрат}} = E_{\text{заг}} / C_{\text{доп}} = 699.793 / 2273 = 0.308. \quad (7.5)$$

В ході проведених розрахунків можна побачити, що данні проектні рішення мають економічну доцільність їх втілення в виробництво. Прибуток від купівлі такої вантажівки буде мати не тільки виробник, але й споживач, що економічно вигідно для обох сторін.

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

### **8.1 Основні положення про охорону праці**

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людину в процесі праці.

Систему організаційних і технічних заходів і засобів, що запобігають виробничий травматизм, називають технікою безпеки.

Систему організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів і засобів, що запобігають захворюваність працюючих, називають виробничою санітарією.

Основним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України “Про охорону праці”, дія якого поширюється на всі підприємства, установи, організації незалежно від форм власності й видів їх діяльності, на всіх громадян, які працюють, а також притягнуті до праці на цих підприємствах. Цей закон регулює участь відповідних державних органів у відносинах між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці й виробничого середовища й установлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

У даному законі передбачена нова система фінансування охорони праці, формування системи страхування від нещасних випадків і профзахворювань.

### **8.2 Промислова санітарія**

Промислова санітарія – це система організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів і засобів, що запобігають вплив на працівників шкідливих виробничих факторів. До промислової санітарії ставляться: гігієна праці (область профілактичної медицини), що вивчає умови збереження здоров'я на

виробництві і санітарна техніка (пристрою вентиляції, опалення, кондиціонування повітря, тепло- і газопостачання, водопостачання й каналізація, очищення й нейтралізація викидів шкідливих речовин в атмосферу й водойми, висвітлення).

Норми по промисловій санітарії визначають пристроєм виробничих і побутових приміщень, робочих місць відповідно до фізіології й з гігієною праці, а також безпечні межі змісту в повітрі виробничих приміщень пили, газів і ін.

На авторемонтних підприємствах організація робіт з техніки безпеки й виробничої санітарії покладена на керівника заводу.

Одне з основних заходів щодо забезпечення безпеки праці – обов'язковий інструктаж знову прийнятих на роботу й періодичний інструктаж усіх працівників підприємства. Знову прийнятих на роботу знайомлять із основними положеннями по охороні праці, правилами внутрішнього розпорядку, протипожежними правилами й особливостями роботи підприємства, обов'язками працівників по дотриманню правил техніки безпеки й виробничої санітарії, порядком руху на підприємстві, засобами захисту працюючих і способами надання долікарської допомоги потерпілим.

У моторному цеху проводиться розбирання двигунів, дефектація й відновлення деталей, складання, обкатування й фарбування двигунів.

Шкідливими фізичними факторами є:

- високий рівень виробничого шуму й вібрації;
- підвищена концентрація пар палива;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відхилення від норм температури повітря.

Правила й норми по виробничій санітарії необхідно дотримувати як при проектуванні, так і при експлуатації промислових об'єктів і встаткування.

Однією з необхідних умов здоровішої й високопродуктивної праці є усунення впливу надлишкової теплоти, шуму й вібрації. Пил утворюється при дробленні, розмелі, транспортуванні здрібненого матеріалу, при механічній обробці й обробці поверхонь. Також виникає вторинне пилоутворення при збиранні приміщень, русі людей і т.д.

Усі шкідливі, небезпечні й пожежобезпечні виробничі фактори наведено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Небезпечні виробничі фактори на ділянці ремонту деталей ДВЗ і методи боротьби з ними

| Небезпечні фактори на ділянці | Методи зниження шкідливих факторів  |
|-------------------------------|---|
| 1. Стружка                    | Робітником необхідно працювати в спецодязі й у захисних окулярах або касках із щитками для захисту особи; використовувати рукавиці.   |
| 2. Загазованість              | Використання притічно-витяжну вентиляцію й місцевий відсмоктування газів, що відробили, від двигуна.  |
| 3. Шум                        | Зниження шуму за рахунок перегородок.<br>Зниження шуму акустичною обробкою приміщень.   |
| 4. Електричний струм          | Технічні методи безпечної експлуатації з нормальним режимом роботи (електрична ізоляція, використання огорожень, розміщення струмопровідних частин на недоступній відстані).    |
| 5. Недостатня освітленість    | Забезпечення рівномірного розподілу світлового потоку на робочій поверхні.<br>Використання місцевого висвітлення.   |
| 6. Оберткові деталі           | При роботі на шліфувальних, розточувальних і хонінгувальних верстатах необхідно застосовувати щитки й захисні кожухи, працювати в спецодязі, робити профілактичний інструктаж.  |
| 7. Вібрація                   | Для захисту рук використовують рукавиці з вібропоглинаючими пружними прокладками, взуття з підошвами, що амортизують.<br>Урівноважують систему за рахунок демпферних пристроїв. |

