

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра будівельних, колійних та вантажно-  
розвантажувальних машин**

**Є.В. Коновалов, П.Є. Коновалов**

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БКВРМ**

*Конспект лекцій*

**Харків – 2015**

Коновалов Є.В., Коновалов П.Є. Експлуатація та ремонт БКВРМ: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 186 с.

Викладено питання застосування і технічного обслуговування машин. Наведено відомості щодо загального технічного діагностування та діагностування основних елементів машин.

Призначається для студентів, що навчаються за програмою для галузі 05.05.03 «Машинобудування та металообробка» напрямку 7.05.053 «Машинобудування» та слухачів курсів з підвищення кваліфікації інституту перепідготовки кадрів УкрДАЗТ.

Іл. 70, табл. 5.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин 13 жовтня 2014 р., протокол № 4.

Рецензент

доц. Г.М. Афанасов

Є.В. Коновалов, П.Є. Коновалов

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БКВРМ

*Конспект лекцій*

Відповідальний за випуск Коновалов Є.В.

Редактор Ібрагімова Н.В.

---

Підписано до друку 10.12.14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 8,50. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Українська державна академія залізничного транспорту

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин

Є.В. Коновалов, П.Є. Коновалов

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БКВРМ

Конспект лекцій

Харків  
2015

Коновалов Є.В., Коновалов П.Є. Експлуатація та ремонт БКВРМ: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 186 с.

Викладено питання застосування і технічного обслуговування машин. Наведено відомості щодо загального технічного діагностування та діагностування основних елементів машин.

Призначається для студентів, що навчаються за програмою для галузі 05.05.03 «Машинобудування та металообробка» напряму 7.05.053 «Машинобудування» та слухачів курсів з підвищення кваліфікації інституту перепідготовки кадрів УкрДАЗТ.

Іл. 70, табл. 5.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин 13 жовтня 2014 р., протокол № 4.

Рецензент

доц. Г.М. Афанасов

## ЗМІСТ

1	Теоретичні основи експлуатації машин.....	6
1.1	Експлуатація машин як функціональна система.....	6
1.2	Режими роботи і продуктивність машин.....	7
1.3	Шляхи зменшення витрат на експлуатацію машин.....	12
1.4	Показники використання машинного парку.....	15
1.5	Вибір раціональних режимів роботи машини.....	19
1.6	Формування і вибір комплектів машин.....	22
	Література до розділу 1.....	24
2	Закономірності зміни технічного стану машин.....	25
2.1	Технічний стан і надійність машини.....	25
2.2	Характеристика змін технічного стану машин.....	27
2.3	Оптимізація витрат на підтримку надійності машин.....	34
2.4	Управління надійністю машин при експлуатації.....	36
2.5	Техніко-економічне значення організації належного рівня ТО та ремонту машин.....	38
	Література до розділу 2.....	41
3	Технічна експлуатація машин.....	42
3.1	Сутність і елементи технічної експлуатації машин.....	42
3.2	Задачі технічної експлуатації машин.....	43
3.3	Система технічного обслуговування і ремонту машин.....	46
3.4	Форми і методи організації технічного обслуговування і ремонту машин.....	52
3.5	Види технічного обслуговування і ремонту машин.....	55
	Література до розділу 3.....	59
4	Технічне обслуговування машин.....	61
4.1	Технологія і методи технічного обслуговування.....	61
4.2	Періодичність технічного обслуговування машин.....	63
4.3	Оптимізація періодичності технічного обслуговування.....	68
	Література до розділу 4.....	72

