

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного
обслуговування двигуна RD28T автомобілів Nissan Patrol з дослідженням
довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАМ-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Василь МУЖ

(ім'я та прізвище)

Керівник

(підпис)

Володимир ДЗЮРА

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(ім'я та прізвище)

Завідувач кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Тернопіль
2024

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)
« » 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

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

1. Тема роботи Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування двигуна RD28T автомобілів Nissan Patrol з дослідженням довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення

Керівник роботи Дзюра Володимир Олексійович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «12» листопада 2024 року №4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес обслуговування двигуна RD28T автомобілів Nissan Patrol

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

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Динаміка змін транспорту на АТП – 1 аркуш формату А1. Схема ТП робіт у ремонтній зоні – 1 аркуш формату А1. Моменти затягування різьбових з'єднань ДВЗ – 1 аркуш формату А1. Деталювання – 1 аркуш формату А1. План дільниці ремонту двигунів – 1 аркуш формату А1. Діагностичний пост – 1 аркуш формату А1. Генеральний план – 1 аркуш формату А1. Дослідження – 1 аркуш формату А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Студент

Василь МУЖ

Керівник роботи

Володимир ДЗЮРА

3

Реферат

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування двигуна RD28T автомобілів Nissan Patrol з дослідженням довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення» студента групи МАМ-62 ТНТУ імені Івана Пулюя Мужа Василя Михайловича. Керівник роботи – д.т.н., проф. кафедри автомобілів Дзюра В.О.

Пояснювальна записка містить: 66 арк. формату А4 та додатки, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

Ключові слова: технологічний процес, технічне обслуговування, ремонт, організація ТО, структура АТП, структура управління, механізм газорозподілення.

Наведено аналіз підприємства, виробничу програму та організацію АТП.

Зроблено технологічні розрахунки: виробничу програму ТО та поточного ремонту автомобілів, виробничі пости, площі і кількість працівників. Наведено обслуговування двигуна RD28T автомобілів Nissan Patrol.

Приведено вибір обладнання для ТО.

Розглянуто довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення.

Описано питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Оформлено графічну частину роботи.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Аналіз підприємства	8
1.2 Організаційна структура АТП	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Визначення виробничої програми	12
2.2 Річна виробнича програма	15
2.3 Річні діагностичні операції за моделями автомобіля	16
2.4 Розрахунок об'єму робіт ТО ТП та обслуговування	17
2.5 Визначення робіт з ТО	18
2.6 Розподіл обсягів робіт з ТО за виробничими зонами та ділянками	19
2.7 Розрахунок кількості виробничих робітників	20
2.8 Технічний розрахунок виробничих площ, майданчиків і складів	23
2.9 Розрахунок постів ПР	25
2.10 Аналіз і основні характеристики генерального плану	27
2.11 Технічне обслуговування двигуна RD28T	28
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Типи автомобільних підйомників	39
3.2 Розрахунок компресії гідравлічної штанги	41
3.3 Конструкція міцності на вигин	41
3.4 Економічне обґрунтування КРБ	43
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Дослідження довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Призначення відповідальних осіб за охорону праці	57
5.2 Створення планів евакуації працівників, обладнання і транспорту	58
5.3 Розрахунок газовиділення при роботі дизельних двигунів	60
5.4 Розрахунок пожежного резервуару на випадок виникнення пожежі	62

ВИСНОВКИ	63
БІБЛІОГРАФІЯ	64
ДОДАТКИ	67

ВСТУП

Основним завданням автомобільних підприємств є забезпечення якісного, своєчасного і повноцінного задоволення потреб у транспорті з мінімальними витратами матеріальних і трудових ресурсів. Це вимагає розвитку автотранспорту, зміцнення виробничо-технічної бази, вдосконалення систем ТО автопарку. Підтримка технічної справності автопарку потребує суттєвих витрат, які у багато разів перевищують витрати на його виготовлення, тому ефективне управління цими процесами є пріоритетним завданням.

Розвиток автотранспортних підприємств нерозривно пов'язаний із будівництвом нових об'єктів, реконструкцією, розширенням та технічним переоснащенням існуючих. Ці процеси включають впровадження сучасного обладнання, таких як підйомники, діагностичні стенди, конвеєрні лінії, і застосування автоматизованих систем для управління технологічними процесами. Високий рівень зменшення ручної роботи дозволяє знизити трудомісткість робіт, підвищити продуктивність праці та поліпшити умови і безпеку роботи.

Реконструкція автотранспортних підприємств забезпечує швидке збільшення їх потужності з меншими капітальними витратами порівняно з будівництвом нового. Концентрація автопарку, впровадження спеціалізації і нових технологій дозволяють знизити витрати на ремонт і ТО, підвищуючи загальний технічний рівень підприємства. Зниження витрат і підвищення ефективності також сприяє впровадженню сучасних екологічних рішень, які зменшують негативний вплив на навколишнє середовище.

Проектування нових об'єктів та модернізація існуючих повинні відповідати сучасним вимогам, економічним тенденціям та екологічним стандартам.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз підприємства

Основна діяльність АТП спрямована на організацію безперебійного транспортного обслуговування структурних підрозділів і підприємств. При цьому забезпечується безпека руху та дотримання вимог якості вантажних і пасажирських перевезень. Також підприємство займається поточним ТО і ремонтом автопарку.

Виробнича база АТП розташована на одному майданчику. На території розміщені авторемонтна майстерня, ділянка паливного обладнання, зона технічного обслуговування, токарний цех, ремонтна майстерня, ділянка шиномонтажу та балансування коліс, опалювальні гаражі, зварювальний і електроцехи, акумуляторний цех, склад лакофарбових матеріалів, автомийка, пункт видачі палива, неопалюваний ангар, контрольно-пропускний пункт (КПП), адміністративна будівля, а також відкрита стоянка для вантажних автомобілів.

На території також облаштовані:

- відкрита парковка для вантажних автомобілів;
- опалюваний ангар для стоянки вантажних автомобілів і дорожньо-будівельної техніки;
- пост ТО-1 для вантажних автомобілів і спецтехніки;
- пост поточного ремонту ТЗ: вантажних та спецтехніки;
- зона миття транспортних засобів;
- опалювальні гаражні бокси для стоянки автомобілів;
- зона ТО і ремонту.

Дане АПП має в своєму складі усі необхідні приміщення для якісного функціонування та виконання завдань, що стосуються обслуговування ТЗ

АТП має чіткий розподіл автопарку за марками автомобілів, що представлено в таблиці 1.1.

Таблиці 1.1 – Розподіл за марками

Транспорт	Кількість
DONG FEENG 5120	18,0
Ford Cargo 2530D	22,0
NISSAN PATROL	29,0
FORD TRANSIT 100	24,0
DONG FEENG 1030	10,0
БОГДАН А092	20,0

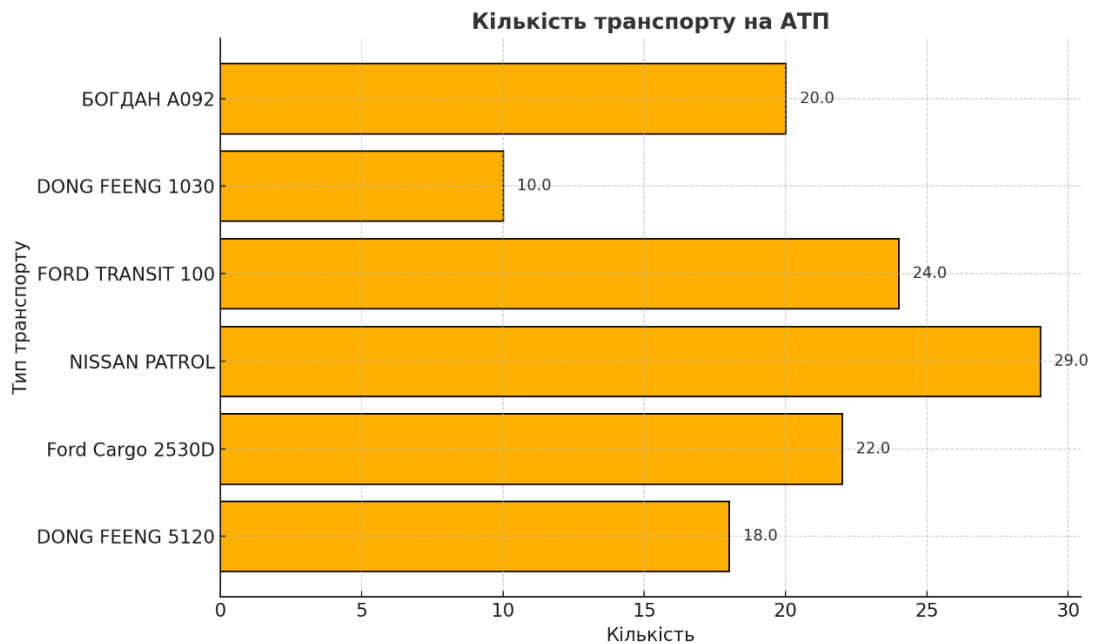


Рисунок 1.1. – Діаграма кількості ТЗ

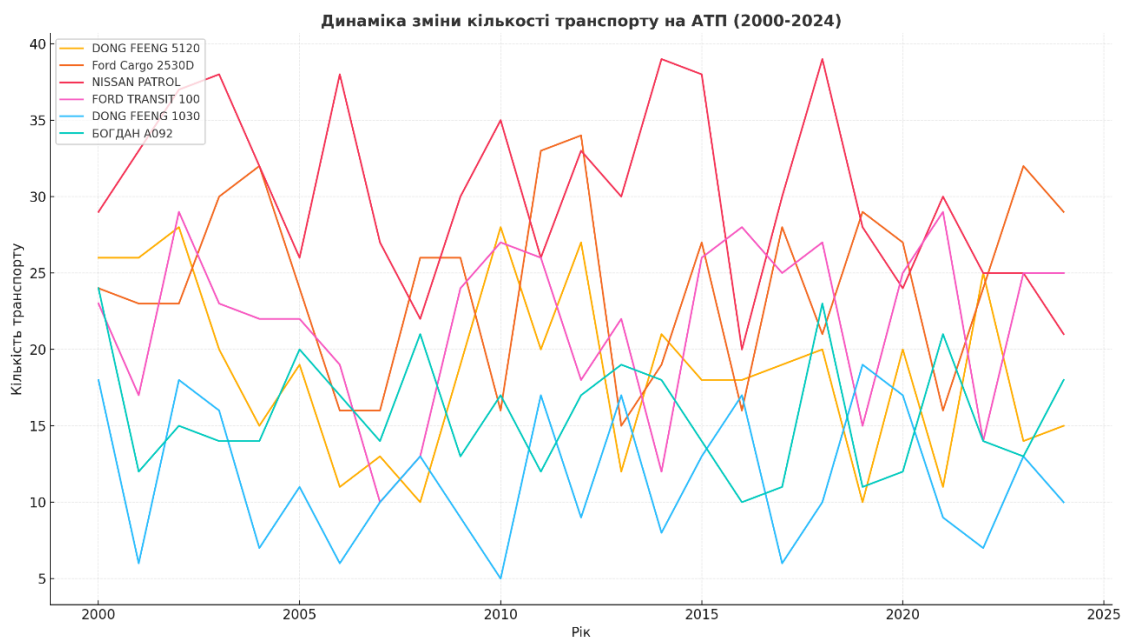


Рисунок 1.2. – Динаміка зміни кількості транспорту на АТП

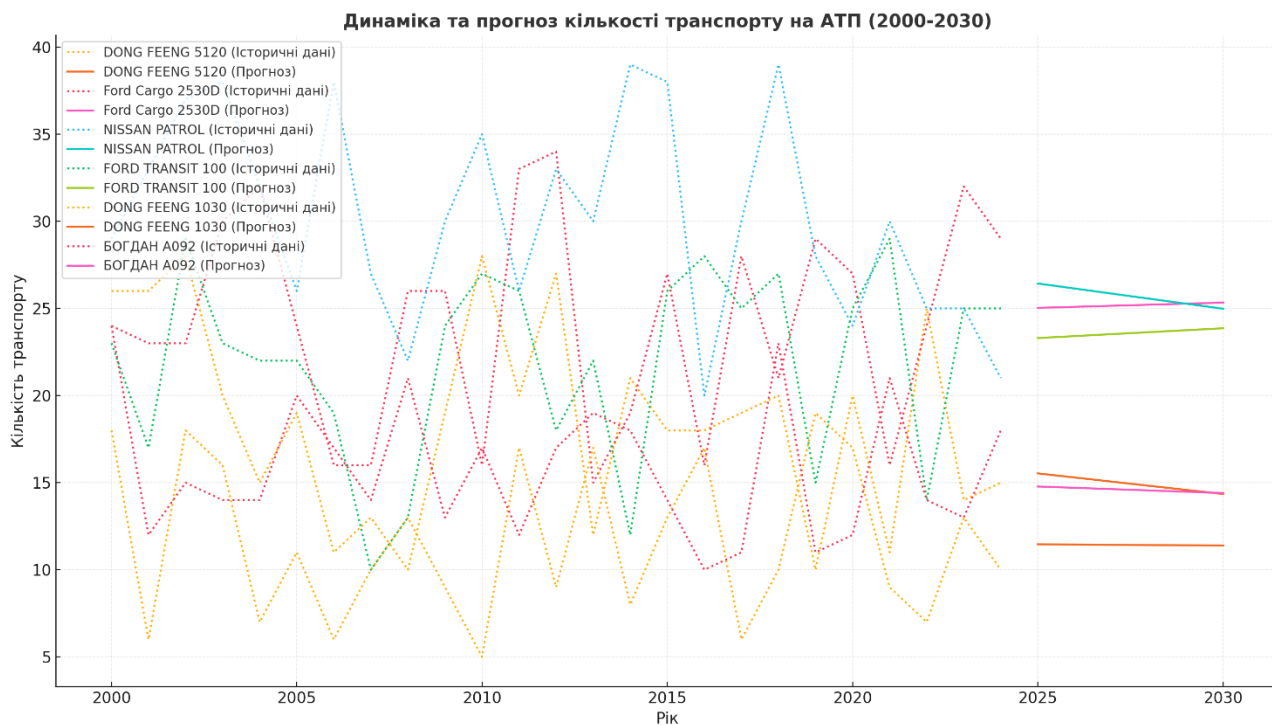


Рисунок 1.3. – Графік прогнозу кількості ТЗ на АТП до 2030 р.

Пунктирними лініями позначено історичні дані, а суцільними - прогнозовані значення

Таблиці 1.2 –Прогнозування кількості ТЗ на АТП до 2030 року

Рік	DONG FEENG 5120	Ford Cargo 2530D	NISSAN PATROL	FORD TRANSIT 100	DONG FEENG 1030	БОГДАН A092
2025	16	25	26	23	12	15
2026	15	25	26	23	11	15
2027	15	25	26	24	11	15
2028	15	25	25	24	11	15
2029	15	25	25	24	11	14
2030	14	25	25	24	11	14

1.2 Організаційна структура АТП

Організаційна структура автотранспортного підприємства складається з кількох основних підрозділів. На чолі підприємства знаходиться директор, який здійснює загальне керівництво. Під керівництвом директора працюють головний

механік і головний бухгалтер. Головний механік відповідає за тех. стан ТЗ та організаційні заходи з ремонту. У його підпорядкуванні знаходяться механік КТП і автослюсарі. Окремо виділяється диспетчер, який координує роботу водіїв. Водії забезпечують перевезення вантажів чи пасажирів згідно з розробленими маршрутами. Така структура дозволяє ефективно розподіляти обов'язки між працівниками.



Рисунок 1.4 – Схема організаційної структури АТП

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення виробничої програми

Організаційна структура автотранспортного підприємства побудована для чіткого розподілу обов'язків. Директор керує підприємством та приймає основні рішення. Головний механік відповідає за тех. стан ТЗ та їх ремонт. Диспетчер координує роботу водіїв і перевезення. Водії виконують транспортні завдання відповідно до маршрутів. Така структура забезпечує злагоджену роботу підприємства.

Виробнича програма ТО визначається кількістю запланованих робіт на певний період часу (рік, день). Сезонне ТО проводиться двічі на рік, суміщується з ТО-1 або ТО-2 і не враховується як окремий вид у плановій програмі.

Таблиця 2.1 – Дані ТЗ

Групи автомобілів	Марка автомобіля	Кількість	Середній добовий пробіг, км
Легкові	NISSAN PATROL FORD TRANSIT 100	54,0	125,0
Грузові	DONG FEENG 5120, Ford Cargo 2530D, DONG FEENG 1030	50,0	150,0
Автобуси	БОГДАН А092	20,0	80,0

Технічний ремонт ТР здійснюється за потребою, без визначеної кількості операцій. Планування простоїв автопарку і кількості ремонтних заходів проводиться на основі нормативів на 1000 км пробігу. Виробнича програма розраховується на рік і визначає обсяг робіт, необхідну кількість працівників і планування технічного обслуговування.