Необхідний стан повітря робочої зони забезпечується за рахунок виконання ряду заходів:

- механізація виробничих процесів;
- застосування технологічного встаткування, що виключає утворення шкідливих речовин;
- пристрій вентиляції в зоні утворення шкідливих газів;
- застосування засобів індивідуального захисту.

Для поліпшення освітлювальної системи проводиться ряд заходів:

- забезпечення рівномірного розподілу яскравості на робочій поверхні;
- установлення постійної в часі освітленості;
- установлення оптимальної спрямованості світлового потоку.

### **8.3 Техніка безпеки**

Техніка безпеки – система організаційних і технічних заходів і засобів, що запобігають вплив на працюючих небезпечних виробничих факторів.

Організація робочого місця, його розміри й взаємне розташування елементів, повинні відповідати фізіологічним і фізичним характеристикам людини, а також характеру роботи.

Устаткування встановлюється згідно з вимогами стандартів на робочому місці для розбирання, відновлення й складання двигунів:

- вживають заходів по запобіганню поранень і порізів гострими крайками деталей;
- встановлюють захисні огороження;
- застосовують контейнери для укладання деталей;
- при переміщенні деталей не допускають перекосу;
- у процесі шліфування деталей застосовують козирки й кожухи;
- працювати дозволяється тільки в спецодязі з окулярами для захисту очей.



При розміщенні верстатів необхідно передбачати найкоротші шляхи руху оброблюваних деталей. Визначаючи безпечну ширину проїзду між верстатами, слід урахувати особливості транспортних засобів, характер руху, обстановку в проїзді. Якщо застосовується колісний транспорт, хвімальну ширину проїзду потрібно розраховувати, беручи до уваги ширину візка, відстань між візками, розриви між візками й границею робочої зони. Ці розриви повинні бути не менш 300 мм за умови, що, що транспортуються деталі не виступають за габарити візка.

Для виконання оперативної роботи робочі місця забезпечуються комплектами справного інструмента, безпечними швидкодіючими пристосуваннями й відповідними підйомно-транспортними пристроями, що полегшують праця робітників при обслуговуванні верстатів, що й усувають небезпека травмування.

На робочому місці необхідно передбачати допоміжні пристрої для зручного й безпечного розташування, зберігання й переміщення заготовок, готових виробів, інструмента, пристосувань і т.п.

Для зберігання інструментів і пристосувань на робочому місці верстатника передбачаються спеціальні шафи.

Відходи виробництва (стружка, обрізки матеріалу) повинні систематично вбиратися з робочого місця. Робоче місце не слід перевантажувати заготовками й готовими виробами. Подача заготовок на робоче місце й видалення готових виробів повинні відповідати темпу роботи.

#### **8.4 Пожежна безпека**

Пожежна безпека означає стан об'єкта, при якому виключається можливість загоряння й пожежі, а у випадку його виникнення виключається вплив на людей небезпечних факторів пожежі й забезпечується захист матеріальних цінностей.

Відстань від найбільш вилученого робочого місця до виходу назовні у виробничому приміщенні ухвалюють залежно від категорії пожежної небезпеки виробництва й ступені вогнестійкості будинку.

Сумарна ширина дверей коридорів або проходів на шляхах евакуації ухвалюється 0,6 м. Граничну ширину проходів ухвалюють 1 м, коридорів – 1,4 м, дверей – 0,8 м. Висота дверей становить не менш 2 м. Двері, призначені для евакуації, відкриваються по напрямкові виходу з будинку.