5	Технічне діагностування машин.....	73
5.1	Роль і місце діагностування в процесі ТО і Р.....	73
5.2	Методи і періодичність виконання діагностичних операцій.....	78
5.3	Види і засоби діагностування.....	79
5.4	Форми технічного діагностування.....	86
5.5	Принципи організації діагностування машин на підприємстві.....	87
5.6	Діагностування показників роботи двигунів внутрішнього згоряння.....	89
5.7	Прогнозування технічного стану машин.....	89
5.8	Прогнозування залишкового ресурсу машин.....	92
5.9	Межі допустимих значень діагностичних параметрів.....	97
	Література до розділу 5.....	98
6	Діагностування і технічне обслуговування елементів машин.....	100
6.1	Діагностування і ТО двигунів внутрішнього згоряння.....	100
6.2	Загальна оцінка технічного стану двигуна.....	105
6.3	Особливості роботи інжекторних двигунів.....	108
6.4	Діагностування і ТО кривошипно-шатунного механізму.....	110
6.5	Діагностування і ТО газорозподільного механізму.....	114
6.6	Діагностування і ТО системи змащування.....	117
6.7	Діагностування і ТО системи живлення.....	118
6.8	Діагностування і ТО системи запалення.....	122
6.9	Діагностування і ТО системи охолодження.....	122
6.10	Діагностування і ТО електроустаткування.....	124
6.11	Діагностування і ТО елементів системи управління.....	131
6.11.1	Діагностування і ТО фрикційних муфт.....	132
6.11.2	Діагностування і ТО гальм.....	134
6.11.3	Діагностування і ТО рульового управління.....	136
6.12	Діагностування і ТО гідросистем.....	136
6.13	Діагностування і ТО пневмосистем.....	142
6.14	Діагностування і ТО механічних передач і шарнірних з'єднань.....	143
6.15	Діагностування і ТО ходової частини.....	148
6.16	Діагностування і ТО підшипників.....	151

6.17	Діагностування і ТО робочих органів.....	153
6.18	Діагностування і ТО металоконструкцій машин.....	157
6.19	Діагностування і ТО механізмів і деталей конвеєрів.....	160
	Література до розділу 6.....	162
7	Експлуатація машин в особливих умовах.....	164
7.1	Вплив чинників зовнішнього середовища на роботу машин.....	164
7.2	Експлуатація машин в умовах низьких температур.....	165
	Література до розділу 7.....	169
8	Зберігання машин.....	170
8.1	Заходи, що забезпечують зберігання машин.....	170
8.2	Руйнуючі чинники і захист машин від них.....	172
8.3	Підготовка та основні умови зберігання машин.....	176
8.4	Зберігання запасних частин і експлуатаційних матеріалів.....	179
	Література до розділу 8.....	181
9	Управління експлуатацією машинного парку експлуатаційних матеріалів.....	182
9.1	Види експлуатаційних баз.....	182
9.2	Виробничий процес і структура експлуатаційних баз.....	183
9.3	Постачання експлуатаційних матеріалів.....	184
9.4	Визначення потреби і управління запасами експлуатаційних матеріалів.....	185
	Література до розділу 9.....	186

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

## 1.1 Експлуатація машин як функціональна система

Будь-яке виробництво функціонує за схемою «ресурси-виробничий процес-продукція» (рисунок 1.1). У вигляді ресурсів, окрім робочої сили, капітальних будівель і матеріалів, виступають машини та обладнання.

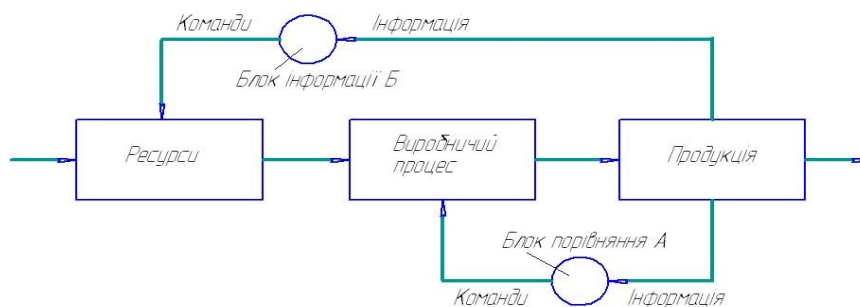


Рисунок 1.1 – Схема регулювання виробничої функції підприємства [1]

Для ефективної роботи підприємства слід постійно контролювати якість продукції, впливаючи на неї через ланку «ресурси-виробничий процес». Окрім іншого, це досягається і фізичним впливом на машини: на їхній технічний стан, режими роботи, чисельність.