Для обчислення програми технічного обслуговування використовуються нормативи пробігу ТЗ до капітального ремонту КР і періодичність з ТО-1 і ТО-2. Для коригування нормативів застосовуються коефіцієнти, що враховують загальновідомі чинники.

$$L_{ц} = L_{ц}^{(н)} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (2.1)$$

Пробіг до списання:

$$L_{ц Л} = 400000 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 320000 \text{ км};$$

$$L_{ц Гр} = 300000 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 240000 \text{ км};$$

$$L_{ц А} = 400000 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 320000 \text{ км};$$

Експлуатація ТЗ протягом циклу:

$$Дц = L_{ц} / l_{сс}, \text{ дн}, \quad (2.2)$$

Експлуатація за 1 цикл:

$$Дц Л = 320000 / 125 = 2560 \text{ дн};$$

$$Дц Гр = 240000 / 150 = 1600 \text{ дн};$$

$$Дц А = 320000 / 80 = 4000 \text{ дн}.$$

Відкоригований пробіг:

$$L_{ц Л} = 2560 \cdot 125 = 320000 \text{ км};$$

$$L_{ц Гр} = 1600 \cdot 150 = 240000 \text{ км};$$

$$L_{ц А} = 4000 \cdot 80 = 320000 \text{ км}.$$

Пробіг до ТО визначається:

$$Li = Li (н) \cdot k_1 \cdot k_3, \quad (2.3)$$

$$L(н)_{ТО-1Л} = 5000 \text{ км}; L(н)_{ТО-1 Гр} = 4000 \text{ км}; L(н)_{ТО-1 А} = 5000 \text{ км};$$

$$L(н)_{ТО2 Л} = 20000 \text{ км}; L(н)_{ТО-2 Гр} = 16000 \text{ км}; LL(н)_{ТО-2 А} = 20000 \text{ км}.$$

$$L'_{ТО-1 Л} = 5000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 4000 \text{ км};$$

$$L'_{ТО-2 Л} = 20000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 16000 \text{ км};$$

$$L'_{ТО-1 Гр} = 4000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 3200 \text{ км};$$

$$L'_{ТО-2 Гр} = 16000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 12800 \text{ км};$$

$$L'_{ТО-1 А} = 5000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 4000 \text{ км};$$

$$L_{ТО-2 А} = 20000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 16000 \text{ км}.$$

Експлуатації авто до ТО в днях:

$$D_p^{TO} = L_i / l_{cc} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} D_{pL}^{TO-1} &= 4000/125 = 32 \text{ дн;} \\ D_{pL}^{TO-2} &= 16000/125 = 128 \text{ дн;} \\ D_{pGr}^{TO-1} &= 3200/150 = 21 \text{ дн;} \\ D_{pGr}^{TO-2} &= 12800/150 = 85 \text{ дн;} \\ D_{pA}^{TO-1} &= 4000/80 = 50 \text{ дн;} \\ D_{pA}^{TO-2} &= 16000/80 = 200 \text{ дн;} \end{aligned}$$

Пробіг до ТО:

$$\begin{aligned} L_{TO-1L} &= 32 \cdot 125 = 4000 \text{ км;} \\ L_{TO-2L} &= 128 \cdot 125 = 16000 \text{ км;} \\ L_{TO-1Gr} &= 21 \cdot 150 = 3150 \text{ км;} \\ L_{TO-2Gr} &= 85 \cdot 150 = 12750 \text{ км;} \\ L_{TO-1A} &= 50 \cdot 80 = 4000 \text{ км;} \\ L_{TO-2A} &= 200 \cdot 80 = 16000 \text{ км.} \end{aligned}$$

Таблиця 2.2 – Нормативний пробіг до КР

Марка автомобіля	Стандартний пробіг, км	Коефіцієнти			Пробіг до КР, км
		k1	k2	k3	
Легкові	400000,0	0,80	1,0	1,0	320000,0
Вантажні	300000,0	0,80	1,0	1,0	240000,0
Автобуси	400000,0	0,80	1,0	1,0	320000,0

Таблиця 2.3 – Нормативний пробіг до ТО

Марка автомобіля	Стандартний пробіг, км		Коефіцієнти		Пробіг до ТО, км	
	ТО-1	ТО-2	0,80	1,0	ТО-1	ТО-2
Легкові	5000,0	20000,0	0,80	1,0	4500,0	16500,0
Вантажні	4000,0	16000,0	0,80	1,0	3200,0	12800,0
Автобуси	5000,0	16000,0	0,80	1,0	4500,0	16500,0

2.2 Річна виробнича програма

Річний пробіг автомобіля відрізняється від пробігу протягом циклу, тому виробнича програма АТП розраховується саме на один рік. Для цього необхідно перерахувати кількість технічних обслуговувань, отриманих за цикл, у річні значення. Це стосується всіх ТО, таких як перше, друге, сезонне та міжсезонне. Такий перерахунок дозволяє правильно визначити обсяги робіт, які потрібно виконати протягом року.:

$$N_{TO-1p} = (L_p / L_{TO-1}) - N_{річ}, \quad (2.5)$$

$$N_{TO-2p} = (L_p / L_{TO-2}) - N_{річ}, \quad (2.6)$$

$$N_{EOc p} = L_p / L_{cc}, \quad (2.7)$$

$$N_{EOт p} = (N_{TO-1} + N_{TO-2}) \cdot 1,6 \quad (2.8)$$

Річний пробіг розраховується:

$$L_p = l_{cc} \cdot \text{Дроб} \cdot \alpha_T, \text{ км} \quad (2.9)$$

Коеф α_T рівний: легкові – 0,97, вантажні – 0,93, автобуси – 0,98

Річний пробіг становить:

$$L_{г Л} = 125 \cdot 248 \cdot 0,97 = 30070 \text{ км}; L_{г Гр} = 150 \cdot 248 \cdot 0,93 = 34596 \text{ км}.$$

$$L_{г А} = 80 \cdot 248 \cdot 0,98 = 19443 \text{ км}.$$

$$N_{г Л} = 30070 / 320000 = 0,094; N_{г Гр} = 34596 / 240000 = 0,144;$$

$$N_{г А} = 19443 / 320000 = 0,061; N_{TO-2г Л} = 30070 / 16000 - 0,094 = 1,8 \approx 2;$$

$$N_{TO-2г Гр} = 34596 / 12750 - 0,144 = 2,57 \approx 3; N_{TO-2г А} = 19443 / 16000 - 0,061 = 1,15 \approx 1;$$

$$N_{TO-1г Л} = 30070 / 4000 - 0,094 = 10,46 \approx 7; N_{TO-1г Гр} = 34596 / 3150 - 0,144 = 10,82 \approx 11;$$

$$N_{TO-1г А} = 19443 / 4000 - 0,061 = 10,85 \approx 5; N_{EOcг Л} = 30070 / 125 = 241;$$

$$N_{EOcг Гр} = 34596 / 150 = 231; N_{EOcг А} = 19443 / 80 = 243;$$

$$N_{EOтг Л} = (2+7) \cdot 1,6 = 14; N_{EOтг Гр} = (3+11) \cdot 1,6 = 22;$$

$$N_{EOтг А} = (1+5) \cdot 1,6 = 10.$$

Кількість ТО для груп авто:

$$N_{TOi} = N_{TOi p} \cdot A_{и} \quad (2.10)$$

$$N_{TO-2 Л} = 2 \cdot 54 = 72; N_{TO-2 Гр} = 3 \cdot 50 = 150;$$

$$N_{TO-2 Пр} = 1 \cdot 20 = 45.$$

Таблиця 2.4 – Кількість ТО для груп

Індекс	Легкові	Вантажні	Автобуси	Всього
N_{TO-2}	108	150	20	278
N_{TO-1}	378	550	100	1028
N_{EOc}	13014	11550	4860	29424
N_{EOt}	756	1100	200	2056

2.3 Річні діагностичні операції за моделями автомобіля

Діагностика як окремий вид технічного обслуговування не передбачена, згідно з Положенням. Роботи з діагностики автопарку включаються в загальний обсяг робіт із ТО та ПР. Залежно від способу організації, діагностика може проводитися як на окремих постах, так і бути інтегрованою в процес обслуговування. Кількість діагностичних дій визначається для розрахунку кількості діагностичних постів і організації їх роботи.

Діагностика Д1 виконується для оцінки тех. стану елементів, що забезпечують безпеку руху. Вона проводиться під час ТО-1, після ТО-2 та під час ПР. Частка автомобілів, що проходять діагностику Д1 під час ПР, становить 10% від річної програми ТО-1.

Д2 призначена для оцінки економічних і потужностних характеристик, а також для визначення обсягу необхідних ремонтних робіт. Вона проводиться з періодичністю ТО-2 та в окремих випадках під час ПР. Відповідно до розрахунків, 20% від річної програми ТО-2 проходять діагностику Д2 під час ПР.

$$\sum N_{Д-1} = 1,1 \cdot N_{TO-1} + N_{TO-2}, \quad (2.11)$$

$$\sum N_{Д-2} = 1,2 \cdot N_{TO-2}, \quad (2.12)$$

Діагностичні дії:

$$\sum N_{Д-1 \text{ Л}} = 1,1 \cdot 378 + 108 = 524; \quad \sum N_{Д-2 \text{ Л}} = 1,2 \cdot 108 = 130;$$

$$\sum N_{Д-1 \text{ Гр}} = 1,1 \cdot 550 + 150 = 755; \quad \sum N_{Д-2 \text{ Гр}} = 1,2 \cdot 150 = 180;$$

$$\sum N_{Д-1 \text{ А}} = 1,1 \cdot 100 + 20 = 130; \quad \sum N_{Д-2 \text{ А}} = 1,2 \cdot 20 = 24.$$

Добова ВП визначається:

$$N_{\text{добі}} = N_{\text{годі}} / D_{\text{роб}} \quad (2.13)$$

За видами $N_{\text{суті}}$:

$$N_{\text{добТО-2 Л}} = 108/248 = 0,44;$$

$$N_{\text{добТО-2 Гр}} = 150/248 = 0,6.$$

$$N_{\text{добТО-2 а}} = 20/248 = 0,08;$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.5 – Щоденна програма для ТО та діагностики

Показник	Легкові	Вантажні	Автобуси	Всього
$N_{\text{добТО-2}}$	0,441	0,601	0,080	1,122
$N_{\text{добТО-1}}$	1,523	2,224	0,401	4,148
$N_{\text{добД-1}}$	2,114	3,045	0,521	5,680
$N_{\text{добД-2}}$	0,521	0,731	0,100	1,352

2.4 Розрахунок об'єму робіт ТО ТП та обслуговування

Трудомісткість розраховується:

$$t_{\text{EO}} = t_{\text{EOc}}^{(\text{H})} \cdot k_2 \cdot k_5 \quad (2.14)$$

$$t_{\text{EO}} = t_{\text{EOcЛ}}^{(\text{H})} = 0,25 \text{ люд. год};$$

$$t_{\text{EO}} = t_{\text{EOcГр}}^{(\text{H})} = 0,35 \text{ люд. год};$$

$$t_{\text{EO}} = t_{\text{EOcПр}}^{(\text{H})} = 0,3 \text{ люд. год};$$

Трудомісткість:

$$t_{\text{EOЛ}} = 0,25 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,275 \text{ люд. год};$$

$$t_{\text{EOГр}} = 0,35 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,385 \text{ люд. год};$$

$$t_{\text{EOА}} = 0,3 \cdot 1,25 \cdot 1,1 = 0,41 \text{ люд. год};$$

Нормативна трудомісткість ТО-1 і ТО-2:

$$t_i = t_i^{(\text{H})} \cdot k_2 \cdot k_5 \quad (2.15)$$

Трудомісткість ТО-1 і ТО-2:

$$t_{\text{ТО-1 Л}} = 3,4 \cdot 1 \cdot 1,2 = 4 \text{ люд. год};$$

$$t_{TO-2 Л} = 13,5 \cdot 1 \cdot 1,2 = 16 \text{ люд. год};$$

$$t_{TO-1 Гр} = 5,7 \cdot 1 \cdot 1,2 = 7 \text{ члюд. год};$$

$$t_{TO-2 Гр} = 21,6 \cdot 1 \cdot 1,2 = 26 \text{ люд. год};$$

$$t_{TO-1 А} = 6 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 9 \text{ люд. год};$$

$$t_{TO-2 А} = 24 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 36 \text{ люд. год}.$$

Трудовістікстість визначаємо з:

$$t_{TP} = t_{TP}^{(H)} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad (2.16)$$

$$t_{TP}^{(H)} Л = 2,1 \text{ люд. год} / 1000 \text{ км};$$

$$t_{TP}^{(H)} Гр = 5 \text{ люд. год} / 1000 \text{ км};$$

$$t_{TP}^{(H)} А = 3 \text{ люд. год} / 1000 \text{ км};$$

Скоригована трудовістікстість:

$$t_{TP Л} = 2,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 2,8 \text{ люд. год} / 1000 \text{ км};$$

$$t_{TP Гр} = 5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 6,6 \text{ люд. год} / 1000 \text{ км};$$

$$t_{TP А} = 3 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 5 \text{ люд. год} / 1000 \text{ км}.$$

2.5 Визначення робіт з ТО

Обсяг робіт із щоденного обслуговування ЕО, сезонного обслуговування ЕОт, ТО-1 та ТО-2 визначає загальний обсяг заходів, спрямованих на підтримку ТС автомобільного парку.

Роботи з ЕО включають огляд, очищення, дозаправлення, перевірку ТС та дрібні коригувальні операції, які виконуються щодня після закінчення зміни або рейсу. ЕОт охоплює заходи, що виконуються перед початком нового сезону або після його завершення, такі як заміна мастила, перевірка систем, залежних від кліматичних умов, і підготовка ТЗ у відповідних умовах.

$$T_{EO, TOP} = N_{EO, TOP} \cdot t_i, \quad (2.17)$$

$$T_{EOc Л} = 241 \cdot 0,28 = 68 \text{ люд. год};$$

$$T_{EOc В} = 231 \cdot 0,39 = 90 \text{ люд. год};$$

$$T_{EOc А} = 243 \cdot 0,41 = 100 \text{ люд. год}.$$

К-сть робіт:

$$T_{\text{ТРВ}} = L_p \cdot t_{\text{ТР}} / 1000. \quad (2.18)$$

$$T_{\text{ТРЛ}} = 30070 \cdot 2,8 / 1000 = 83 \text{ люд-год};$$

$$T_{\text{ТРВ}} = 34596 \cdot 6,6 / 1000 = 228 \text{ люд-год};$$

$$T_{\text{ТРА}} = 19443 \cdot 5 / 1000 = 96 \text{ люд-год}.$$

Загальна трудомісткість:

$$T_{\text{ЕО,ТОР}} = N_{\text{ЕО,ТОР}} \cdot ti \cdot A_{\text{и}}, T_{\text{ТР}} = L_p \cdot t_{\text{ТР}} \cdot A_{\text{и}} / 1000.$$

Таблиця 2.6 – Річний обсяг ТО та для груп ТЗ

Показник, люд. год.	Легкові	Вантажні	Автобуси	Всього
$T_{\text{ЕОс}}$	3650,195	4512,659	1996,388	10158,240
$T_{\text{ЕОт}}$	106,180	215,365	41,070	361,614
$T_{\text{ТО-1}}$	1544,621	3768,395	901,530	6214,547
$T_{\text{ТО-2}}$	1752,975	3894,610	721,224	6368,809
$T_{\text{ТР}}$	4508,652	11436,409	1928,273	17873,333

Сумарна трудомісткість ТО та обслуговування автопарку дорівнює:

$$\begin{aligned} \Sigma T_{\text{ТО-ТР}} &= 10158,240 + 361,614 + 6214,547 + 6368,809 + 17873,333 \\ &= 40976 \text{ люд} - \text{год}. \end{aligned}$$

2.6 Розподіл обсягів робіт з ТО за виробничими зонами та ділянками

Обсяг допоміжних робіт протягом року:

$$T_{\text{доп}} = 0,25 \cdot \Sigma T_{\text{ТО-ТР}}, \text{ люд-год}. \quad (2.19)$$

Річний обсяг:

$$T_{\text{доп}} = 0,25 \cdot 40976 = 10244 \text{ люд-год}.$$

Таблиця 2.7. Розподіл обсягів за видами робіт

Види робіт	Легкові.	Вантажні, %		Автобус, %	Трудомісткість (легкові), люди — год.	Трудомісткість (вантажні), люди — год.	Трудомісткість (автобус), люди — год	По АТП
ТО								
- очищення		25,043	14,024	20,034	912,549	632,073	399,678	1944,3
- мийні		15,026	9,015	10,017	547,930	405,689	199,338	1152,95
- заправні		12,020	14,024	11,019	437,743	632,073	219,372	1289,18
- контрольно-діагностичні		13,022	16,027	12,020	474,806	722,226	239,406	1436,43
- Ремонт		35,059	47,080	47,080	912,549	2120,59	938,593	3971,74
Е _{от} (виконуються перед проведенням ТО та технічного огляду):								
- прибиральні		60,1	40,1	55,1	64,1	86,1	23,1	173,3
- мийні		40,1	60,1	45,1	42,1	129,1	18,1	189,3
ТО-1:								
- загальна діагностика Д1		15,1	10,1	8,1	231,393	376,639	72,122	680,154
- кріплення, регулювання, змащення		85,1	90,153	92,162	1313,22	3391,75	829,408	5534,39
ТО-2:								
- глибока діагностика Д2		12,020	10,011	7,06	210,032	389,052	50,085	649,16

2.7 Розрахунок кількості виробничих робітників

Виробничі ділянки включають робочі зони та приміщення, які безпосередньо займаються виконанням ТО ТЗ. Ці ділянки характеризуються

двома видами чисельності працівників: технологічно необхідною та штатною.

Технологічно необхідна чисельність працівників визначається для забезпечення виконання певних обсягів робіт і добових виробничих програм. Штатна чисельність враховує працівників, необхідних для реалізації річних виробничих програм, включаючи всі планові обсяги ТО та ремонту ТЗ. Це дозволяє підтримувати безперебійний і ефективний процес обслуговування протягом усього року.