Кількість евакуаційних виходів з виробничого будинку ухвалюються не менш двох.

Для запобігання пожежі на виробничих ділянках використовують:

- установку протипожежних дверей і воріт;
- забезпечення необхідної відстані між будинками з урахуванням під'їзних шляхів для пожежних машин;
- установку протипожежних щитів і ємностей з піском;
- проведення протипожежних кранів для гасіння пожеж;
- застосування централізованої системи оповіщення;
- систему автоматичного пожежогасіння.

## **8.5 Охорона навколишнього середовища**

Як навколишнє середовище впливає на виробництво, так і виробництво впливає на навколишнє середовище: шкідливі фактори виробництва забруднюють її. Так, наприклад, зливши охолодної емульсії, залишки стружки й металу, зливши брудної води й залишки хімічних рідин. Для запобігання шкідливого впливу виробництва на навколишнє середовище застосовують наступні методи:

- озеленення зони навколо ділянки;
- установка спеціальних фільтрів;
- вторинна переробка шкідливих речовин;
- використання спеціальних ям для відстою шкідливих речовин;
- проведення щомісячного збирання робочої зони й території, що прилягає до ділянки;
- використання менш шкідливих матеріалів для забезпечення техпроцесу відновлення деталей;

- відправлення на переплавлення стружки й залишків металу.

## 8.6 Розрахунки освітленості робочого місця

Раціональне висвітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини професійні захворювання, що попереджають травматизм і. Правильно організоване висвітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Висвітлення на робочому місці повинне бути таким, щоб працівник міг без напруги зору виконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин:

- недостатність освітленості;
- надмірна освітленість;
- неправильний напрямок світла.

Недостатність висвітлення приводить до напруги зору, послабляє увага, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве висвітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Усі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунки освітленості.

Природне висвітлення обумовлене прямими сонячними променями й розсіяним світлом небозводу. Хв'яється залежно від географічної широти, часу доби, ступені хмарності, прозорості атмосфери. По пристрою розрізняють бічне, верхнє й комбіноване природне висвітлення.

Штучне висвітлення створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання і т.д.). Застосовується при відсутності або недоліку природнього висвітлення. По призначенню буває: робочим, аварійним, евакуаційним, охоронним, черговим. По пристрою буває: місцевим, загальним, комбінованим. Улаштувати одне місцеве висвітлення не можна.

Раціональне штучне висвітлення повинне забезпечувати нормальні умови для роботи при припустимій витраті засобів, матеріалів і електроенергії.

За недостатності природнього висвітлення використовується сполучене (комбіноване) висвітлення. Останнє являє собою висвітлення, при якому у світлий час доби використовується одночасно природнє й штучне світло.

Розрахунки освітленості робочого місця зводиться до вибору системи висвітлення, визначенню необхідного числа світильників, їх типу й розміщення в процесі роботи в таких умовах, коли природнє висвітлення недостатнє або відсутнє. Розрахунки освітленості проводиться для моторного цеху, у якому природнє висвітлення частково присутнє. Виходячи із цього, розрахуємо параметри штучного висвітлення.

Штучне висвітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання й люхвесцентних ламп. Будемо використовувати люхвесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають істотні переваги:

- по спектральному составу світла вони близькі до денного, природнього висвітленню;
- мають більш високий ККД (в 1.5-2 рази вище, чим ККД ламп розжарювання);
- мають підвищену світловіддачу (в 3-4 рази вище, чим у ламп розжарювання);
- більш тривалий терхв служби.

Розрахунки висвітлення проводиться для приміщення площею 240 м<sup>2</sup>, ширина якого 12 м, довжина 20 м, висота 8 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на поверхню по формулі [6]:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (8.1)$$

де F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована хвимальна освітленість, Лк (визначається по таблиці згідно СНиП II 4-79). Відповідно до цієї таблиці, для людей, робота яких ставиться до

розряду точних робіт, хвімальна освітленість буде  $E = 300$  Лк при газорозрядних лампах;

$S$  – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку  $S = 240$  м<sup>2</sup>);

$Z$  – коефіцієнт хвімальної освітленості, дорівнює відношенню середньої освітленості до хвімальної (звичайно ухвалюється 1.1-1.2, нехай  $Z = 1.1$ );

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається по таблиці коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашому випадку  $K = 1.5$ );

$n$  – коефіцієнт використання (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ( $R_c$ ) і стелі ( $R_p$ )). Значення коефіцієнтів  $R_c$  і  $R_p$  визначимо по таблиці залежностей коефіцієнтів відбиття від характеру поверхні:  $R_c=30\%$ ,  $R_p=50\%$ . Значення  $n$  визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників.

Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (8.2)$$

де  $S$  – площа приміщення,  $S = 240$  м<sup>2</sup>;

$h$  – розрахункова висота підвісу,  $h = 8$  м;

$A$  – ширина приміщення,  $A = 12$  м;

$U$  – довжина приміщення,  $B = 20$  м.

Підставивши значення, одержимо

$$I = \frac{240}{8 \cdot (12 + 20)} = 0,94.$$

Знаючи індекс приміщення  $I$ ,  $R_c$  і  $R_p$ , по таблиці знаходимо  $n = 0.43$ .

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 240 \cdot 1,1}{0,43} = 276279,1 \text{ Лм}.$$

Для висвітлення вибираємо люхвесцентні лампи типу ЛБ40, світловий потік яких  $F_{\text{л}} = 3000 \text{ Лм}$ .

Розрахуємо необхідну кількість ламп по формулі

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \quad (8.3)$$

де  $N$  – обумовлене число ламп;

$F$  – світловий потік;

$F_{\text{л}}$  – світловий потік лампи.

$$N = \frac{276279,1}{3000} = 92 \text{ шт.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОДР. Кожний світильник комплектується двома лампами. Звідси загальна кількість світильників ухвалюємо 46. Розміщаються світильники у два ряди, по двадцять три штуки в кожному ряді.

## 9 ЕКОЛОГІЯ

### 9.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

**Охорона довкілля** – система заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, збереження особливо цінних та унікальних природних комплексів і забезпечення екологічної безпеки. Це сукупність державних, адміністративних, правових, економічних, політичних і суспільних заходів, спрямованих на раціональне використання, відтворення і збереження природних ресурсів землі, обмеження негативного впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

**Мета охорони навколишнього середовища** – протидія негативним змінам у навколишньому середовищі, які мали місце в минулому, відбуваються зараз або можуть бути.

**Актуальність охорони навколишнього середовища**, що перетворилася в глобальну проблему, пов'язана головним чином зі зростанням антропогенного впливу. Це зумовлено демографічним вибухом, урбанізацією, що прискорюється, і розвитком гірничих розробок і комунікацій, забрудненням навколишнього середовища відходами, надмірним навантаженням на орні землі, пасовища, ліси, водойми. У результаті гірничо-технічної діяльності у світі порушено не менше 15 – 20 млн га земель, з них 59% площі використано під різні гірничі виробки, 38% – під відвали пустої породи або відходів збагачення, 3% – місця осідання, провалів та інших порушень поверхні, пов'язаних з підземними розробками. Інколи порушення правил ведення гірничих робіт чи масштабна аварія призводить до катастрофічних незворотних наслідків.

**Заходами, спрямованими на охорону довкілля можуть бути:**

- Обмеження викидів в атмосферу та гідросферу з метою поліпшення загальної екологічної обстановки.
- Створення заповідників, заказників і національних парків з метою збереження природних комплексів.
- Обмеження лову риби, полювання з метою збереження певних видів.
- Обмеження несанкціонованого викидання сміття. Використання методів екологічної логістики для тотального очищення від несанкціонованого засмічення території регіону.

Так, калійний рудник № 2 у Стебнику (Львівська обл.) внаслідок прориву підземних вод затоплено розсолем, на місці калійної шахти утворилося озеро, а з 2007 р. розчиняються цілики, що утримують гірський масив від обвалення.

Об'єм відвалів порід і виробничих відходів, що утворилися від спільної діяльності гірничих підприємств світу, становить понад 2000 км<sup>3</sup>.