Машини є значною складовою виробничих фондів підприємств. Шляхом застосування машин підприємство має можливість підвищувати продуктивність праці, скорочувати терміни та покращувати якість виконання і умови робіт. Однак бажана віддача такого ресурсу можлива за умови певних трудових і матеріальних витрат на те, щоб підтримувати машинний парк підприємства у працездатному стані та ефективно використовувати його у виробничому процесі.

Під час експлуатації машин прагнуть отримати певну кількість продукції. Результат експлуатації залежить від двох змінних: продуктивності і тривалості роботи машин.



## 1.2 Режими роботи і продуктивність машин

Робоча функція будь-якої машини реалізується в процесі взаємодії системи її елементів: двигуна, трансмісії, робочого органу і т. п. Мета взаємодії системи елементів - максимізація результатів робочої функції машини в конкретних умовах експлуатації. Для досягнення цієї мети необхідно встановити певний режим роботи машини.

**Режим роботи машини** – запланована або та, що реалізується, поведінка машини під час виконання робочої функції. Режим роботи залежить від умов, у яких працює машина.

Основним завданням при встановленні раціональних режимів роботи машини є забезпечення максимального завантаження робочих органів і зведення до мінімуму робочого опору. У ході його вирішення необхідно розглядати умови взаємозв'язку дії сил, що розвиваються на робочих органах і двигунах, ходових пристроїв, і сил опору, обумовлених завантаженням робочих органів, кліматичними умовами та іншими експлуатаційними чинниками.

Одним з показників, що визначають оптимальний режим роботи (наприклад, продуктивність), є показник стану робочого органу і зусиль, що діють на нього в процесі роботи. Для скрепера або автогрейдера – це зусилля на ножі ковша, для бульдозера – зусилля на відвалі, для екскаватора – зусилля на зубах ковша, для щічної дробарки – зусилля дроблення.

Раціональний режим роботи залежить від дії та взаємодії багатьох випадкових чинників, що безперервно змінюються. Слід враховувати також стан виконавчих і робочих органів машини і взаємодію їх з середовищем. Вибір і додержання раціонального режиму здійснюється оператором машини. Результати взаємодії системи "людина-машина" характеризуються, зокрема, такими показниками, як використання машини в часі і за продуктивністю.

Продуктивність є одним з головних критеріїв ефективності роботи машини. Розглядають кілька видів продуктивності: теоретичну, технічну, експлуатаційну і фактичну.

**Теоретична продуктивність** характеризується кількістю продукції, що виробляється машиною за одиницю часу при повному використанні її енергетичних і швидкісних можливостей без урахування чинників, які можуть її знижувати. Наприклад, для машин циклічної дії теоретична продуктивність

$$Q_T = \frac{q}{T} = q \cdot n, \quad (1.1)$$

де  $q$  – кількість продукції, що виробляється машиною за один цикл роботи ( $\text{м}^3$ , т та ін.);

$T$  – тривалість одного робочого циклу машини, год;

$n$  – кількість робочих циклів машини за одиницю часу.

Те саме для машин безперервної дії

$$Q_T = V \cdot F \cdot \rho, \quad (1.2)$$

де  $V$  – швидкість переміщення потоку вантажу, м/с;

$F$  – площа поперечного перетину потоку на конвеєрі,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  – насипна щільність матеріалу вантажу,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

**Технічна продуктивність** – максимально можлива продуктивність машини для конкретних умов її використання, тобто вона залежить не тільки від конструктивних особливостей машини, але і від умов її експлуатації (категорія ґрунту, характер забою, пора року, ступінь пакетування вантажу та ін.). Наприклад, технічна продуктивність для екскаватора

$$Q_{\text{ТЕХ}} = \left(\frac{q}{T}\right) \cdot k_e \cdot k_n \cdot k_p, \quad (1.3)$$

де  $k_e, k_n, k_p$  – відповідно коефіцієнт, що враховує втрати продуктивності під час пересування машини усередині забою, коефіцієнт наповнення ковша ґрунтом і коефіцієнт розпушування ґрунту.

**Експлуатаційна продуктивність** відрізняється від технічної продуктивності машини тим, що при її визначенні враховують всі можливі простой машини в процесі роботи:

$$Q_E = Q_{\text{ТЕХ}} \cdot k_{\text{ев}}, \quad (1.4)$$

де  $k_{en}$  – коефіцієнт, що враховує використання машини в часі, тобто враховує всі види вимушених простоїв.