Кількість працівників обчислюємо:

$$P_T = T_{\text{годі}} / \Phi_T, \text{ чол} \quad (2.20)$$

$$P_{\text{ш}} = T_{\text{годі}} / \Phi_{\text{ш}}, \text{ чол} \quad (2.21)$$

Прогнозується фонд часу. Для виробництв із нормальними умовами праці він становить 2070 годин на рік, а для виробництв із важкими умовами праці - 1830 годин. Час штатного працівника визначає кількість годин, фактично відпрацьованих працівником на робочому місці.

Для зони кількість робітників:

$$P_T = (10141 + 361) / 2070 = 5 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш}} = (10141 + 361) / 1820 = 6 \text{ люд.}$$

Для зони ТО-1:

$$P_T = 6204 / 2070 = 3 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш}} = 6204 / 1820 = 3 \text{ люд.}$$

Для зони ТО-2:

$$P_T = 6358 / 2070 = 3 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш}} = 6358 / 1820 = 3 \text{ люд.}$$

Річний фонд часу технологічного працівника на постах ПР:

$$\Phi_T = (\Phi_{T_{\text{н.у.}}} \cdot a + \Phi_{T_{\text{вр.у.}}} \cdot b) / (a + b) \quad (2.21)$$

Річний фонд часу на постах ПР:

$$\Phi_{T \text{ легк}} = (2070 \cdot 39 + 1830 \cdot (8 + 2)) / 49 = 2021 \text{ год};$$

$$\Phi_{T \text{ ван}} = (2070 \cdot 41 + 1830 \cdot (6 + 3)) / 50 = 2027 \text{ год.}$$

$$\Phi_{T \text{ автоб}} = (2070 \cdot 34 + 1830 \cdot (8 + 2)) / 44 = 2015 \text{ год.}$$

Час штатного працівника на посадах ПР:

$$\Phi_{\text{ш}} = (\Phi_{\text{ш ост}} \cdot c + \Phi_{\text{ш м}} \cdot d) / (c + d), \text{ год.} \quad (2.22)$$

Річний фонд часу на постах ПР:

$$\Phi_{\text{ш лег}} = (1820 \cdot 41 + 1610 \cdot 8) / 49 = 1786 \text{ год};$$

$$\Phi_{\text{ш гр}} = (1820 \cdot 44 + 1610 \cdot 6) / 50 = 1795 \text{ год.}$$

$$\Phi_{\text{ш автоб}} = (1820 \cdot 36 + 1610 \cdot 8) / 44 = 1782 \text{ год};$$

Для ПР кількість робітників:

$$P_{\text{т легк}} = 2206 / 2021 = 1 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{т вант}} = 5708 / 2017 = 3 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{т автоб}} = 847 / 2015 = 0,4 \text{ люд.};$$

$$\sum P_{\text{т}} = 5 \text{ люд.}$$

$$P_{\text{ш легк}} = 2206 / 1786 = 1,2 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш вант}} = 5708 / 1795 = 3,2 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш автоб}} = 847 / 1782 = 0,5 \text{ люд.};$$

$$\sum P_{\text{ш}} = 5 \text{ люд.}$$

Фонд часу працівника на ділянках ПР:

$$\Phi_{\text{т лег}} = (2070 \cdot 51 + 1830 \cdot (2+2+2+2)) / 51 = 2031 \text{ год},$$

$$\Phi_{\text{т вант}} = (2070 \cdot 50 + 1830 \cdot (2+3+2+1)) / 50 = 2032 \text{ год},$$

$$\Phi_{\text{т автоб}} = (2070 \cdot 56 + 1830 \cdot (2+3+2+1)) / 56 = 2331 \text{ год},$$

$$\Phi_{\text{ш}} = 1820 \text{ год.}$$

$$P_{\text{т легк}} = 2296 / 2031 = 1,1 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{т вант}} = 5708 / 2032 = 2,8 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{т автоб}} = 1078 / 2331 = 0,5 \text{ люд.};$$

$$\sum P_{\text{т}} = 5 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш легк}} = 2296 / 1820 = 1,3 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш вант}} = 5708 / 1820 = 3,1 \text{ люд.};$$

$$P_{\text{ш автоб}} = 1078 / 1820 = 0,6 \text{ люд.}; \sum P_{\text{ш}} = 5 \text{ люд.}$$

2.8 Технічний розрахунок виробничих площ, майданчиків і складів

Розрахунок постів є важливим етапом у технологічному проектуванні, оскільки понад 50% робіт з ТО виконуються саме на постах. Кількість постів визначає об'ємно-планувальне рішення підприємства.

Для розрахунку кількості індивідуальних постів технічного обслуговування використовуються такі вихідні дані, як ритм виробництва та циклічність роботи поста. Ритм виробництва є середнім часом, необхідним для обслуговування одного автомобіля, або проміжком часу між випуском двох автомобілів, які послідовно проходять ТО у визначеній зоні. Цей параметр допомагає визначити навантаження на кожен пост та оптимізувати розподіл робіт.

$$R_i = 60 \cdot T_{\text{см}} \cdot c / (N_{\text{ic}} \cdot \varphi) \quad (2.23)$$

Цикл поста:

$$\tau_i = 60 \cdot t_i / P_{\text{п}} + t_{\text{п}}. \quad (2.24)$$

$$R_{\text{ЕОс Л}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (13014 / 248 \cdot 1,5) = 6 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ЕОс Гр}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (11550 / 248 \cdot 1,5) = 7 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ЕОс А}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (4860 / 248 \cdot 1,5) = 16 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ЕОт Л}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (756 / 248 \cdot 1,5) = 105 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ЕОт Ван}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (1100 / 248 \cdot 1,5) = 14 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ЕОт Ван}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (1100 / 248 \cdot 1,5) = 14 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ТО-1 Л}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (378 / 248 \cdot 1,25) = 252 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ТО-1 Ван}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (550 / 248 \cdot 1,25) = 173 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ТО-1 А}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (100 / 248 \cdot 1,25) = 952 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ТО-2 Л}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (108 / 248 \cdot 1,25) = 882 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ТО-2 Ван}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (150 / 248 \cdot 1,25) = 635 \text{ хв};$$

$$R_{\text{ТО-2 А}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (20 / 248 \cdot 1,25) = 4762 \text{ хв};$$

$$R_{\text{Д-1 Л}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (524 / 248 \cdot 1,25) = 182 \text{ хв};$$

$$R_{\text{Д-1 Ван}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (755 / 248 \cdot 1,25) = 126 \text{ хв};$$

$$R_{\text{Д-1 А}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (130 / 248 \cdot 1,25) = 733 \text{ хв};$$

$$R_{\text{Д-2 Л}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (130 / 248 \cdot 1,25) = 733 \text{ хв};$$

$$R_{Д-2 \text{ Ван}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (180 / 248 \cdot 1,25) = 529 \text{ хв};$$

$$R_{Д-2 \text{ А}} = 60 \cdot 8 \cdot 1 / (24 / 248 \cdot 1,25) = 3968 \text{ хв.}$$

Кількість постів ТО:

Зона ЕО:

прибиральні:

$$X_{\text{ЕО Л}} = 3,6 / 6 = 0,6 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО Ван}} = 3 / 7 = 0,4 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО А}} = 4,6 / 16 = 0,3 \text{ од};$$

мийні:

$$X_{\text{ЕО Л}} = 3 / 6 = 0,5 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО Ван}} = 5,4 / 7 = 0,8 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО А}} = 4,5 / 16 = 0,3 \text{ од};$$

заправні:

$$X_{\text{ЕО Л}} = 0,7 / 6 = 0,1 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО Ван}} = 1,1 / 7 = 0,16 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО Гр}} = 0,9 / 16 = 0,06 \text{ од};$$

Контрольно-діагностичні:

$$X_{\text{ЕО Л}} = 0,7 / 6 = 0,1 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО Ван}} = 1,1 / 7 = 0,16 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО А}} = 0,8 / 16 = 0,05 \text{ од};$$

ремонтні:

$$X_{\text{ЕО Л}} = 2 / 6 = 0,33 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО Ван}} = 3,1 / 7 = 0,44 \text{ од};$$

$$X_{\text{ЕО А}} = 3,3 / 16 = 0,2 \text{ од};$$

Зона ТО-1:

$$X_{\text{ТО-1 Л}} = 51 / 252 = 0,2 \text{ поста};$$

$$X_{\text{ТО-1 Ван}} = 84 / 173 = 0,5 \text{ поста};$$

$$X_{\text{ТО-1 А}} = 124 / 952 = 0,13 \text{ поста};$$

Зона ТО-2:

$$X_{\text{ТО-1 А}} = 124 / 952 = 0,13 \text{ поста};$$

$$X_{\text{ТО-1 А}} = 124 / 952 = 0,13 \text{ поста};$$

$$X_{\text{ТО-2 А}} = 502 / (0,9 \cdot 4762) = 0,1 \text{ поста,}$$

Приймаємо $X_{\text{ТО}} = 2$ поста.

Кількість постів для ТЗ:

- прибиральні: $X_{\text{ЕО}} = 1$ пост;
- мийні: $X_{\text{ЕО}} = 1$ пост;
- заправні: $X_{\text{ЕО}} = 0$ постів;
- контрольно-діагностичні: $X_{\text{ЕО}} = 0$ постів;
- ремонтні: $X_{\text{ЕО}} = 1$ пост.

При відомому річному обсязі діагностичних робіт кількість діагностичних постів визначається]:

$$X_{\text{Ді}} = T_{\text{Ді}} / \Phi_{\text{п}} \cdot P_{\text{п}} = T_{\text{Ді}} / D_{\text{роб р}} \cdot T_{\text{см}} \cdot c \cdot \eta_{\text{Д}} \cdot P_{\text{п}}. \quad (2.25)$$

$$X_{\text{Д-1 Л}} = (231 + 45) / (248 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2) = 0,1 \text{ од;}$$

$$X_{\text{Д-1 Ван}} = (376 + 114) / (248 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2) = 0,2 \text{ од;}$$

$$X_{\text{Д-1 А}} = (72 + 19) / (248 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2) = 0,03 \text{ од;}$$

$$X_{\text{Д-1}} = 0 \text{ постів.}$$

$$X_{\text{Д-2 Л}} = (210 + 45) / (248 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2) = 0,1 \text{ од;}$$

$$X_{\text{Д-2 Ван}} = (389 + 114) / (248 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2) = 0,18 \text{ од;}$$

$$X_{\text{Д-2 Ван}} = (389 + 114) / (248 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2) = 0,18 \text{ од;}$$

$$X_{\text{Д-2}} = 0 \text{ постів.}$$

2.9 Розрахунок постів ПР

Робота на постах ПР проводиться в 1 зміну, відповідно:

$$X_{\text{ТР}} = \frac{T_{\text{ТР}} \cdot \phi_{\text{ТР}} \cdot K_{\text{ТР}}}{D_{\text{раб}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot c \cdot P_{\text{ср}}}, \quad (2.26)$$

$$P_{\text{ср}} = 2 \text{ люд.}; K_{\text{ТР}} = 0,6; \eta_{\text{п}} = 0,8; T_{\text{см}} = 8 \text{ год.}$$

Коефіцієнт $\phi_{\text{ТР}}$ розраховується за залежністю:

$$\phi_{\text{ТР}} = (\phi_1 \cdot a + \phi_2 \cdot b) / (a + b) \quad (2.26)$$

Приймаємо:

$$\varphi_1 = 1,4; \varphi_2 = 1,2; a = 33 + 8 = 41\%; b = 5 + 2 = 7\%.$$

Коефіцієнт $\varphi_{\text{ПР}}$:

$$\varphi_{\text{ПР}} = (1,4 \cdot 41 + 1,2 \cdot 7) / (41 + 7) = 1,37.$$

Кількість постів $X_{\text{ПР}}$:

$$X_{\text{ПР Л}} = \frac{2206 \cdot 1,37}{248 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1} = 1$$

$$X_{\text{ТР Ван}} = \frac{5708 \cdot 1,37}{248 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1} = 2,5$$

$$X_{\text{ТР А}} = \frac{847 \cdot 1,37}{248 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1} = 0,4$$

Приймаємо $X_{\text{ТР}} = 4$ поста.

Пости очікування - це місця, де транспортні засоби, які потребують ТО або ремонту, перебувають у стані очікування перед переміщенням на відповідний пост чи виробничу лінію. Вони відіграють важливу роль у забезпеченні безперебійної роботи зон ТО та огляду, допомагаючи згладжувати нерівномірність потоку транспортних засобів, що надходять на обслуговування.

У холодну пору року пости очікування, розташовані у закритих приміщеннях, додатково забезпечують обігрів транспортних засобів перед проведенням технічного обслуговування.

Це сприяє створенню оптимальних умов для роботи обладнання і підвищенню якості виконуваних робіт.

$$\text{Для постів ТО: } X_{\text{оч}} = 0,2 \cdot X_{\text{ТО-1, ТО-2}} = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ од;}$$

$$\text{Для постів ПР: } X_{\text{оч}} = 0,2 \cdot X_{\text{ПР}} = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ од;}$$

$$X_{\text{ТО, ТР оч АТП}} = 1 \text{ пост.}$$

2.10 Аналіз і основні характеристики генерального плану

Планування автотранспортного підприємства включає розташування виробничих, складських і адміністративних приміщень, а також будівель, призначених для обслуговування, утримання і зберігання ТЗ. Основне завдання планування — забезпечити можливість незалежного руху автомобілів по будь-якому маршруту, незалежно від черговості їх повернення.

Генеральний план підприємства відображає територію, призначену для забудови, з урахуванням її розташування щодо доріг загального користування і сусідніх об'єктів. На ньому зазначають будівлі та споруди, майданчики для зберігання транспорту, проїзди і маршрути руху на території підприємства.

До земельних ділянок висуваються наступні вимоги: відсутність будівель, що підлягають знесенню; оптимальний розмір і форма ділянки (прямокутна, зі сторонами 1: 1 до 1: 3); можливість підключення до комунікацій і відведення вод; резерв площі для розвитку підприємства; рівнинний рельєф і сприятливі гідрогеологічні умови.

Генеральний план залежить від об'ємно-планувальних рішень будівель, зокрема їх розмірів, форми і поверховості. Розподіл зон, ділянок і місць для стоянки транспорту детально показаний у графічній частині проекту.

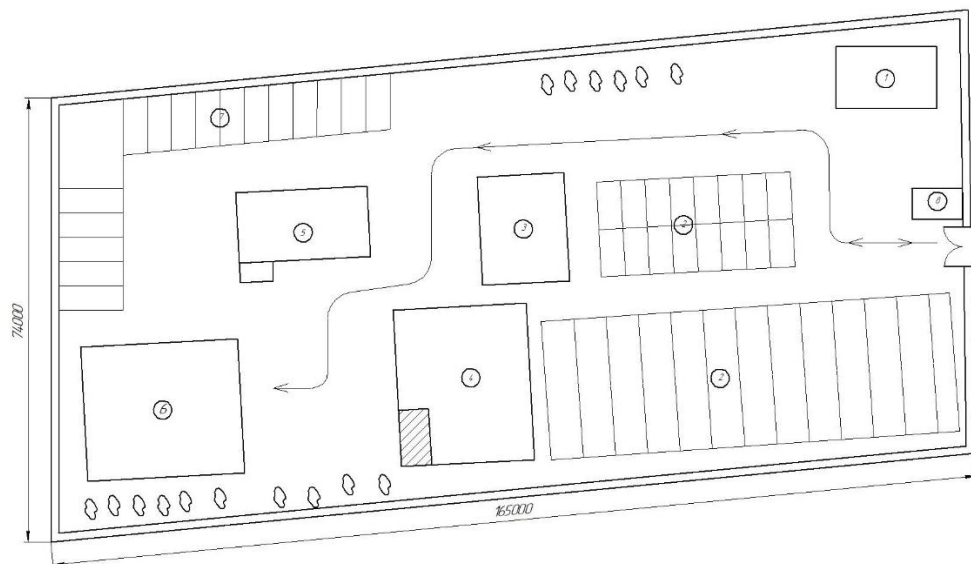
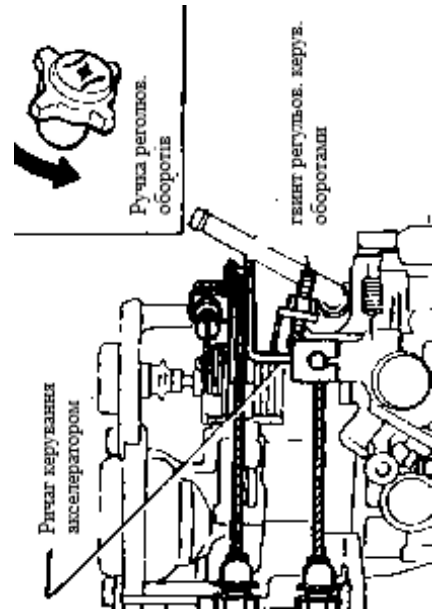


Рисунок 2.1 – Генеральний план

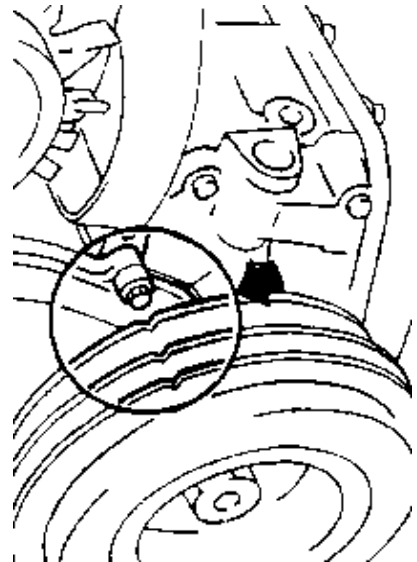
2.11 Технічне обслуговування двигуна RD28T

Перевірка холостого ходу.