Для отримання мінеральної сировини і палива людство вимушене використовувати дедалі глибші шари земної кори (золоторудні шахти ПАР, наприклад, досягли позначок 3 – 4 км нижче земної поверхні; амплітуда висот між дном найглибших кар'єрів і поверхнею найвищих відвалів перевищує 1100 м). Гірничодобувні роботи супроводжуються штучним водозниженням. Тільки при видобутку вугілля з шахт і розрізів відкачується біля 15 м<sup>3</sup> води на рік. Скидання стічних вод, що відкачуються, веде до забруднення поверхневих водних об'єктів різними солями, нафтопродуктами і важкими металами. Зсуви гірських порід на територіях, що підробляються, осідання поверхні, розсіювання породи з відвалів негативно впливають на стан земельних ресурсів. Значні надходження забруднювальних речовин відбуваються в зонах комунікацій і транспортних вузлів (90 т пилу на 1 км залізничного полотна на рік).

При експлуатації нафтопроводів та продуктопроводів найбільшої шкоди завдають аварійні витіки нафти, суспензій тощо.



Одна з найгостріших екологічних проблем, зумовлених посиленням техногенного впливу на природне середовище, пов'язана зі станом атмосферного повітря. Вона включає ряд аспектів. По-перше, охорона озонового шару, необхідна у зв'язку із зростанням забруднення атмосфери фреонами, оксидами азоту тощо. До середини XXI ст. це може призвести, за оцінками, до зниження вмісту стратосферного озону на 15%. По-друге, зростання концентрації CO<sub>2</sub> (це вуглекислий газ), що відбувається в основному за рахунок згоряння викопного палива, зменшення площ лісів, виснаження гумусового шару і деградації ґрунтів. До середини XXI ст. очікується подвоєння концентрації газу, що мала місце перед початком НТР.

У результаті «парникового ефекту» до 30-х рр. XXI ст. середня температура приземного шару повітря може підвищитися на  $3 \pm 1,5$  °С, причому максимальне потепління станеться в приполярних зонах, мінімальне – біля екватора. Очікується збільшення швидкості танення льодовиків і підняття рівня океану з темпом понад 0,5 см/рік. По-третє, кислотні осадки стали істотними компонентами атмосфери. Вони випадають в країнах Європи, Північній Америці, а також в районах найбільших агломерацій Азії і Латинської Америки. Головна причина кислотних осадків – надходження сполук сірки і азоту в атмосферу при спаленні викопного палива в стаціонарних установках і двигунах транспорту. Кислотні осадки завдають шкоди будівлям, пам'ятникам і металевим конструкціям, викликають дигресію і загибель лісів, знижують урожай багатьох сільськогосподарських культур, погіршують родючість ґрунтів, що мають кислу реакцію, і стан водних екосистем.

**Охорона водних ресурсів** – це сукупність правових, організаційних, технологічних, економічних, наукових і соціальних заходів, спрямованих на попередження та усунення забруднення, засмічення та виснаження водних об'єктів з метою оптимального задоволення потреб населення та галузей економіки у воді нормативної якості.

Проблема забруднення та виснаження водних ресурсів викликана зростанням використання води промисловістю, сільським і житлово-комунальним господарствам, з одного боку, і забрудненням водних об'єктів – з

іншого. Щорічно людством використовується в середньому до 6000 км<sup>3</sup> води, з них в сільському господарстві близько 3400, промисловості 2200, на господарсько-побутові потреби 400 км<sup>3</sup>. Забруднення багатьох водних об'єктів суші (особливо в країнах Західної Європи та Північної Америки) і вод Світового океану досягло небезпечного рівня. Щорічно в океан потрапляє (млн т): 0,2 – 0,5 отрутохімікатів; 0,1 – хлорорганічних пестицидів; 5 – 11 – нафти та інших вуглеводнів; 10 – хімічних добрив; 6 – фосфорних сполук; 0,004 – ртуті; 0,2 – свинцю; 0,0005 – кадмію; 0,38 – міді; 0,44 – марганцю; 0,37 – цинку; 1000 – твердих відходів; 6,5 – 50 – твердого сміття; 6,4 – пластмас. У Північній Атлантиці нафтова плівка займає 2 – 3% площі. Найбільш забруднені нафтою Північне і Карибське моря, Перська затока, а також прилеглі до Африки і Америки ділянки, де здійснюється її перевезення танкерним флотом.