**Фактична продуктивність** (наробіток) залежить від конструкції машини, впливу суміжних процесів, застосованої технології та організації робіт

$$Q_{\phi} = N \cdot k_{en} \cdot T \cdot Q_E, \quad (1.5)$$

де  $N$  – облікова кількість однотипних машин, од.;

$k_{en}$  – коефіцієнт використання парку машин, тобто відношення середньої кількості машин, що одночасно працюють протягом року, до загальної кількості парку машин;

$T$  – річна кількість годин робочого часу, год.

З виразу (1.8) випливає, що для збільшення річного наробітку необхідно:

- забезпечувати постійну експлуатаційну готовність машини за рахунок своєчасного та якісного виконання заходів системи ТО і Р;

- добиватися відповідності обраного типу машини та виду роботи, яку вона має виконувати;

- збільшувати фонд робочого часу машини за рахунок скорочення будь-яких видів простоїв.

#### **Шляхи підвищення фактичної продуктивності машин:**

- підтримка високого рівня потужності машини. Це досягається зниженням питомого опору при роботі машини за рахунок ТО і вибору раціональних прийомів експлуатації;

- правильне комплектування машин і раціональний швидкісний режим, що відповідає виду і характеру запланованої роботи;

- підвищення міри використання часу робочої зміни і коефіцієнта змінності роботи.

Вказані групи заходів у період експлуатації досягаються застосуванням діагностування, своєчасним проведенням ТО та усуненням відмов, проведенням високої якості ремонту.

Крім продуктивності, серед інших експлуатаційних показників машин застосовують такі показники ступеня використання машини (або коефіцієнти експлуатації):

а) за ступенем використання власної продуктивності

$$\alpha_{\Pi} = Q_{\phi} / Q_T, \quad (1.6)$$

де  $Q_{\phi}$ ,  $Q_T$  – фактична і теоретична продуктивність машини (наприклад, за зміну);

б) за величиною використаної потужності машини в цілому

$$\alpha_M = Q_{\phi} / Q_{TN_K}, \quad (1.7)$$

де  $Q_{TN_K}$  – теоретична продуктивність машини при реалізації нею номінальної потужності;

в) за величиною реалізації потужності двигуна

$$\alpha_{\delta\phi} = Q_{\phi} / Q_{TN_{\delta\phi}}, \quad (1.8)$$

де  $Q_{TN_{\delta\phi}}$  – теоретична продуктивність машини при реалізації нею номінальної потужності двигуна.

Крім того, про ступінь завантаженості машини під час експлуатації свідчать показники використання її технічних можливостей. Наприклад, для тягача такими показниками є використання тягової потужності і тягового зусилля. Баланс номінальної потужності тягача має вигляд

$$N_{eH} = N_K + N_{HBOМ} + N_{\Pi}, \quad (1.9)$$

де  $N_{eH}$  – номінальна потужність тягача;

$N_K$  – потужність на гаку тягача;

$N_{HBOМ}$  – потужність тягача, що досягає вала відбору потужності (при номінальній частоті оборотів двигуна);

$N_{\Pi}$  – втрати потужності при передачі енергії від двигуна до вала відбору потужності (при номінальному режимі).

Ступінь використання тягової потужності тягача

$$\xi_N = \frac{N_\phi}{N_{eH}}, \quad (1.10)$$

де  $N_\phi$  – фактично використана тягова потужність тягача.

Коефіцієнт використання сили тяги (завантаження) тягача

$$\xi_T = \frac{R}{P_H - Gi}, \quad (1.11)$$

де  $R$  – сила опору тягача;

$P_H$  – номінальна сила тяги на горизонтальній ділянці;

$Gi$  – втрати тягового зусилля при русі тягача на підйом.