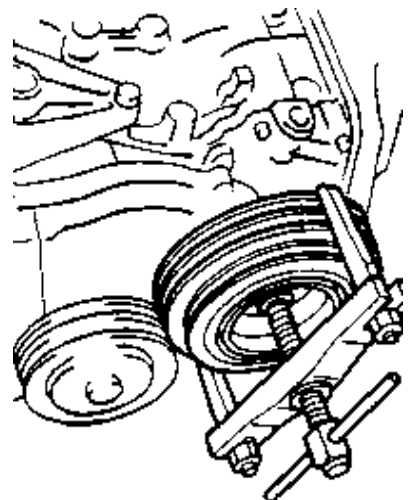
Стежте, щоб початок упорскування був у нормі. Перевірте справність паливних форсунок. Переконайтеся, що очищувач повітря не засмічений. Переводіть важіль перемикавання передач у положення «Нейтраль». Вимкніть кондиціонер, світло та всі аксесуари. Переконайтеся, що ручка регулювання оборотів повністю повернута проти годинникової стрілки. Переконайтеся, що регулювальний гвинт не торкається важеля керування акселератором.



Під час заміни ременя ГРМ вирівняйте білі насічки на ремені з мітками на зірочці розподільного валу, колінчастого валу та шківів ПНВТ. Зніміть кришку радіатора. Демонтуйте ремені гідропідсилювача керма, приводу компресора кондиціонера та генератора. Зніміть муфту вентилятора охолодження і бічний захист двигуна з днища кузова. Встановіть поршень циліндра 1 у нижню мертву точку (НМТ) у такті розширення.



Зніміть шків колінчастого валу та шків водяного насоса. Демонтуйте передню кришку. Зніміть пружину натягача та послабте контргайку натягача ременя. Зніміть ремінь ГРМ. Після зняття ременя не провертайте колінчастий і розподільний вал окремо, щоб уникнути пошкодження клапанів об днища поршнів. Огляньте ремінь ГРМ на наявність пошкоджень.



Коніргайка натягача
ремін



Встановіть шків водяного насоса та муфту вентилятора охолодження. Одягніть приводні реміні та перевірте їх прогин, натиснувши на середню ділянку між шківками. Перевіряйте прогин ремінів на холодному двигуні. Якщо двигун гарячий, перевірку виконуйте через 30–40 хвилин після вимкнення.

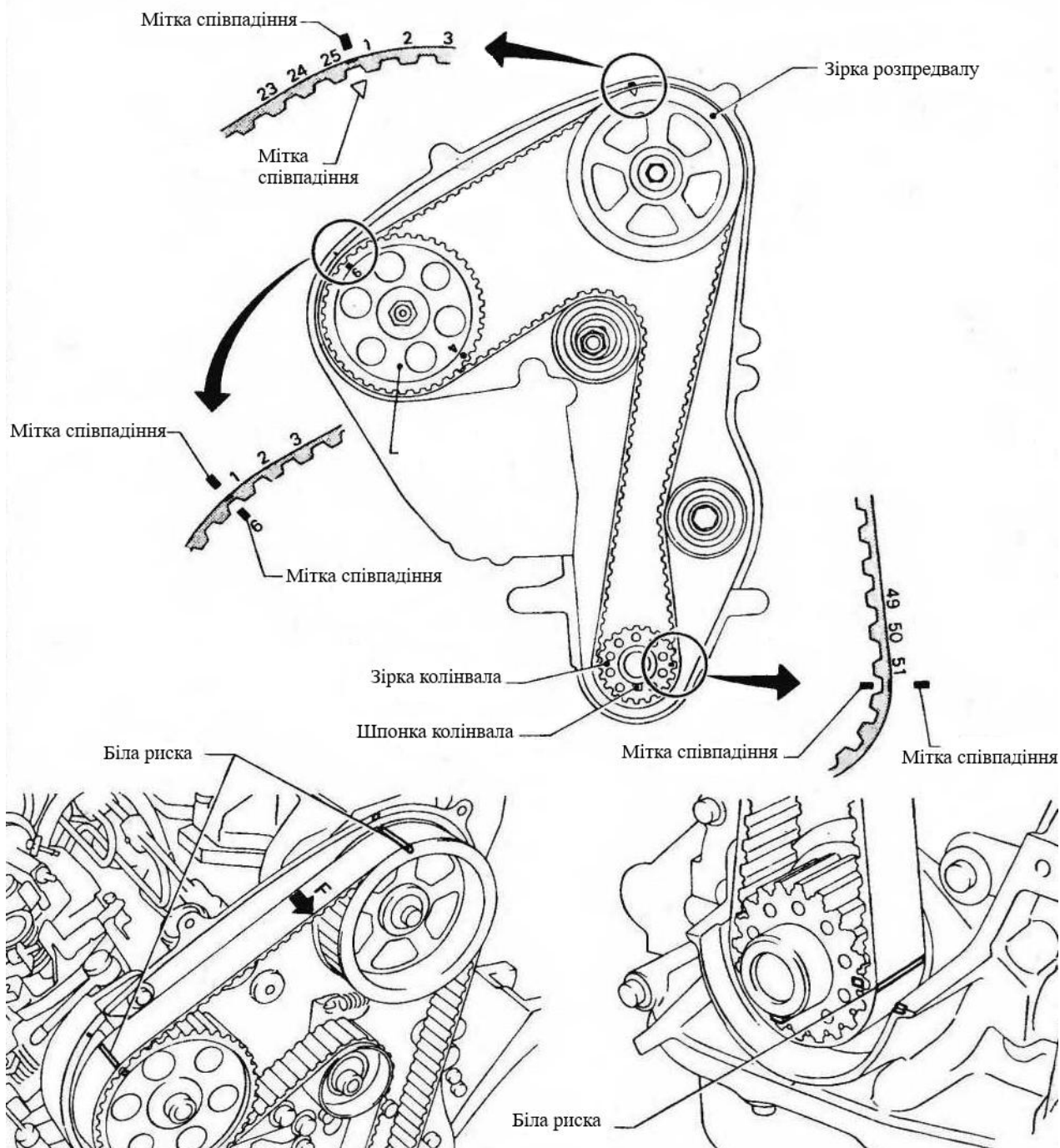
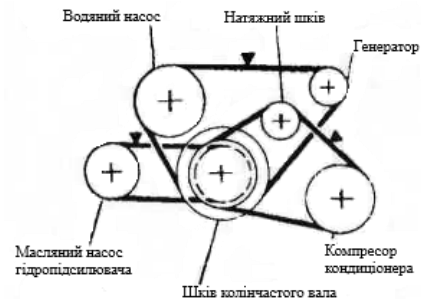


Рисунок 2.3 – Схема розміщення міток

Двигун RD28T

Права сторона

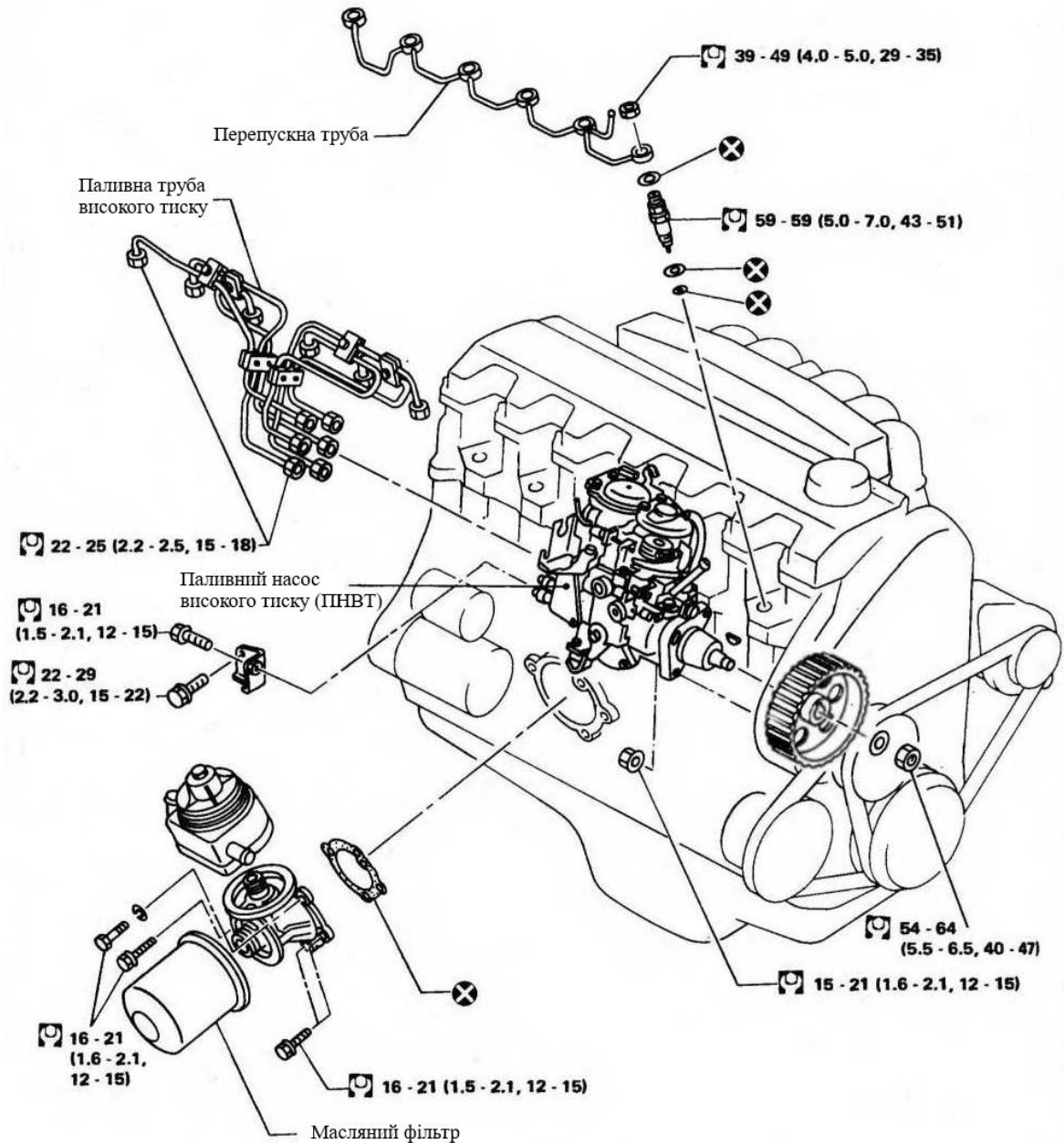
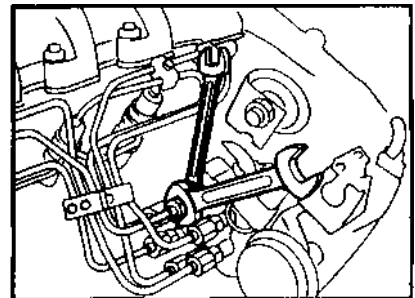


Рисунок 2.4 – Зовнішні компоненти – права сторона

Прогрійте двигун до робочої температури. Від'єднайте паливну трубку високого тиску зі сторони форсунки. Послабте з'єднання трубки зі сторони насоса. Використовуйте два гайкові ключі, щоб запобігти ослабленню тримача паливної магістралі на насосі.



Ліва сторона

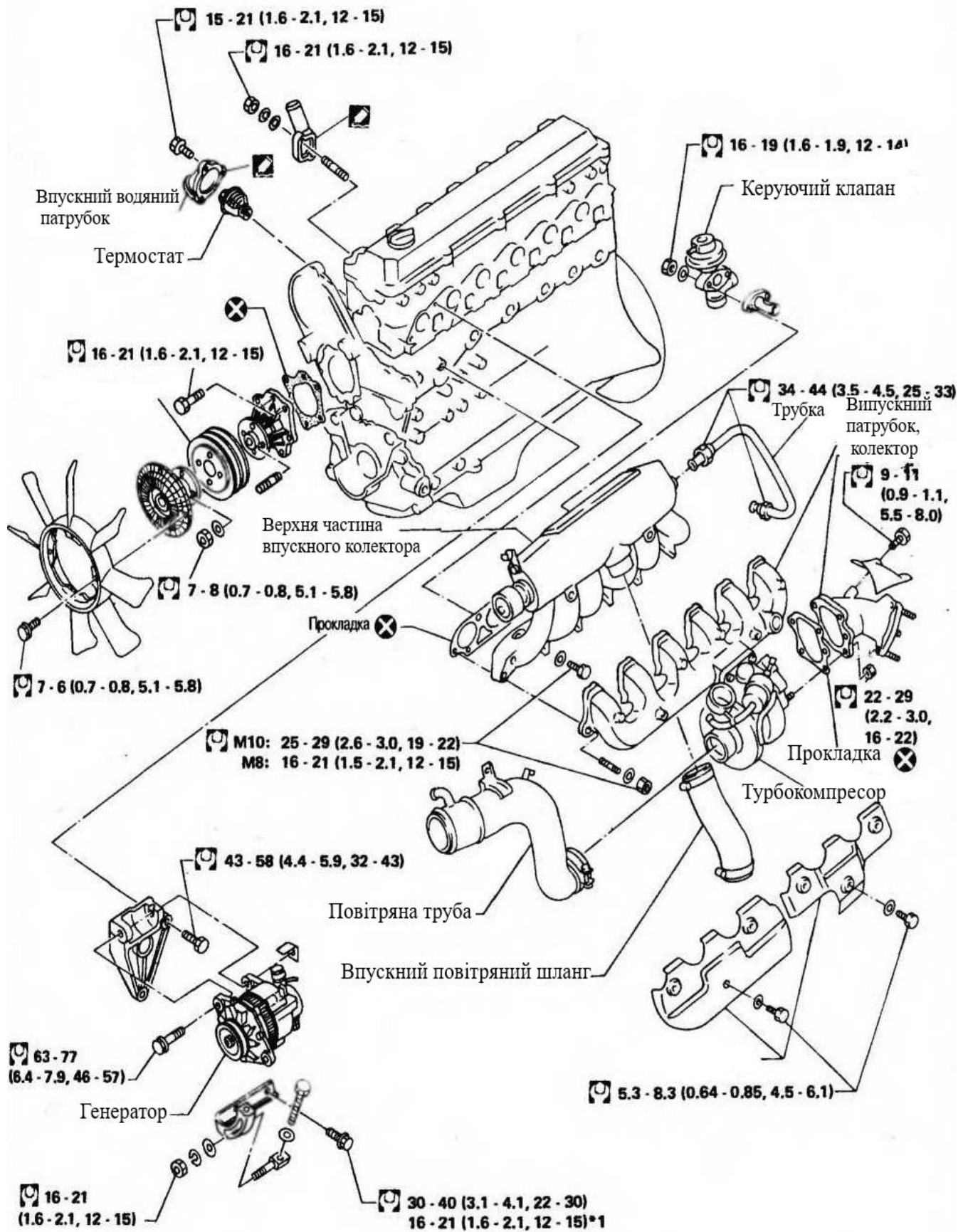
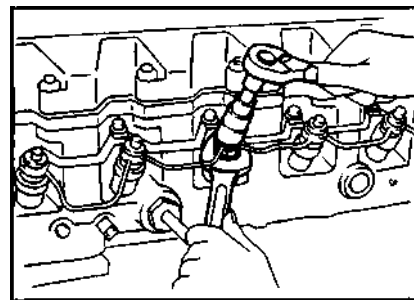
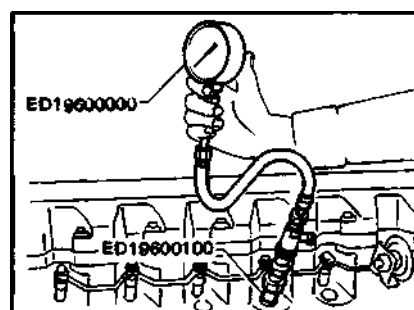
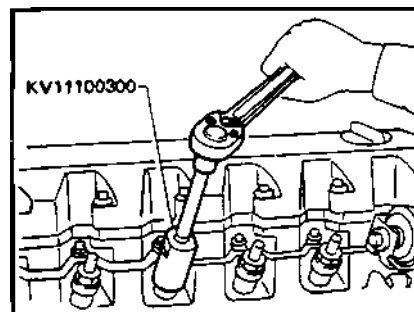


Рисунок 2.5 – Зовнішні компоненти – ліва сторона

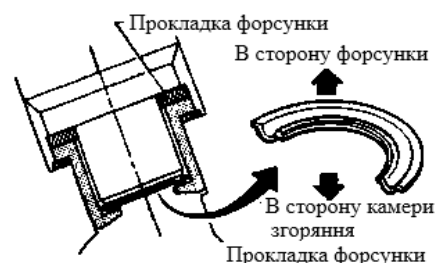
Від'єднайте обвідну трубку в зборі. Щоб уникнути пошкодження байпасної трубки, відкручуйте її, утримуючи за тримач насадки.



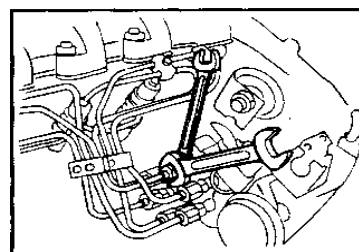
Видаліть всі насадки, використовуючи спеціальний або відповідний інструмент. Вкрутіть адаптер компресометра в отвір головки блоку цил. Від'єднайте роз'єм від панелі відключення подачі палива. Прокрутіть двигун стартером і зніміть показання компресометра. Нормальний тиск стиснення становить 3040 кПа (30,4 бар), а допустима різниця між циліндрами – 490 кПа (4,9 бар). Якщо компресія низька, залийте близько 3 мл моторного масла в циліндри через отвір форсунки та повторіть вимірювання.