Одна з головних екологічних проблем пов'язана з погіршенням стану земельних ресурсів. За історичний час внаслідок вияву прискореної ерозії, дефляції та інших негативних процесів людство втратило майже 2 млрд га продуктивних земель.

До утворення пустель схильна площа в 4,5 млрд га, на якій проживає близько 850 млн чоловік. Пустелі швидко розвиваються (до 5 – 7 млн га на рік) у тропічних районах Африки, Азії і Америки, а також у субтропіках Мексики. Швидкість зникнення лісів становить 6 – 20 млн га на рік.

Важлива для людства проблема – охорона геологічного середовища, тобто верхньої частини літосфери, яка розглядається як багатокomпонентна динамічна система, що перебуває під впливом інженерно-господарської діяльності людини і, в свою чергу, певною мірою визначає цю діяльність. Найголовніший компонент геологічного середовища – гірські породи, що містять нарівні з твердими мінеральними і органічними компонентами газу, підземні води. Особливо великий негативний вплив на довкілля від техногенних катастроф, найбільша з яких у ХХ ст. – на Чорнобильській атомній електростанції – сталася в Україні.

Охорона навколишнього середовища суттєвим чином залежить від технічного рівня вугільної енергетики. Прикладом системних дій у подоланні

екологічних ризиків є вугільна енергетика Європи. У ФРН на початку ХХІ ст. стала до ладу модельна вугільна ТЕС, в процесі роботи якої викиди вуглекислого газу в атмосферу відсутні. Впровадження цієї технології у комерційному масштабі планується з 2014 р. Сучасні екологічно чисті вугільні ТЕС запроектовані у Великобританії. У Данії в 2006 р. запущено пілотний проект найбільшої у світі очисної установки димових газів (у проекті задіяно 30 компаній і 11 країн Європи, скорочення емісії вуглекислого газу – 90%).

У США планується найближчим часом ввести в дію 80 ТЕС, які мають підвищений коефіцієнт корисної дії та новітнє очисне обладнання. Але найбільший приріст світового використання вугілля – 90% до 2020 р. – передбачається за рахунок вугільних енергетик Китаю та Індії, в яких стан охорони навколишнього середовища порівняно нижчий.

Комплексна охорона навколишнього середовища здійснюється на рівні підприємств, населених пунктів, регіонів, держав і глобально – в масштабах всієї планети. Велика робота ведеться під егідою ООН, з ініціативи якої в 1972 р. створена постійно діюча Програма ООН по довкіллю (ЮНЕП). У рамках ООН природоохоронні проблеми вирішують також: Всесвітня метеорологічна організація (ВМО), Всесвітня організація охорони здоров'я (ВОЗ), Міжнародна морська організація (ММО), Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ), Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку (МКНСР), ЮНЕСКО та ін. Велику увагу проблемам охорони навколишнього середовища приділяють Організація економічної співпраці і розвитку (ОЕСР), Європейське економічне співтовариство (ЄЕС), Організація американських держав (ОАД), Ліга арабських країн з питань освіти, культури і наук (АЛЕКСО). Генеральна Асамблея ООН прийняла в 1982 р. Всесвітню хартію природи, яка є розвитком Стокгольмської декларації про довкілля (1972), і Всесвітню стратегію охорони природи, розроблену МСОП (1980). В останні десятиліття ХХ ст. під егідою ООН розроблена Концепція сталого розвитку, яка передбачає глобальні (в просторі і часі) підходи до охорони навколишнього середовища.

В Україні питання охорони навколишнього середовища офіційно перебувають у компетенції Міністерства екології і природних ресурсів, але напряму стосуються кожного громадянина. Тому існує низка формальних і неформальних організацій, товариств і рухів охорони довкілля, що дозволяють діяти локально і більш оперативно, ніж державним структурам.

## **9.2 Забруднення довкілля, що виникає внаслідок заміни агрегатів автомобілів марки УАЗ-3163**

В процесі заміни агрегатів автомобілів марки УАЗ очікується забруднення навколишнього середовища та атмосферного повітря промисловими відходами, пилом і твердими частинками, змащувальними рідинами.