Коефіцієнт корисної дії тягача

$$\eta = \frac{N_K + N_{HВOM} + N_I}{N_{eH}}. \quad (1.12)$$

**Найбільш точним показником** ефективності використання машини на виробництві є такий комплексний показник, як собівартість виробленої одиниці продукції (грн/т, грн/м<sup>3</sup>, грн/т\*км):

$$C_n = \frac{B}{t_{zm} \cdot Q_\phi}, \quad (1.13)$$

де  $B$  – вартість машино-зміни, грн;

$t_{zm}$  – тривалість машино-зміни, год.

**Вартість машино-зміни** визначається як [1, 2]

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + B_4, \quad (1.14)$$

де  $B_1$  – сума змінних витрат на амортизацію (відновлення первинної вартості і на капітальний ремонт), на перебазування машини з одного об'єкта на інший, на роботу, пов'язану зі складанням-розбиранням машини на новому об'єкті. Вказана сума орієнтовно становить 30...40 % загальної вартості машино-зміни [1, 2];

$B_2$  – сума змінних витрат на ТО, матеріали, пристосування та інструмент, а також на енергоресурси, змащувальні і обтиральні

матеріали (становлять до 20...37 %, з них 50 % – витрати на енергоресурси) [1, 2];

$B_3$  – сума змінних витрат на зарплату працівників, які працюють на машині, – до 25...48 % [1, 2];

$B_4$  – сума змінних витрат на непрямі витрати (утримання структур управління, майстерень, об'єктів побутового, соціального призначення та ін.).

Таким чином, для зменшення собівартості виробленої одиниці продукції необхідно прагнути аби досягнути максимальної продуктивності за умови, що витрати на її виробництво не перевищать необхідних значень, або мінімізувати витрати за умови, що продуктивність машини виявиться не меншою від заданої.

У випадку, якщо з кількох можливих варіантів виконання робіт треба обрати найбільш ефективний, за кожним з варіантів визначається економічний ефект. Економічний ефект розраховується як різниця між сумою отриманих коштів і сумою витрат за кожним з варіантів за певний період часу. Перевага віддається тому варіанту, за яким очікується найбільший ефект.

### 1.3 Шляхи зменшення витрат на експлуатацію машин

Витрати на експлуатацію машинного парку як важливого чинника ефективності будь-якого підприємства мають бути об'єктом постійної уваги його фахівців, а економія цих витрат повинна розглядатися як основа для зміцнення конкурентоспроможності підприємства.

Витрати на експлуатацію машин впливають на показник собівартості виробленої продукції. Як випливає з формул (1.13)-(1.14), для зменшення собівартості одиниці продукції необхідно або збільшувати продуктивність машини, або зменшувати витрати на експлуатацію і амортизацію машин.

Економії можна досягнути за рахунок будь-якої групи витрат (1.14). Але економія за рахунок тієї чи іншої групи витрат має позначатися на загальному показникові вартості машинозміни.

Так, можливості економії витрат на капітальний ремонт, амортизацію, транспортування машин (група  $B_1$ ) і на оплату

праці працівників (група  $B_3$ ) взагалі обмежені. Наприклад, якщо витрати групи  $B_1$  ще можна зменшити за рахунок вибору оптимального способу транспортування машин з об'єкта на об'єкт, то решта частин витрат, що входять до груп  $B_1$  і  $B_3$ , мають об'єктивну тенденцію до зростання. Практика показує, що зростання заробітної плати, додаткові вкладення в ремонтне виробництво мають стимулювати продуктивність праці, що врешті-решт сприяє характеристикам використання машин і загальній ефективності підприємства.

Економія на непрямих витратах (група  $B_4$ ) також обмежується їхньою відносно невеликою питомою вагою в загальній структурі витрат і ризиком погіршення фінансування об'єктів побуту і соціальної сфери.

Зі сказаного слід зробити висновок, що зменшення економічних витрат на експлуатацію машин залежить не від зменшення витрат груп  $B_1$  і  $B_3$ , а насамперед за рахунок економії витрат групи  $B_2$  – головним чином за рахунок економії енергоресурсів, які складають до 75...85 % витрат з цієї групи [2].

Так, істотний вплив на економію паливно-мастильних матеріалів (ПММ) має раціональне комплектування загонів машин для виконання окремих видів робіт, найбільш повне завантаження машин за потужністю, скорочення холостих пробігів і простоїв техніки. У деяких випадках загони машин комплектують за критерієм мінімуму витрат палива.