Замініть прокладки форсунок і встановіть паливні форсунки на місце. Зверніть увагу на правильний напрямок встановлення прокладки інжектора. Затягуйте інжектор до гол. блоку цил. з моментом 59–69 Н·м. Підключіть байпасну трубку, утримуючи тримач насадки.

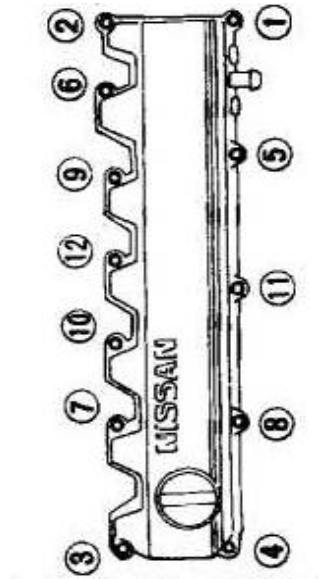


Підключіть паливні трубки високого тиску. Для запобігання ослабленню затягування тримача паливної магістралі на насосі використовуйте два газові ключі.

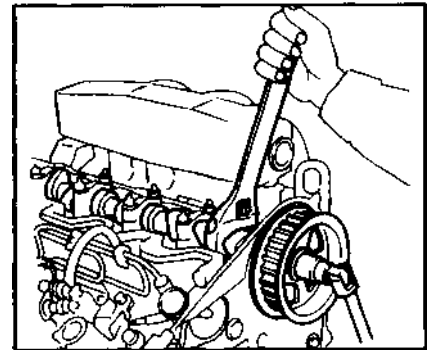


Головка блоку циліндрів

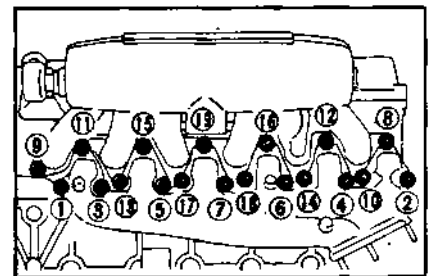
Злийте охолоджуючу рідину двигуна та від'єднайте шланг для води. Від'єднайте вихлопну трубу. Зніміть ремінь ГРМ. Встановіть поршень циліндра 1 у нижню мертву точку в такті розширення. Після зняття ременя не провертайте колінчастий і розподільний вал окремо, щоб уникнути зіткнення клапанів із поршневими вінцями. Відкрутіть болти або гайки кріплення клапанної кришки в порядку, зазначеному на схемі.



Під час встановлення клапанної кришки затягуйте болти або гайки в порядку, зворотному до порядку зняття. Виконуйте затягування в два-три етапи. Зніміть зірочку розподільного валу, шків натягувача та передню кришку. Демонтуйте верхню частину впускного колектора і випускний колектор.

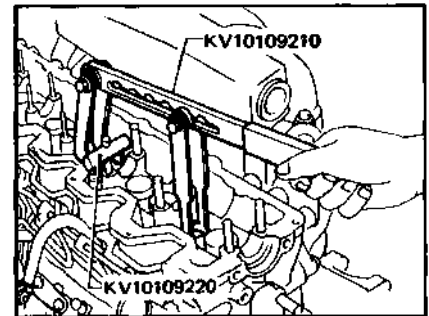
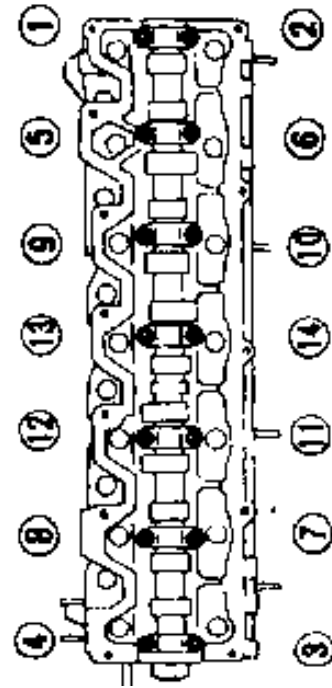


Відкрутіть болти або гайки кріплення колекторів у порядку, зазначеному на схемі. Під час встановлення затягуйте болти або гайки в зворотному порядку зняття, виконуючи затягування в два-три етапи. Від'єднайте всі трубки високого тиску. Зніміть головку блоку циліндрів.



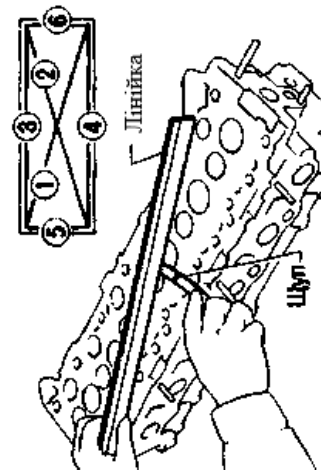
Демонтаж головки блоку циліндрів

Відкрутіть гайки кріплення кронштейнів розподільного валу в порядку, зазначеному на схемі, за два-три підходи. Під час встановлення кришок кронштейнів затягуйте гайки в зворотному порядку, також у два-три етапи. Зніміть розподільний вал і сальник. Демонтуйте штовхачі клапанів. Не кладіть штовхачі догори дном, щоб уникнути потрапляння повітря, яке може спричинити шум. Не розбирайте штовхачі клапанів. Прикріпіть бирки до штовхачів, щоб не переплутати їх під час зворотного встановлення. Штовхачі клапанів занурте в моторне масло. Зніміть компоненти клапана, використовуючи спеціальний або відповідний інструмент.



Перевірка короблення головки циліндрів

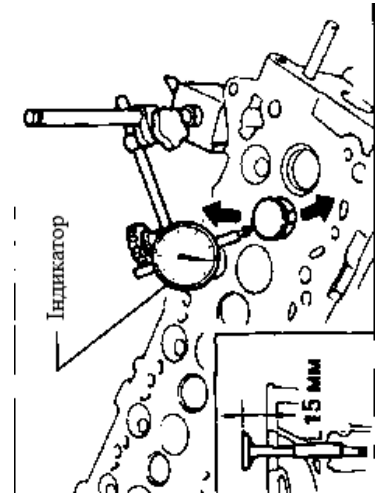
Викривлення головки блоку циліндрів має бути менше 0,1 мм. Якщо деформація перевищує цю межу, замініть головку або відшліфуйте її поверхню.



Товщина шару, знятого з гол. блоку цил., позначається як «А». Товщина шару, знятого з блоку, позначається як «В». Сума товщин цих шарів не повинна перевищувати 0,1 мм ($A + B \leq 0,1$ мм).

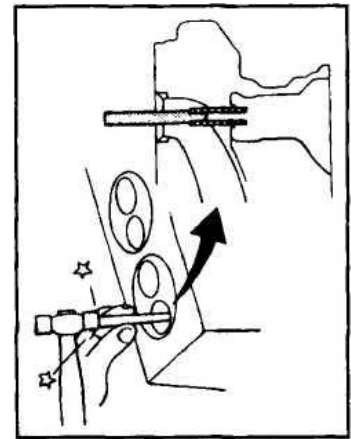
Зазор направляючої втулки клапана

Вставте шток клапана в направляючу втулку та посуньте його вперед-назад. Якщо шток стукає, має надмірний прогин або погано ковзає, замініть клапан, направляючу втулку або обидва. Встановіть шток у направляючу втулку та виміряйте його відхилення. Граничний прогин штока в направляючій втулці не повинен перевищувати 0,1 мм.



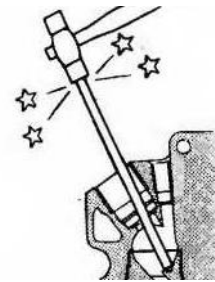
Заміна направляючої втулки клапана

Нагрійте гол. блок цил до температури 150–160°C, зануливши її в масло. За допомогою відповідного інструменту вибийте стару направляючу втулку клапана. Вбийте нову втулку так, щоб вона виступала на 10,3 мм. Виконайте розгортання направляючої втулки клапана за допомогою спеціального інструменту.

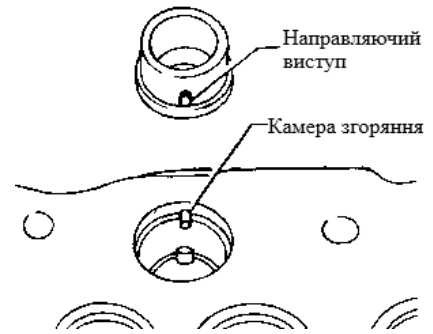


Заміна камери згоряння

Камера згоряння зазвичай не замінюється. Проте, якщо виявлено тріщини або надмірний знос, її необхідно замінити. Зніміть шину підключення свічок розжарювання, потім демонтуйте свічки розжарювання та паливні форсунки. Обережно випресуйте камеру згоряння, щоб уникнути пошкодження головки блоку циліндрів.

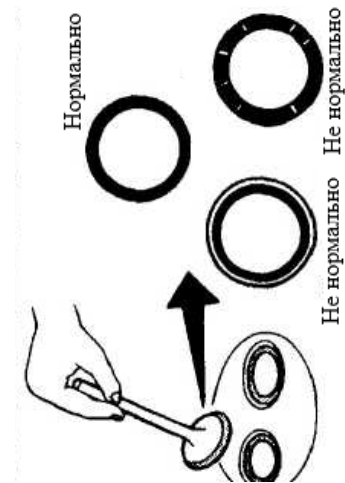


Уникайте подряпин на стінках отвору для насадки. Натисніть на камеру згоряння, щоб підготувати її до встановлення. Нагрійте головку блоку циліндрів до температури 150–160°C, зануривши її в олію. Вирівняйте направляючий язичок камери згоряння з виїмкою в головці блоку циліндрів і забийте камеру згоряння за допомогою пластикового молотка.



Сідло клапанів

Перевірте прилягання клапана до сідла, нанісши свинцевий бабак на робочу поверхню клапана. Якщо відбиток свинцевого бабака видно по всьому колу робочої поверхні без розривів, це означає, що шток клапана і робоча поверхня концентричні. Якщо посадка незадовільна або відбиток має розриви, випряміть сідло клапана або усуньте дефекти. У разі неможливості виправлення замініть клапан.



Перевірте сідло клапана на наявність корозії. Виміряйте ступінь зносу. Якщо знос значний, замініть клапан або сідло. Перед відновленням сідла клапана перевірте стан клапана і направляючої втулки. Якщо знос виявлено, замініть ці компоненти. Після цього випряміть поверхню сідла клапана.

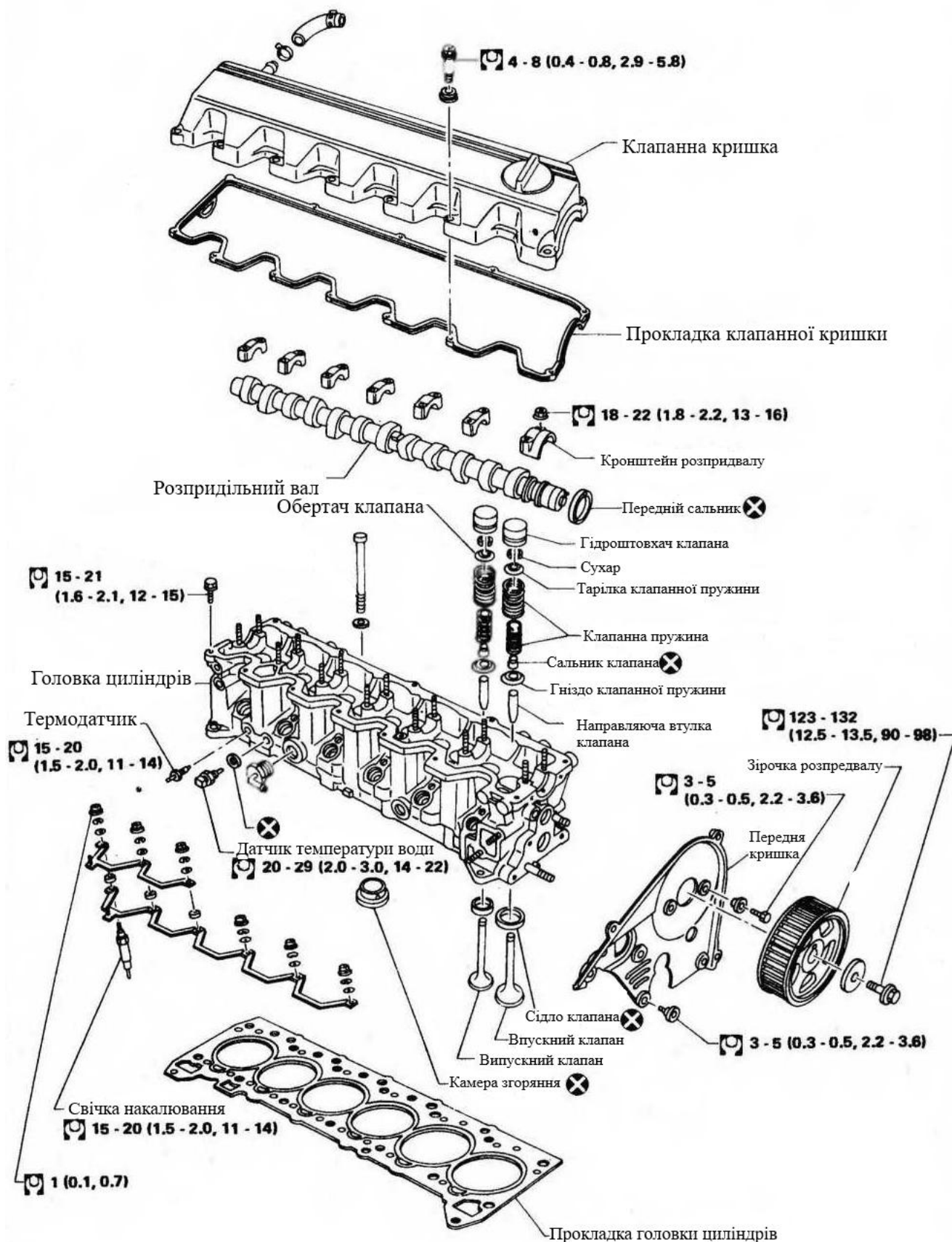


Рисунок 2.6 – Схема розміщення складових головки циліндрів

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Типи автомобільних підйомників

Розглянемо різні типи автомобільних підйомників, які використовуються на АТП. Особливу увагу приділимо підйомникам, оптимальним для обслуговування легкових ТЗ вагою до 2 т.

Типи автомобільних підйомників:

Двостійкові підйомники: Складаються з двох вертикальних стійок, між якими розміщується автомобіль. Забезпечують повний доступ до ТЗ, що зручно для більшості ремонтних робіт. Підходять для легкових авто та мікроавтобусів.

Чотиристійкові підйомники: Мають чотири стійки та платформи для заїзду автомобіля. Зазвичай використовуються для діагностики та регулювання геометрії коліс. Підходять для важчих транспортних засобів.

Ножичні підйомники: Мають конструкцію у вигляді ножиць, що піднімають автомобіль вертикально. Займають менше місця та можуть бути встановлені в підлогу. Підходять для шиномонтажу та легких ремонтних робіт.

Плунжерні підйомники: Використовують гідравлічні циліндри для підйому автомобіля. Забезпечують вільний доступ до всіх частин автомобіля, але вимагають спеціальної підготовки підлоги для встановлення.



Рисунок 3.1 – LAUNCH TLT-240SBA



Рисунок 3.2 – PWR-240A-POWERLIFT



Рисунок 3.3 – TLT440XW LAUNCH

Для обслуговування легкових авто вагою оптимальним вибором є підйомник з вантажопідйомністю 4 т., що забезпечує додатковий запас міцності та безпеки. Серед розглянутих моделей виділяється верхньою синхронізацією, що забезпечує «чисту підлогу» без нижньої перемички, полегшуючи в'їзд автомобіля та встановлення підйомника над оглядовою канавою.

Таким чином, LAUNCH TLT-240SC є оптимальним вибором для легкових КТЗ, забезпечуючи зручність експлуатації та відповідність сучасним вимогам автосервісу.

3.2 Розрахунок компресії гідравлічної штанги

Умову осьової міцності при стиску можна виразити за допомогою наступної формули:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} \leq [\sigma], \quad (3.1)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n}, \quad (3.2)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{14700}{0,0006} = 12,25 \text{ МПа} \leq 105 \text{ МПа}$$
$$\sigma \leq [\sigma].$$

Міцність забезпечується.

3.3 Конструкція міцності на вигин

Осьові моменти опору поперечного перерізу балки визначаються як характеристика, що враховує розподіл матеріалу поперечного перерізу відносно осі, навколо якої розглядається згин або інші види деформацій. Ці моменти є важливими параметрами для аналізу напружено-деформованого стану балки під навантаженням. Схема балок показані на рис. 3.4 а і б.

Довга балка:

$$W = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{6 \cdot 7^3 - 4,5 \cdot 5,5^3}{6 \cdot 6} = 31,2 \text{ см}^4; \quad (3.3)$$

Коротка балка:

$$W = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{8 \cdot 9^3 - 6,3 \cdot 7,3^3}{8 \cdot 6} = 62,6 \text{ см}^4.$$

Згинальні моменти для балок характеризують величину внутрішніх зусиль, які виникають у поперечному перерізі балки під дією зовнішніх навантажень. Вони є основним параметром при визначенні напружень і деформацій у матеріалі балки.

Згинальні моменти - від типу навантаження (зосереджене, розподілене, момент) і схеми опор балки. Для кожного конкретного випадку існують відповідні розрахункові формули, які дозволяють визначити максимальні

значення моментів у різних точках балки. Ці моменти є ключовими для перевірки міцності, жорсткості та стійкості конструкції.