До відходів що виникають у результаті виготовлення вала відносяться залишки сировини, матеріалів та напівфабрикатів, які повністю або частково втратили свої властивості, наприклад, сталева стружка, браковані деталі, а також продукти механічної обробки заготовок, одержання яких не є метою виробничого процесу і які в подальшому можуть бути використані як готова продукція після відповідної переробки.

В механічному цеху при заточуванні різального інструменту та при шліфуванні вала, у повітря виділятиметься пил абразивний та абразивно-металевий.

Окрім того, на певних операціях механічної обробки корпусу використовуються змащувально-охолоджувальні рідини, які після втрати своїх властивостей, збираються у тару й вивозяться.

## **9.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля**

Під методами захисту НПС розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення біосфери. Універсальних методів

звичайно не існує, тому радикально вирішити проблему забруднення НПС на сьогоденній технічній стадії розвитку людства неможливо (пригадайте рівень споживання ресурсів і кількість відходів, масштаби впливу на НПС). Отже, лише поєднання декількох раціонально підібраних і науково обґрунтованих заходів в кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефектів, результатів по захисту (охороні) НПС.

Для цього використовують такі методи:

1) **Технологічні** – це безпосередній вплив на технологічні процеси, які виступають джерелом забруднення, внаслідок чого з'являються нові технології (утилізаційні, зберігаючі, чисті і т. д.).

2) **Організаційно-технічні** – зменшення концентрації та рівня забруднення на шляхах їх розповсюдження від виробництва до біосфери, тобто використання технічних засобів захисту та проведення організаційно-планувальних заходів.

Перша група методів вирішує проблему значно ефективніше, але є досить трудомісткою та значно дорожчою: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій, проводяться спеціальні науково дослідні роботи, вирішується цілий ряд завдань соціально-економічного плану, наприклад, перекваліфікація працюючих, автоматизація, комп'ютеризація виробництва.

Друга група методів є дещо вигіднішою, але вони мають локальний характер дії і не знищують причину, яка викликає забруднення.

Прямі методи дозволяють знизити масу, об'єм, концентрацію і рівень забруднення безпосередньо в джерелі їх утворення в технологічному процесі. Приклад: зменшення вмісту сірки в паливі; створення електромобілів і т. д.

Побічні методи не забезпечують безпосереднього зниження рівня забруднення в його джерелі, але мінімізують його або виключають утворення забруднювачів при проведенні наступних технологічних процесів. Приклад: використання прогресивних методів литва; заміна газової зварки на електричну, а далі на лазерну і т. д.

Найвища форма удосконалення технології виробництва – створення замкнених технологічних процесів, систем оборотного водопостачання і безвідходної технології, що можливо тільки при узгодженні прямих та побічних методів.

Під безвідходною технологією розуміють замкнуті технологічні процеси, при яких відходи кожного попереднього процесу виступають вихідною сировиною для наступного. Прикладом цієї технології є кругообіг речовин та енергії в природі.

Майбутнє за технологічними методами захисту НПС як самими прогресивними і екологічними. Саме втілення на всіх етапах виробництва безвідходної технології дозволить повністю зняти проблему антропогенного забруднення біосфери.

Організаційно-технічні методи, використання яких не зв'язано з безпосереднім впливом на джерело забруднення, використовується для захисту НПС шляхом:

- розосередження джерел забруднення; воно не захищає безпосередньо НПС від забруднень, але дозволяє знизити локальне навантаження шкідливих речовин на біосферу до допустимих концентрацій і рівнів, з нейтралізацією яких природа справляється ще сама;

- локалізація джерел забруднення за рахунок ізоляції, герметизації, екранування, а також захоронення відходів, що дозволяє обмежити розповсюдження забруднювачів в біосфері;

- очистки (повної чи до допустимих концентрацій) викидів, які надходять в біосферу з допомогою спеціальних технічних устаткувань і апаратів, що використовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні і біохімічні способи очистки і обеззараження забруднювачів.