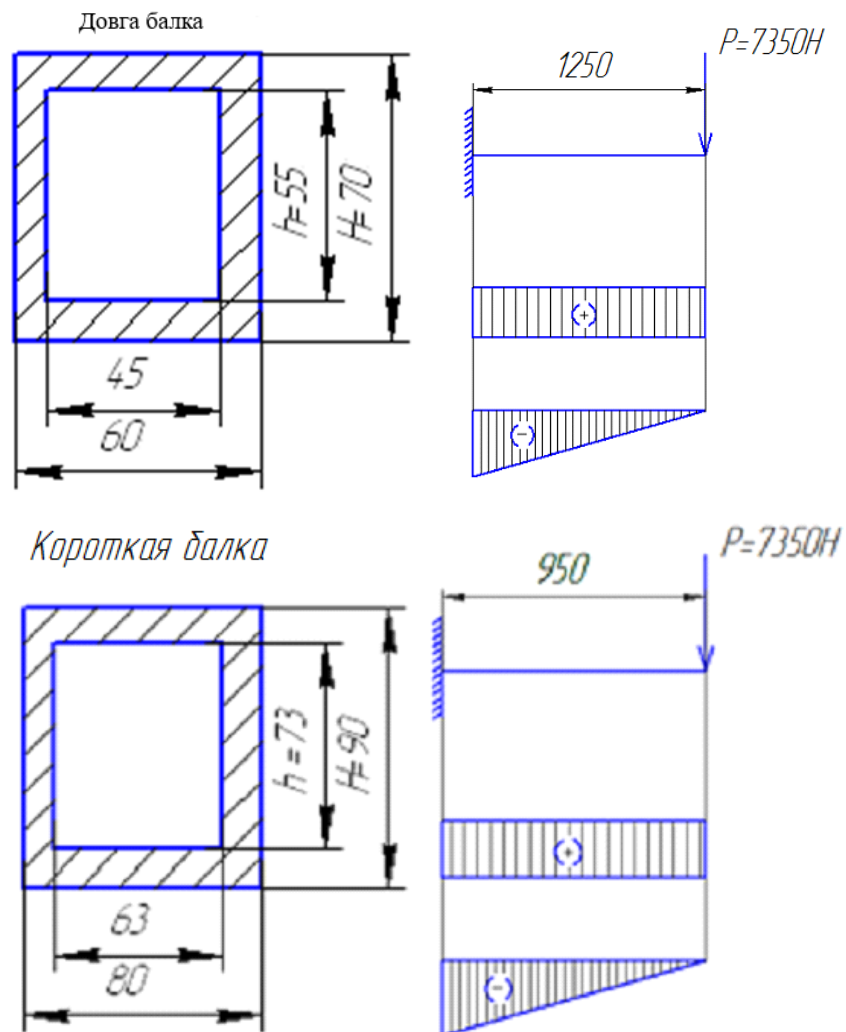


Рисунок 3.4 – Схема:

а) конструкції довгої балки, б) короткого бруса

Довга балка:

$$M = P \cdot L = 7350 \cdot 1,25 = 9188 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Коротка балка:

$$M = P \cdot L = 7350 \cdot 0,95 = 6983 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напруга в балках:

✓ довга :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{9188}{31,2 \cdot 10^{-8}} = 29 \text{ МПа} \quad (3.4)$$

✓ коротка:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6983}{62,6 \cdot 10^{-8}} = 11 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sigma_T}{n} = \frac{320}{2} = 160 \text{ мПа.}$$

$$\sigma \leq [\sigma]; 29 \text{ мПа} < 160 \text{ мПа.}$$

Міцність забезпечується.

3.4 Економічне обґрунтування КРБ

Щоб розрахувати термін окупності, необхідно заздалегідь визначити щорічну економію і економічний ефект.

В середньому автомобілі проходять ТО і технічний огляд на сторонніх СТО з трудомісткістю 18243 людино-годин на рік.

Загальна економія коштів на ТО:

$$E_{\text{ТО і обс}} = T_P \cdot C_n, \text{ грн} \quad (3.5)$$

$$E_{\text{ТО і обс}} = 750 \cdot 18243 = 13682250 \text{ грн.}$$

Середня варт. стандартної години профілактичних робіт на СТО в Україні становить 750 грн. Він є ключовим для розрахунків економії коштів, оскільки дозволяє визначити витрати на обслуговування автомобілів на сторонніх СТО та порівняти їх із витратами на власному підприємстві. Він також використовується для оцінки економічного ефекту від переходу на внутрішнє виконання профілактичних робіт і розрахунку терміну окупності впроваджених заходів.

Щоб розрахувати економію коштів на проведення профілактичних робіт, необхідно знати приріст загальної річної трудомісткості. При проведенні реконструкції ПТБ ми заощадимо наступну суму коштів:

Економічний ефект складає різницю між заг. економією і поточними витратами.

$$E_{\text{ефект}} = E_{\text{ТО і обс}} - P_{\text{витр}}, \text{ грн.} \quad (3.6)$$

$$E_{\text{ефект}} = 13682250 - 490833 = 136191417 \text{ грн.}$$

Величина терміну окупності інвестицій показує, за який час вкладені

кошти повернуться за рахунок економії або додаткового прибутку, отриманого в результаті реалізації проєкту. Він є одним із ключових критеріїв оцінки ефективності інвестиційних заходів і визначається шляхом співвідношення обсягу інвестицій до щорічного економічного ефекту. Чим менший термін окупності, тим вигіднішим і швидшим є проєкт для реалізації.

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{E_{\text{ефект}} + A} = \frac{11668254,8}{136191417 + 72140} = 0,0856 \text{ року.}$$

Окупності становить:

$$T_{\text{ок}} = \frac{11668254,8}{136191417 + 72140} = 0,0856 \text{ року.}$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Дослідження довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення

Газорозподільний механізм двигуна автомобіля є одним із навантажених його елементів. Тому його довговічність та ефективність роботи ДВЗ безпосередньо залежать від зносостійкості деталей, і в першу чергу – від стану розподільних валів.

Причина цього криється в тому, що зі збільшенням зносу кулачкових профілів зменшується підйом клапанів. Це, в свою чергу, скорочує час поперечного перерізу їх проточних каналів, що збільшує гідравлічний опір на вході та випуску. Зменшення підйому клапанів також призводить до зміщення фаз газорозподілу та збільшення динамічних навантажень у приводі клапанів. В результаті цього погіршуються потужні характеристики ДВЗ, збільшується споживання палива, а також підвищуються викиди шкідливих речовин. Усі ці фактори негативно впливають на загальну надійність і довговічність ДВЗ.

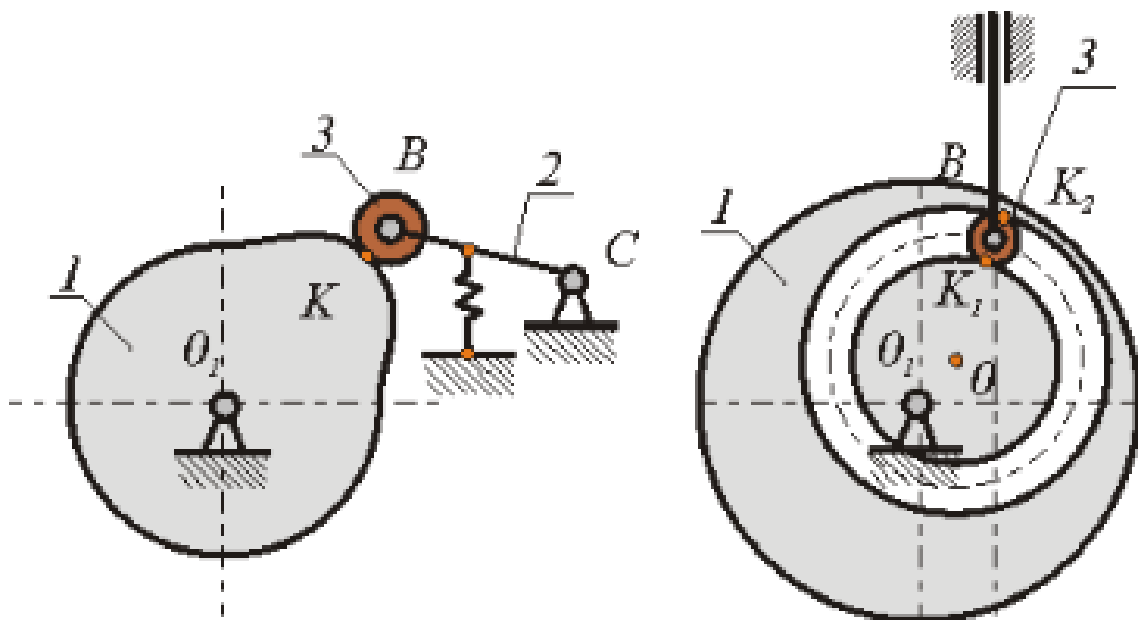


Рисунок 4.1 – Кулачковий механізм: а) з силовим замиканням найвищої пари;
б) з геометричним замиканням вищої пари

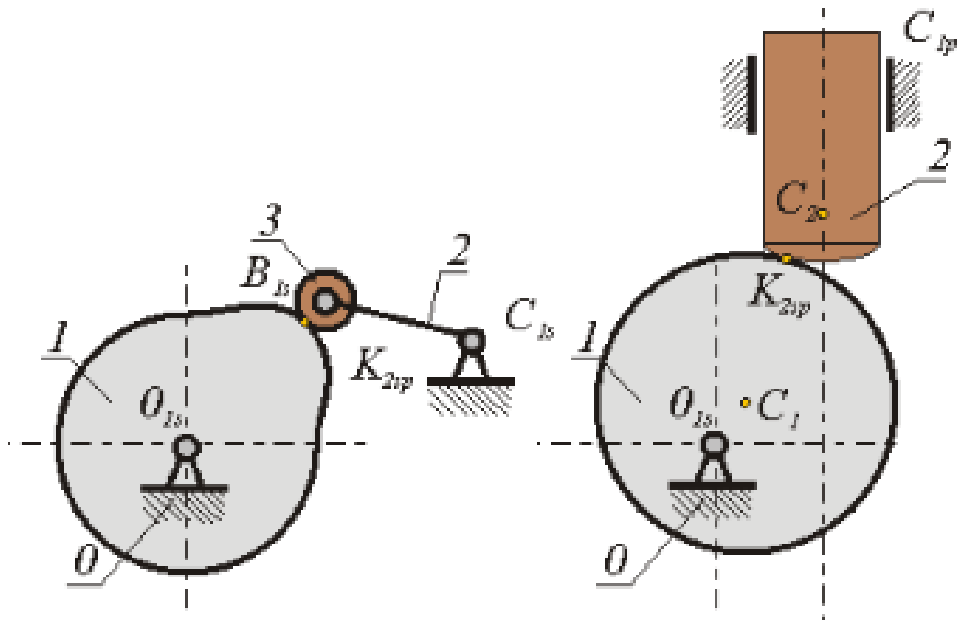


Рисунок 4.2 – Будова кулачкових механізмів

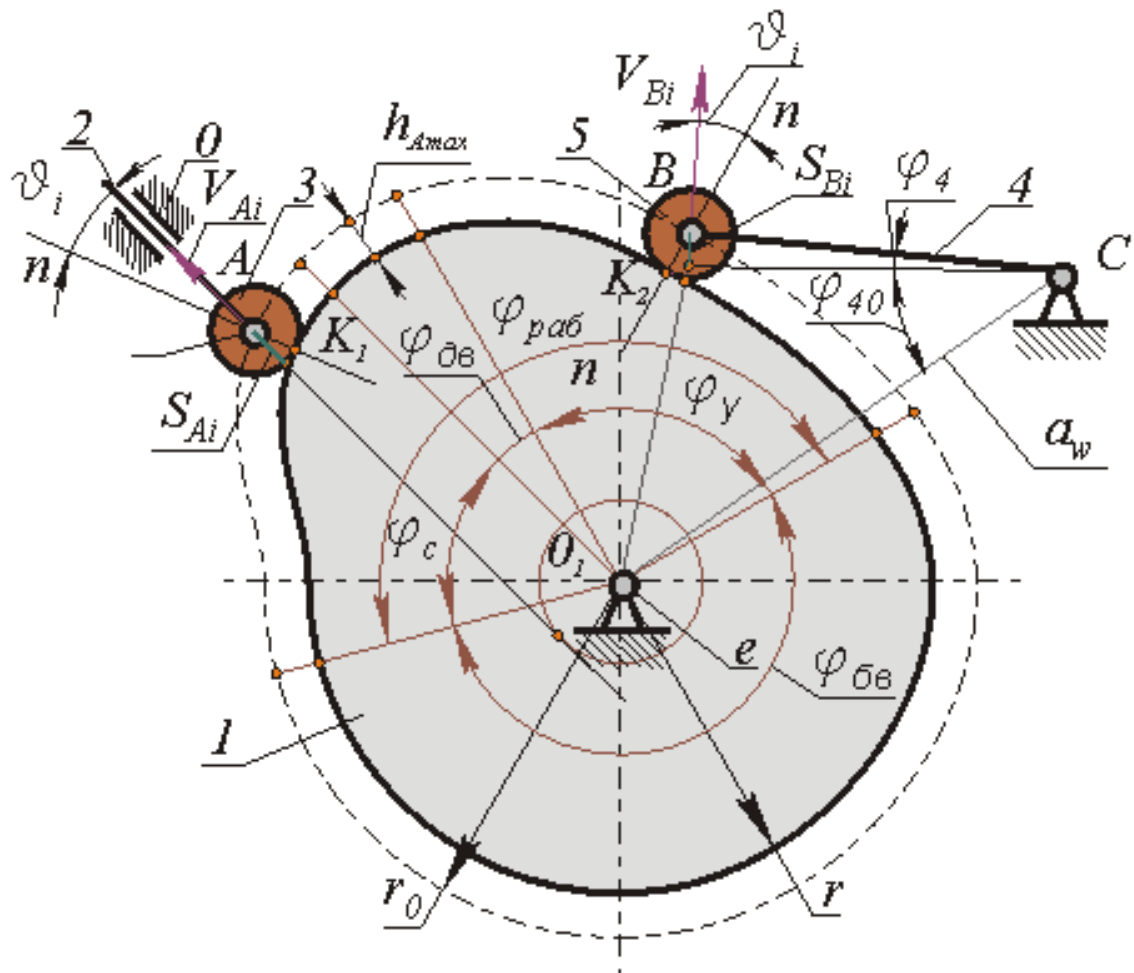


Рисунок 4.3 – Схема плоского кулачкового механізму з двома типами вихідної ланки.

Як показують дослідження, при зносі кулачків розподільного вала на 1,2 мм, потужність ДВЗ при низьких оборотах колінчастого вала може знижуватися на 8,5%, а на режимах, близьких до номінальних на 9,5%. Окрім того, зношені кулачки призводять до збільшення кількості вуглеводнів у вихлопних газах, особливо при максимальних навантаженнях, де цей показник може зрости на 13-27%.

Ці зміни негативно впливають на ефективність роботи ДВЗ і екологічні показники. Тому вирішення цієї проблеми вимагає не лише зменшення зносу кулачкового профілю, але й прогнозування його швидкості та абсолютних значень зносу для оцінки їхнього впливу на робочі процеси двигуна. Це дозволить більш точно оцінити довговічність клапанного розподільного механізму і прийняти заходи для її покращення.

Основною метою в такому разі є забезпечення більш довготривалої експлуатації компонентів двигуна шляхом оптимізації конструкційних і технологічних параметрів. Вибір правильних матеріалів, точність виготовлення і удосконалення процесів виготовлення деталей допоможуть не лише збільшити ресурс розподільного механізму, а й покращити загальну ефективність роботи двигуна.

Для вирішення цієї проблеми оптимально підійде метод спільного математичного моделювання зносу кулачкової пари та робочих процесів ДВЗ зі зношеним кулачковим профілем. Цей метод, як показує досвід його застосування, дозволяє вирішити задачу без суттєвих затрат часу та грошей, виключно за допомогою розрахункових засобів.

Необхідно розглянути обчислені залежності, які є добре відомими з теорії, що дозволяють вивести ключові параметри для аналізу зносу і його впливу на роботу двигуна. Цей підхід дозволяє отримати необхідні результати за допомогою математичних формул, без потреби у складних експериментальних дослідженнях або значних фінансових витратах.

Для початку розрахунків пропонується визначити за відповідною формулою параметри, що визначають знос кулачкової пари, його вплив на робочі

процеси та загальну ефективність роботи двигуна, а також провести подальші оцінки, виходячи з отриманих даних. Це дозволить здійснити детальний аналіз зносу та впливу на продуктивність двигуна.

$$J_h = k \left[\frac{\sigma_h}{HB} \sqrt{\frac{f}{2f - f_{cz}}} \right] \quad (4.1)$$

$$* \left[\frac{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}}{h_{hr} + 0,63 R_{pr} \left(\frac{\mu v_k}{N_p} \right)^{0,7} \left(\frac{N_p \beta}{R_{pr}} \right)^{0,6} \left(\frac{\lambda P^{0,5} e_{1,2}}{\alpha \mu_0 v_{ck}} \right)^{0,25}} \right].$$

де HB – твердість матеріалу;

σ_h – максимальна нормальна напруга;

f – найбільше значення коеф. тертя при заданих умовах експлуатації;

f_{cz} – коефіцієнт адгезії;

k – коефіцієнт, що враховує вплив додаткових параметрів на знос пари і визначається експериментальним шляхом;

R_{a1}, R_{a2} – середні арифметичні відхилення шорсткості поверхонь профілів;

h_{hr} – товщина граничної масляної плівки;

R_{pr} – зменшений радіус викривлення;

μ – динамічна в'язкість масла;

$v_k = v_1 + v_2$ – загальна швидкість кочення;

v_2 – швидкість контактної точки кулачка;

v_1 – швидкість переміщення точки контакту уздовж штовхача;

N_p – лінійне навантаження;

β – п'єзокоефіцієнт в'язкості масла;

λ – коефіцієнт теплопровідності масла;

$P_{e1,2}$ – середнє число Пекле;

$\alpha = 0,02$ – коефіцієнт залежності в'язкості масла від температури;

v_{ck} – швидкість ковзання в контакті;

μ_0 – динамічна в'язкість при температурі поверхонь.

Інтенсивність зносу кулачкової пари визначається через кілька ключових параметрів, таких як радіус кривизни, контактне навантаження, контактне напруження та швидкості, що входять до складу кінематичної схеми вентильного приводу. Для розрахунку цих параметрів використовуються відомі формули, які застосовуються до вентильних механізмів двигунів внутрішнього згоряння.

Крім того, для розрахунку коефіцієнта тертя між кулачковою парою використовується емпірична залежність, яка враховує особливості швидкохідних кулачкових механізмів. Ці залежності дозволяють отримати точну оцінку тертя в системі, а також допомогти в розрахунку зносу та оптимізації конструкції кулачкової пари для покращення її довговічності та надійності.

$$f = \frac{0,65 \left[10 + \lg \left(\frac{6 \cdot 10^4 R_a}{E_{pr} R_{pr}} \right) \right]}{v^{0,07} v_k} \quad (4.2)$$

де R_a – шорсткість більш твердого кузова;

E_{pr} – зменшений модуль пружності.

Лінійне навантаження:

$$N_p = \frac{Q}{b} \quad (4.3)$$

де v – контактна сила;

b – довжина штифта.

Середнє число Пекле, яке характеризує відношення теплоємності потоку в осьовому і поперечному напрямках, визначається як середнє арифметичне чисел Пекле для спряжених поверхонь. Це число є важливим параметром для аналізу теплообміну в системах, де відбувається теплопередача через потоки рідин чи газів.

Число Пекле для спряжених поверхонь дає змогу оцінити, як тепло переноситься в обох напрямках (осьовому і поперечному) і наскільки ефективно відбувається цей процес в різних частинах системи. Для цього числа використовуються такі формули, які дозволяють оцінити взаємозв'язок між температурними градієнтами і швидкостями потоку.

Визначення середнього числа Пекле дозволяє точніше змодельовати і прогнозувати теплові процеси в таких системах, що важливо для оптимізації теплообміну та проектування теплових установок.

$$Pe_{1,2} = \frac{b_1 v_{1,2} c_{1,2} \gamma_{1,2}}{\gamma_{1,2}}. \quad (4.4)$$

де b_1 – половина ширини лінії зіткнення Герца;

$c_{1,2} \gamma_{1,2}$ – теплоємність, щільність і коефіцієнти теплоізоляції матеріалів кулачків (індекс 1) і штовхача взаємодіючих частин (індекс 2) відповідно;

$v_{1,2}$ – швидкість відносного переміщення точки контакту по відповідній поверхні (1 – уздовж кулачка, 2 – уздовж штовхача).

Для розрахунку лінійного зносу робочої поверхні кулачків за цикл навантаження необхідно визначити, як зношується поверхня в залежності від механічного впливу під час роботи кулачкової пари. Зазвичай цей процес базується на математичних моделях, які враховують сили тертя, контактні навантаження, швидкість обертання та матеріальні властивості поверхонь.

Лінійний знос робочої поверхні кулачка за цикл навантаження розраховується через інтеграцію тертя за час, враховуючи, що знос пропорційний тривалості контакту та величині контактного навантаження. Оскільки знос змінюється по мірі повороту кулачка, його величину також можна визначити на основі кута повороту кулачка за певний інтервал часу.

Таким чином, розрахунок зносу робочої поверхні кулачка дозволяє прогнозувати його ресурс та визначити необхідність заміни або ремонту елементів механізму.

$$\Delta h = J_h S_{tp} - 2 J_{hb_1} \left| \frac{v_{ck}}{V_1} \right| \quad (4.5)$$

де S_{tp} – шлях тертя.

Тобто вихідними даними для запропонованого методу є розрахункові значення інтенсивності зносу та лінійного зносу інтерфейсу кулачок-повторювач. Ці дані є достатніми для безпосередньої оцінки довговічності цього інтерфейсу, а не через побічні показники, що пов'язані з його функціонуванням. На основі цих значень розроблений метод, який дозволяє визначити закон руху

штовхача та трибологічні характеристики інтерфейсу під час роботи ДВЗ, з урахуванням зростаючого зносу кулачкового профілю.

Такий підхід дозволяє не лише враховувати знос кулачкового профілю, але й точно визначати, як цей знос впливає на функціонування всього механізму. За допомогою цього методу можна детально прогнозувати ресурс і ефективність роботи двигуна, що є важливим для планування ТО та забезпечення надійності роботи двигуна в умовах експлуатації.

Ця методика передбачає застосування циклічно повторюваних процедур, що включають два етапи числового диференціювання з подальшим згладжуванням табличного заданого закону руху штовхача по куту повороту кулачка. Це дозволяє побачити зміну положення штовхача в залежності від повороту кулачка, що є важливим для подальших розрахунків.

Наступним етапом є розрахунок інтенсивності зносу і лінійного зносу профільних точок. Це здійснюється для заданого проміжку часу, враховуючи зміни трибологічних характеристик (наприклад, коефіцієнт тертя) і навантаження на інтерфейс кулачок та штовхача. Ці фактори мають значний вплив на процес зношування і дозволяють точніше прогнозувати знос елементів механізму.

Останнім етапом є визначення поточного профілю кулачків, враховуючи зростаючий знос. З кожним циклом зношування профіль кулачка змінюється, що, в свою чергу, впливає на ефективність роботи механізму. Це дає можливість відстежувати, як з часом зношування змінюються робочі характеристики кулачка і штовхача, що є важливим для оцінки їхньої довговічності та необхідності в обслуговуванні або заміні.

Послідовно реалізуючи кілька циклів обчислень з заданим кроком у часі, отримується інформація про те, як змінюються характеристики механізмів під час експлуатації. Цей підхід дозволяє точно відстежувати вплив зносу на функціональні параметри, що в свою чергу дає можливість прогнозувати ресурс і визначати оптимальні терміни обслуговування або заміни компонентів.

Важливою особливістю цього методу є те, що починаючи з другого та наступних циклів розрахунків, враховується зміна твердості та шорсткості поверхні кулачків. Це змінюється після процесу обкатки та зносу загартованого поверхневого шару. З часом поверхня кулачка стає менш твердою і більш шорсткою, що безпосередньо впливає на тертя та знос.

Крім того, якщо лінійний знос досягає значення, яке перевищує глибину термічної обробки матеріалу, то в подальших розрахунках необхідно враховувати твердість не тільки зовнішнього шару, але й серцевини кулачка. Це дає змогу точніше моделювати поведінку матеріалу під час зношування, коли він більше не знаходиться під впливом загартованого шару.

Також, з часом, відбувається зміна шорсткості поверхонь, і цей фактор враховується при розрахунках, що дозволяє моделювати більш реалістичну динаміку зношування і вплив на ефективність роботи механізмів. Це дає можливість більш точно оцінювати довговічність і ефективність роботи кулачкової пари на протязі її експлуатаційного терміну.

Виникаючі зміни характеристик кулачкової пари дозволяють визначити їхній вплив на потужність і економічні показники двигуна. Для цього на одну і ту ж модель робочих процесів накладається математична модель, яка дозволяє встановити взаємозв'язок між параметрами газообміну і індикаторними, а також ефективними показниками роботи ДВЗ. Це дозволяє оцінити, як зміни в зносі кулачків впливають на загальні характеристики двигуна.

Розрахунок робочих процесів проводиться за допомогою рівнянь першого закону термодинаміки для відкритої термодинамічної системи, закону збереження маси газу в обсязі циліндра або інших елементах, а також рівняння стану. Ці рівняння описують основні фізичні процеси, що відбуваються в двигуні, зокрема, зміну обсягів, температур та тисків газів в процесі стиснення, згоряння та розширення.

Система рівнянь формується для кожної порожнини газоповітряного тракту двигуна, і вирішується чисельним методом, наприклад, методом Ейлера.

Цей метод дозволяє отримати точні розрахунки і моделювати поведінку газів на кожному етапі циклу.

Як приклад реалізації цього методу можна розглянути циліндр двигуна. Процес газообміну в циліндрі можна уявити як забор повітря через впускні клапани та виведення відпрацьованих газів через випускні клапани. Для математичного моделювання цього процесу використовується єдина система рівнянь, яка дозволяє обчислити всі етапи роботи двигуна в межах одного циклу, з урахуванням змін характеристик, таких як знос кулачків, та їх вплив на ефективність роботи двигуна.

$$dQ_W + \sum_{k=1}^{n_{vp}} i_k dM_k - \sum_{k=1}^{n_{vup}} i_i dM_i + \quad (4.6)$$

$$+ x H_u g_{tc} dx = M c_v dT + c_v T dM + p dV$$

$$dM = \sum_{k=1}^{n_{vp}} dM_k + \sum_{k=1}^{n_{vup}} dM_i.$$

$$p = \frac{M}{V} RT.$$

де dQ_W – елементарна кількість теплоти, що подається в процесі теплообміну;

n_{vp} і n_{vup} – кількість впускних і випускних клапанів відповідно;

i_k і i_i – питома ентальпія пригніченого потоку газу

dM_k – елементарна маса газів, що надходять;

dM_i – елементарна маса газу, що покинула циліндр;

x – коефіцієнт виділення тепла при згорянні палива;

H_u – найнижча теплотворна здатність 1 кг палива

g_{tc} – циклічна подача палива;

dx – характеристика тепловідводення;

c_v – ізохорна теплоємність газів;

M – вага робочої рідини в циліндрі;

p – тиск;

V – поточний об'єм циліндра;

R – газова постійна.

Ця система є замкнутою, оскільки містить три невідомі та три рівняння. Однак деякі члени в рівняннях можуть бути дорівнювати нулю в залежності від поточного такту роботи двигуна. Розробники методу для економії машинного часу пропонують використовувати спрощену систему рівнянь для кожного періоду робочого циклу. Це означає, що на кожному етапі циклу з системи видаляються елементи, значення яких відомо і дорівнює нулю (наприклад, параметри тиску, температури, маси).

Для кожної такої спрощеної системи на кожному кроці розрахунку визначаються маса, склад і теплофізичні характеристики робочого тіла, яке складається з трьох компонентів: повітря, парів палива і продуктів згоряння. Це дає змогу точніше моделювати робочий процес двигуна, враховуючи зміни параметрів кожного компонента в реальному часі.

Для розрахунку теплоти, що виділяється в циліндрі під час процесу згоряння, використовувалася відносна характеристика виділення тепла, визначена І. І. Вібе за експериментальними даними. Це дозволяє більш точно оцінити кількість тепла, яке виділяється під час згоряння палива, і відповідно оцінити ефективність робочого циклу двигуна.

У роботі використовувалася конструктивна схема, що складається з шести елементів: чотирьох циліндрів, впускного і випускного колекторів. Для розрахунку процесу газообміну були визначені вихідні дані, зокрема, такі параметри і характеристики газорозподільної системи, як закони руху штовхачів, теплові зазори у впускних і випускних приводах клапанів, передавальні числа, розміри проходів і головок клапанів.

Ці параметри є основними для моделювання та розрахунку газообміну в двигуні внутрішнього згоряння, оскільки вони безпосередньо впливають на ефективність роботи газорозподільної системи. Наприклад, точні розміри проходів і головок клапанів дозволяють оцінити швидкість і ефективність подачі повітря і виведення відпрацьованих газів, що є важливим для оптимізації роботи двигуна. Теплові зазори в клапанах допомагають прогнозувати їхній знос та забезпечити оптимальні умови для роботи двигуна впродовж тривалого часу.

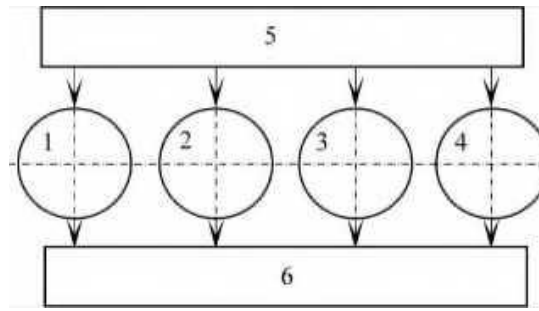


Рисунок 4.4. Конструктивна схема газоповітряного тракту автомобільного двигуна: 1, 2, 3 і 4 – циліндри; 5 – впускний колектор; 6 – випускний колектор

При розрахунку газообміну точні поточні значення руху клапанів були визначені за допомогою інтерполяції табличних даних, що дозволяє отримати більш точну картину змін положення клапанів на кожному етапі циклу. Це важливо, оскільки точність руху клапанів безпосередньо впливає на ефективність газообміну і, відповідно, на характеристики роботи двигуна.

Кулачки могли бути профільовані різними способами, що дозволяє враховувати різні варіанти конструктивних рішень. Під час зносу кулачкових профілів змінюються закони руху клапанів, що, в свою чергу, впливає на прохідні ділянки та реальні фази газорозподілу. Зноси можуть змінювати термічні зазори та впливати на точність закриття клапанів, що, в свою чергу, змінює динаміку газообміну.

Також при розрахунку можна врахувати наявність кількох клапанів з однаковою назвою, що важливо для більш складних конструкцій, таких як чотирьох клапанні головки блоку циліндрів. В таких випадках необхідно коригувати розрахунки для кожного клапана окремо, враховуючи їх вплив на газообмін і взаємодію між клапанами.

Це дозволяє створити більш точну модель роботи газорозподільної системи двигуна з урахуванням зношування та інших факторів, що можуть впливати на її ефективність протягом експлуатації.

За результатами відомих розрахунків були визначені ефективні та індикаторні показники для кожного циліндра і для двигуна в цілому. Ці показники дозволяють оцінити, як знос кулачків впливає на робочі процеси в двигуні.

Дослідження показують, що швидкість зносу різних точок профілю кулачків залежить від коефіцієнта. Цей коефіцієнт впливає на швидкість зносу та, відповідно, на ефективність роботи двигуна.

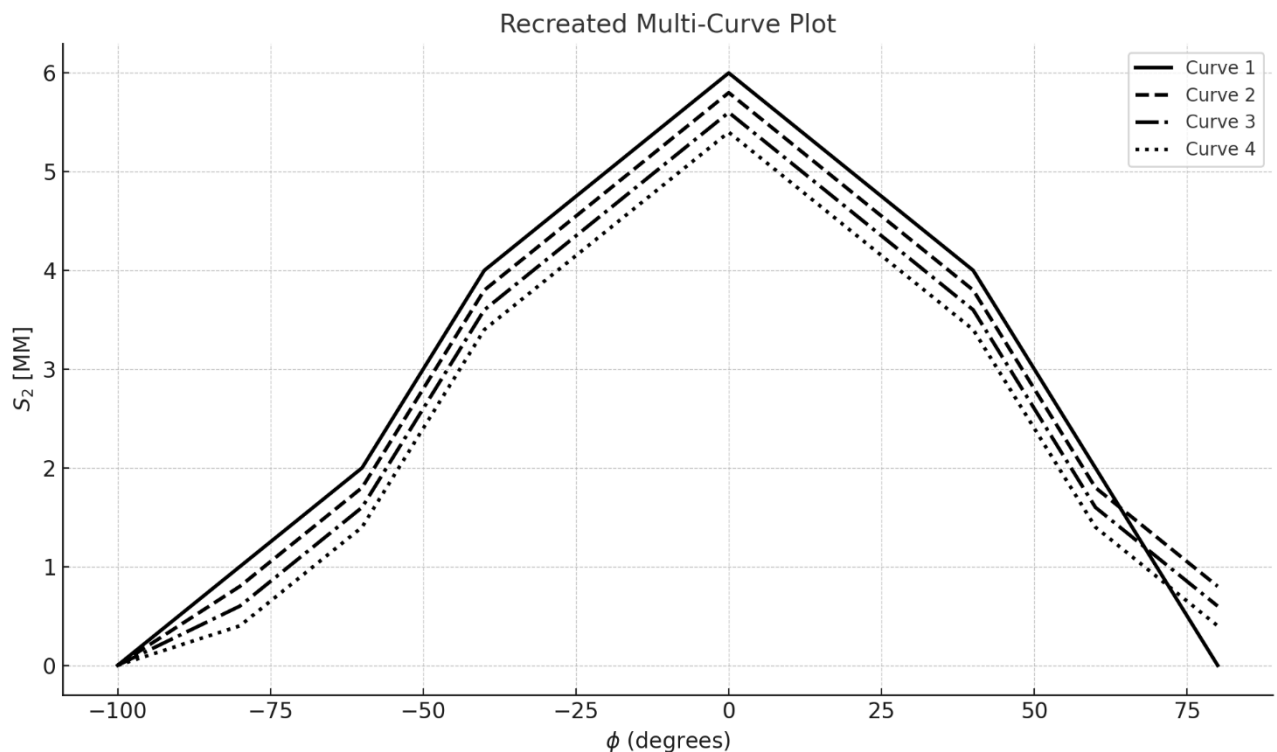


Рисунок 4.5 – Рух штовхача при куті повороту кулачка для деяких зношених профілів

Таким чином, даний метод дозволяє точно визначити рівень зносу кулачкової пари та її довговічність, враховуючи різні обмеження на погіршення показників потужності двигуна. Ми можемо не лише моделювати знос кулачків в процесі експлуатації, а й встановлювати ліміти на допустимий знос, який може призвести до зниження ефективності або надійності двигуна.