На цьому рівні розвитку технології використання організаційно-технічних методів виступають основним способом боротьби з забруднювачами НПС.

Основні напрямки екологізації виробництва.

1. Розробка ефективних засобів очищення промислових, комунальних та тваринницьких стічних вод і промислових та транспортних викидів в атмосферу. Воно частково запобігає забрудненню довкілля, але повністю не ліквідує його, хоча ефективність окремих очисних технологій сягає 99% – 99,9%, їм не може належати провідна роль, коли мова йде про гармонізацію взаємодії суспільства і природи (дуже висока ціна сучасних очисних технологій). Основні види очистки: механічні, хімічні, біологічні, електричні і т. п.

2. Значно перспективнішими є заходи спрямовані на зменшення або повну ліквідацію шкідливих відходів, що забруднюють довкілля. Головний напрям – це перехід до використання замкнених технологій, для яких характерна відсутність обміну речовин із зовнішнім середовищем. Стосовно технологічної операції це можна розуміти як процес, у якому відсутні викиди твердих, рідких і газоподібних речовин – відходів. Важливе значення тут відводиться розробці нових альтернативних технологій в енергетиці, нетрадиційних матеріалів, розробка технологій на основі природних (екологічних) процесів, саме тут важливе значення має використання останніх досягнень науки і техніки. Це найперспективніший шлях екологізації.

3. Важливим сучасним напрямком екологізації є утилізація, тобто повторне використання відходів.

Найбільш важливий захід це регенерація первинних відходів, тобто залишення їх у циклі виробництва з метою додаткової переробки і вилучення невикористаних елементів або сполук. Є 3 шляхи або напрямки:

– повернення відходів у той самий виробничий процес, з якого його отримано;

– використання відходів в інших виробничих процесах;

– використання у вигляді сировини для інших виробництв.

Це вже дозволяє вирішити проблему мінімізації відходів, а у окремих випадках досягти їх повної ліквідації. Але й тут існує ряд проблем, в першу чергу фінансових, а також часто кількість відходів просто перевищує реальні

можливості їх споживання. Тому найбільш перспективний напрям екологізації виробництва слід вважати розробку принципово нових екологічних (маловідходних) технологій і перехід виробництва до основ екологічно “чистого” виробництва. (див. статтю Т. Сербіна “Основні критерії чистого виробництва” (Грінпіс, UNEP)).



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз наявних типів і модифікацій та схем приводу автомобіля. Розглянуто коробки перемикачів передач та роздавальної коробки повнопривідних автомобілів.

2. Здійснено порівняння різних типів повнопривідних автомобілів. Проведено розрахунок основних параметрів автомобіля та обрано найбільш підходящі варіанти.

3. Проведено аналіз технологічності деталі. Розроблено технологічний маршрут та здійснено вибір устаткування, пристроїв та інструментів. Виконано розрахунок режимів різання на окремі операції.

4. Досліджено довговічності роботи зубчастих коліс коробки передач та роздавальної коробки для отриманого автомобіля.

5. Описано конструкцію обраного вузла. Вибрано основні параметри роздавальної коробки передач такі як матеріали і обробка, вибрано часло кількості зубів роздавальної коробки, обрано тип зачеплення та розраховано діаметр шестерень та сил роздавальної коробки.

6. Розроблено заходи щодо забезпечення техніки безпеки на ділянці, при проведенні робіт на метало-ріжучих верстатах.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Краткий автомобильный справочник НИИАТ. 1984. М. Транспорт. – С. 220.
2. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. Том 2. / А.Г. Косилова, Р.П. Мещеряков // М., "Машиностроение", 1986
3. Дулицкий Г.А. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В. / Г.А. Дулицкий, А.П. Комаревцев // Справочник. – М.: Воениздат. – 1988.
4. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие — Москва: Изд-во «Экзамен», 2005. — 512 с.
5. Глебова Е.В. "Производственная санитария и гигиена труда" / Е.В. Глебова. М.: Высш. школа. – 2007. – С. 382.
6. Чистов Е.Д. Безопасность и гигиена труда: Сб. науч. работ / Гл. ред. Е.Д. Чистов. – М: Профиздат, 1985.-144 с.