Завдяки такому методу можна прогнозувати, коли знос досягне критичних значень, при яких потужність двигуна почне значно знижуватися або коли його робочі характеристики перестануть відповідати вимогам. Це дозволяє ефективно планувати технічне обслуговування, ремонти та заміну деталей, що забезпечить більш тривалу та ефективну експлуатацію двигуна, а також допоможе уникнути серйозних пошкоджень у майбутньому.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Призначення відповідальних осіб за охорону праці

Призначення відповідальних осіб за охорону праці є важливим етапом організації системи управління охороною праці (СУОП) на автотранспортному підприємстві (АТП). Чіткий розподіл обов'язків і відповідальності допомагає забезпечити безпечні умови праці, дотримання нормативних вимог та зменшення ризиків травматизму.

Мета призначення відповідальних осіб.

Основна мета цього процесу – забезпечити контроль за виконанням заходів з охорони праці та безпеки на всіх рівнях управління підприємством. Відповідальні особи сприяють запобіганню виробничому травматизму, організовують навчання працівників і контролюють дотримання правил безпеки.

Відповідальних обирають серед працівників із відповідною кваліфікацією, знаннями та досвідом роботи. Вони повинні вміти організовувати робочі процеси, швидко приймати рішення та мати бажання постійно вдосконалювати свої знання у сфері охорони праці.

На першому етапі підприємство аналізує свої потреби та визначає, які напрямки потребують контролю. Далі видається наказ про призначення відповідальних осіб, у якому прописуються їхні обов'язки та повноваження. Для кожної посади розробляються посадові інструкції, що визначають зону відповідальності.

На підприємствах із чисельністю працівників понад 50 осіб створюється служба охорони праці. У менших організаціях її функції можуть виконувати окремі співробітники або залучені спеціалісти.

Обов'язки відповідальних осіб.

Відповідальні особи займаються:

- організацією навчань і інструктажів для працівників;
- розробкою правил і норм безпеки;

- контролем за виконанням вимог охорони праці в підрозділах;
- забезпеченням персоналу засобами індивідуального захисту;
- перевіркою технічного стану обладнання та транспортних засобів;
- участю в розслідуванні нещасних випадків.

Керівники структурних підрозділів відповідають за дотримання норм безпеки в межах своїх відділів. Інженер з охорони праці координує роботу всіх підрозділів і здійснює нагляд за дотриманням законодавчих вимог. Керівник підприємства несе загальну відповідальність за стан охорони праці, забезпечення фінансування заходів та створення безпечного робочого середовища.

Для організації роботи у сфері охорони праці видаються такі документи:

- Накази: про призначення відповідальних осіб і створення служби охорони праці.
- Посадові інструкції: з чітким визначенням обов'язків і відповідальності.
- Протоколи: про навчання, перевірки знань і аудити.

Відповідальність за недотримання вимог.

Відповідальні особи можуть нести дисциплінарну, адміністративну чи кримінальну відповідальність у разі ігнорування своїх обов'язків або недотримання норм охорони праці.

Призначення відповідальних осіб є не лише вимогою законодавства, а й основою для створення безпечного робочого середовища. Такий підхід дозволяє забезпечити ефективну організацію роботи, мінімізувати ризики для працівників та уникнути штрафних санкцій.

5.2 Створення планів евакуації працівників, обладнання і транспорту

Плани евакуації є важливою складовою забезпечення безпеки на автотранспортному підприємстві (АТП) у разі надзвичайних ситуацій (НС). Вони визначають порядок дій персоналу для своєчасного виведення людей, обладнання та транспорту із зони небезпеки, мінімізуючи ризики та наслідки таких подій.

Головна мета планів евакуації – забезпечити збереження життя та здоров'я працівників, а також захист матеріальних цінностей. Важливою складовою є

організація злагоджених і оперативних дій у разі виникнення НС. Плани сприяють зниженню ризиків травматизму, збереженню обладнання, документів і транспортних засобів, а також покращують готовність підприємства до дій у кризових ситуаціях.

Етапи розробки планів евакуації.

Аналіз ситуації на підприємстві. Спершу аналізуються особливості об'єкта, включаючи розташування будівель, зони підвищеної небезпеки (наприклад, склади пального, майстерні) та потенційні ризики. Також враховується кількість працівників, транспортних засобів і обладнання.

Розробка маршрутів евакуації. Створюються основні та резервні маршрути для виходу працівників і переміщення обладнання. Безпечні зони для збору людей позначаються на планах. Шляхи евакуації обладнання й транспорту розробляються з урахуванням можливих перешкод.

Створення графічних схем. Розробляються детальні схеми евакуації для кожної будівлі, які включають:

- основні та аварійні виходи;
- місця розташування пожежного обладнання, аптечок і засобів оповіщення;
- шляхи до зон збору персоналу.

Розробка процедур евакуації. Для кожного типу НС (пожежа, розлив хімічних речовин, стихійне лихо) створюються чіткі алгоритми дій. У процедурі передбачено дії відповідальних осіб, порядок евакуації працівників, безпечне переміщення транспорту та обладнання.

Для сповіщення персоналу використовуються сирени, аудіосистеми, а також текстові оголошення, що інформують про НС та порядок евакуації.

Навчальні тренування. Перед впровадженням планів проводяться навчальні евакуації, що дозволяє перевірити ефективність схем і процедур, виявити можливі недоліки та доопрацювати план.

Обов'язки відповідальних осіб. Для кожної зони та етапу евакуації призначаються відповідальні особи:

Керівник евакуації відповідає за координацію дій усього персоналу.

Відповідальні за зони забезпечують виведення працівників із конкретних ділянок і перевіряють приміщення.

Відповідальні за обладнання та транспорт організовують безпечне переміщення техніки й документів.

Відповідальний за зв'язок сповіщає екстрені служби про ситуацію.

Елементи плану евакуації. Інформаційна частина: загальна характеристика об'єкта, опис потенційних ризиків і типів НС.

Графічна частина: схеми розташування приміщень, маршрутів евакуації та зон збору.

Процедурна частина: алгоритми дій для кожного типу НС, обов'язки відповідальних осіб.

Результати впровадження планів евакуації. Ефективно розроблені й реалізовані плани евакуації забезпечують: захист персоналу: своєчасне виведення людей із небезпечної зони мінімізує ризики травм.

Збереження матеріальних цінностей: чітка організація евакуації запобігає пошкодженню обладнання та транспорту.

Оперативне реагування: скоординовані дії персоналу зменшують наслідки НС.

Виконання законодавчих вимог: підприємство дотримується норм у сфері охорони праці та цивільного захисту.

Створення планів евакуації є основою для забезпечення безпеки працівників і збереження матеріальних ресурсів у кризових ситуаціях. Це не лише обов'язок підприємства, а й важливий інструмент для мінімізації ризиків і підвищення готовності до надзвичайних подій.

5.3 Розрахунок газовиділення при роботі дизельних двигунів

При обслуговуванні та ремонті вантажних автомобілів, а саме при роботі дизельних двигунів в приміщеннях, в простір робочих зон через нещільність системи відведення газів виділяються шкідливі гази.

Масова витрата, що виділяється з двигунів може бути визначена по формулі:

$$G_d = N \cdot (3 \cdot K_u + 30 \cdot K_k), \quad (5.1)$$

де G_d – масова витрата газів, що виділяється, мг/год.;

N – ефективна потужність дизеля, л.с.;

K_u, K_k – концентрація окремих складових в газах, що утворюються в циліндрах і картері, мг/л (приймаються по таблиці 5.2).

Таблиця 5.1 – Значення концентрацій K_u і K_k , мг/л

Гази	Акролеїн	Оксид азоту	Оксид вуглецю	Вуглекислий газ	Вуглеводи
K_u	0,9	0,6	0,8	0	0,7
K_k	0,04	0	1,3	160	0,3

$$G_{d(\text{акролеїн})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,9 + 30 \cdot 0,04) = 936 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{NO})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,6 + 30 \cdot 0) = 432 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{CO})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,8 + 30 \cdot 1,3) = 9936 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{CO}_2)} = 240 \cdot (3 \cdot 0 + 30 \cdot 160) = 1152000 \text{ мг/год.}$$

$$G_{d(\text{вуглеводі})} = 240 \cdot (3 \cdot 0,7 + 30 \cdot 0,3) = 2664 \text{ мг/год.}$$

За вісім годин робочого часу в повітря робочої зони буде виділено:

$$G_{d(\text{акролеїн})} = 936 \cdot 8 = 7488 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{NO})} = 432 \cdot 8 = 3456 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{CO})} = 9936 \cdot 8 = 79488 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{CO}_2)} = 1152000 \cdot 8 = 9216000 \text{ мг.}$$

$$G_{d(\text{вуглеводі})} = 2664 \cdot 8 = 21312 \text{ мг.}$$

5.4 Розрахунок пожежного резервуару на випадок виникнення пожежі

Визначити ємкість збірного резервуару при витраті води на зовнішнє пожежегасіння 25 л/с, на внутрішнє пожежегасіння 20 л/с. Регульований запас для господарсько-питних і виробничо-технічних потреб - 100 м³/год.

На підприємствах автомобільного транспорту джерелами водопостачання, окрім озер, річок для виробничих і протипожежних цілей є резервуари води.

Об'єм резервуарів для зовнішнього і внутрішнього пожежегасіння визначається по формулі:

$$V = \frac{G \cdot t}{1000}, \quad (5.2)$$

де G – витрата води на пожежегасіння, л/с;

t – час, на який розраховується запас води для пожежегасіння (зазвичай береться трьохгодинний запас).

Виходячи з тригодинного запасу води, визначимо по формулі 5.2 об'єм води, необхідний на зовнішнє пожежегасіння:

$$V_1 = \frac{25 \cdot 3600 \cdot 3}{1000} = 270 \text{ м}^3.$$

Тригодинний запас води для внутрішнього пожежегасіння дорівнює:

$$V_2 = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 3}{1000} = 216 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм загального резервуара для води буде рівний:

$$V = 270 + 216 + 100 = 586 \text{ м}^3.$$

Із загального резервуару насосами воду подають у водопровідну мережу для подальшого її використання на виробничо-господарські потреби і в протипожежний водовід.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему «Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування двигуна RD28T автомобілів Nissan Patrol з дослідженням довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення» було проведено всебічне дослідження для створення ефективного АТП, яке спеціалізується на обслугов. та ремонті КТЗ цієї марки. Розглянуто організацію підприємства, що включає структуру управління та технологічні процеси, які дозволяють оптимізувати роботу та забезпечити високу якість обслуговування.

Визначено виробничу програму, що охоплює всі етапи ТО, а також обсяг робіт, необхідний для забезпечення безперебійної роботи автопарку. Проведено розрахунки обсягів робіт, чисельності працівників та організації виробничих постів, що дозволяє ефективно розподіляти навантаження між різними підрозділами підприємства. Також розраховано площі для майданчиків і складів, що оптимізує використання простору підприємства.

Розглянуто ТО двигуна RD28T, що забезпечує надійність та тривалий термін служби цього двигуна. Проект також включає розрахунки та обґрунтування вибору необхідного обладнання для ремонту та обслуговування двигунів, таких як автомобільні підйомники, з урахуванням їх технічних характеристик і економічної доцільності.

Крім того, в роботі проведено дослідження довговічності кулачкової пари механізму газорозподілення, що дозволяє поліпшити характеристики двигуна і підвищити його ефективність. Всі технічні рішення розроблено з урахуванням вимог безпеки, як для працівників підприємства, так і для загальної безпеки життєдіяльності в умовах надзвичайних ситуацій. Це забезпечує комплексний підхід до проектування автотранспортного підприємства, що сприяє підвищенню його продуктивності та безпеки.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: підручник. – К.: Арістей, 2005. – 476 с.
2. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
3. Автомобілі. Теорія: навчальний посібник / В. П. Сахно, В. І. Сирота, В. М. Поляков. Одеса: Військова академія, 2017. 414 с.
4. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
5. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Частина 2. Електрообладнання: Навчальний посібник.- Київ.: Вища освіта, 2001. – 243 с. ISBN: 966-95995-4-7.
6. Гунько І.В., П'ясецький А.А., Бурлака С.А. Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №2 (97). С.47-51.
7. Диха О.В., Свідерський В.П., Дробот О.С., Машовець Н.С. Технологічне забезпечення довговічності технічних трибо систем: монографія / О.В.Диха, В.П.Свідерський, О.С.Дробот, Н.С.Машовець.- Хмельницький:ХНУ, 2021. – 178 с.
8. Канарчук В.Є. Надійність машин: Підручник / В.Є. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. – К.:Либідь, 2003. – 424 с.
9. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринцев, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.
10. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів: Підручник. – К.: Либідь. 2006. – 400 с.
11. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. – м. Харків, 1991р.-274с.

12. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів» для здобувачів освітнього ступеня магістр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Ткаченко І.Г., Левкович М.Г. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 118 с .
13. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
14. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
15. Мигаль, В. Д. Методи технічної діагностики автомобілів: навч. посібник / В.Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014
16. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф. Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.
17. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.
18. Павлюк О.М., Медиковський М.О., Ізонін І.В. Основи теорії надійності технічних систем. Павлюк О.М., Медиковський М.О., Ізонін І.В., Львівська політехніка, 2021. – 208 с.
19. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108
20. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
21. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. К. : КВІЦ, 2004. 174 с

22. Сахно В. П., Григорашенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
23. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі: Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
24. Транспортні енергетичні установки: навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 264 с.
25. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017 – 324 с.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Виробнича програма

$L_{ц(н)}$ - Нормативний пробіг автомобіля до списання, км. для легкових автомобілів - $k_1=0,8$; $k_2=1$; $k_3=1$ $L_{ц(н)}=400000$ км; для вантажних автомобілів - $k_1=0,8$; $k_2=1$; $k_3=1$ $L_{ц(н)}=300000$ км; для автобусів - $k_1=0,8$; $k_2=1$; $k_3=1$ $L_{ц(н)}=400000$ км;
 L_{cc} - Середньодобовий пробіг автомобіля, км;
 $L_i^{(н)}$ - стандартна періодичність технічного обслуговування і-го типу (ТО-1 або ТО-2).

2.2 Річна виробнича програма

L_p - річний пробіг автомобіля, км.;
 $N_{річ}$ - кількість списань авто за рік, шт;
Дроб - кількість днів експлуатації транспортного засобу в году, Дроб = 248;
 α_T - коефіцієнт технічної доступності;
 A_u - Перелік транспортних засобів, од.

2.4 Розрахунок об'єму робіт ТО ТП та обслуговування

$t(н)EO$ - нормативна трудомісткість EO, людино-години;- коефіцієнт коригування нормативів трудомісткості обслуговування і технічних робіт;
 $t(н)i$ - нормативна трудомісткість ТО-1 і ТО-2, людино-година;
 $t(н)TP$ - питома нормативна трудомісткість TP на 1000 км пробігу.

2.7 Розрахунок кількості виробничих робітників

$T_{годі}$ - річний обсяг робіт по обслуговуванню зони або ділянки, людино-година;
 Φ_T - річний фонд часу технологічно необхідного працівника, година;
 $\Phi_{ш}$ - Річний фонд робочого часу штатного працівника, погодинний;
 a, b - кількість робочих місць з нормальними і шкідливими умовами праці, %;
 c, d - кількість всіх робіт, %.

2.8 Технічний розрахунок виробничих площ, майданчиків і складів

$T_{см}$ - тривалість зміни (при однозмінному робочому дні $T_{см} = 8$ годин, при двозмінному $T_{см}=7$ год), год;
 c - Кількість змін (при EO, ТО-1, ТО-2, Д-1 и Д-2 $c=1$);
 N_{ic} - добова виробнича програма, од.;
 ϕ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність прибуття транспортних засобів на пост

t_i - трудомісткість роботи даного виду служби, що виконується на посту, людино-годину;
 $t_{п}$ - Час, витрачений на пересування автомобіля при його постановці на пост і виїзді з посту, $t_{п} = 1 \dots 3$ хв;
 $P_{п}$ - Кількість працівників, що працюють на посаді одночасно
 $T_{ді}$ - річний обсяг діагностичних робіт, людино-годину;
 η_d - Коефіцієнт використання робочого часу діагностичного поста (0,6÷0,75).
 $T_{ТР}$ - річний обсяг виконаних робіт на постах ТР, людино-годину;
 $\varphi_{ТР}$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність надходження транспортних засобів до постів ТР;
 $K_{ТР}$ - коефіцієнт, що враховує частку обсягу виконаних робіт на постах ПР в найбільш завантажену зміну;
 $\eta_{п}$ - коефіцієнт використання робочого часу посади;
 c - 1 зміна.
 φ_1 - коефіцієнт, що враховує регулювальні, демонтажні, монтажні та фарбувальні роботи;
 φ_2 - коефіцієнт, що враховує роботу;
 a, b - обсяг роботи, %.

3.2 Розрахунок компресії гідравлічної штанги

σ_{max} - напруга, що виникає на небезпечному ділянці, МПа;
 N - сила, що стискає шток, Н;
 F - площа поперечного перерізу стержня, m^2 ;
 $[\sigma]$ - допустиме напруження на стиск, МПа;
 $[\sigma_r]$ межа плинності матеріалу для сталі Ст2 становить 210 МПа;
 n - Запас міцності, $n=2$;
 $[\sigma] = \frac{210}{2} = 105$ МПа;
 допустима напруга $[\sigma] = 320$ МПа для сталі 30Г.

3.4 Економічне обґрунтування КРБ

T_p - річний обсяг робіт, людино-годину;
 $ЦН-ч$ - ціна однієї нормо-години, грн.