Пошук резервів економії ПММ звичайно відбувається з урахуванням таких міркувань.

Неповне використання кожних 10 % потужності машин збільшує витрати палива в середньому на 4-5 %. Робота трактора на холостому ході протягом 1...2 год за зміну призводить до сумарних перевитрат палива за рік у 600 кг. Неправильно заплановані маршрути перевезень, збільшені холості пробіги, недостатнє використання причепів і напівпричепів також призводить до 15...30 % перевитрат палива.

Чималі втрати ПММ відбуваються при їхньому транспортуванні, зберіганні та заправці машин. Так, заповнення автоцистерни бензином вище позначки за одну поїздку призводить до втрат 10... 12 кг пального, а нещільне закриття горловини автоцистерни – до втрат 15...40 кг. Неповне

завантаження резервуарів паливом і недотримання умови фарбування його у світлі тони обумовлюють річні втрати 105...206 кг палива внаслідок його випаровування, а нещільне їх закриття – до 2000 кг. Підтікання через нещільності у з'єднаннях однієї краплі бензину на секунду призводить до втрат 1200 кг палива на рік. Заправка машин відкритим способом (цебром) за той самий період є причиною втрат 200 кг палива. Одноразова заправка машин оливою за допомогою кухлі веде до втрат 0,2...0,25 кг оливи, а втрати пластичних мастил під час немеханізованої заправки становлять у середньому 17-20 % загальних витрат.

Викладене слід враховувати при транспортуванні, зберіганні та заправці машин ПММ, застосовуючи для цього спеціалізовані засоби та устаткування.

Крім енергоресурсів, суттєвий вплив на загальні витрати групи  $B_2$  мають витрати на проведення поточних ремонтів машин, кількість яких можна зменшити удвічі як за рахунок підвищення кваліфікації операторів, так і за рахунок більш високої якості виконання цього виду ремонту [3].

Таким чином, для зменшення економічних витрат під час експлуатації машин необхідно [1]:

а) правильно організувати ТО, зберігання машин і видачу ПММ, застосовувати заходи стимулювання економії експлуатаційних матеріалів;

б) правильно організувати роботу основних і допоміжних машин у комплектах, дбати про підвищення кваліфікації операторів і фахівців з технічного обслуговування і ремонту машин;

в) уникати використання машин з більшою потужністю, ніж це необхідно (при цьому досягається економія витрат ПММ на одиницю об'єму виконаних робіт);

г) виключити простої головних машин у комплектах, скоротити тривалість організаційних перерв і роботу машин на холостому ході;

д) організувати раціональні транспортні схеми при переміщеннях машин усередині об'єктів і з об'єкта на об'єкт;

е) стежити за додержанням оптимального технічного стану машин (чистота, усунення витоків, порушень регулювань,



відповідне налаштування параметрів робочих органів машин - провисання, натяг, затуплення);

ж) застосовувати механізовану заправку машин закритим способом за допомогою стаціонарних або пересувних заправних засобів (дозволяє зменшити втрати ПММ порівняно з ручним способом у 15...20 разів);

и) організувати дво- або тризмінну роботу, при якій однакова виробнича програма виконується меншою кількістю машин, а також прискорюється оновлення машинного парку.

Заходи щодо підвищення ефективності використання окремих груп машин спеціальності 7.05050308 наведені в підручнику [2].

#### **1.4 Показники використання машинного парку**

Ефективність використання парку машин залежить від номенклатури і кількості парку, технічного рівня і стану, рівня технічної експлуатації машин, організації використання техніки.

Існують такі показники кількісної оцінки використання парку машин: річне вироблення спискового складу машин; питома річне вироблення на середньоспискову машину; коефіцієнт використання машин.

##### **Річне напрацювання спискового складу машин**

$$Q_p = K_n \sum_{i=1}^m (n \cdot T \cdot P_e) , \quad (1.15)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт використання парку машин;

$n$  – спискова кількість машин одного типу;

$T$  – середнє фактичне напрацювання і-го типу за рік;

$P_e$  – годинна експлуатаційна продуктивність машини і-го типу.

Але річне вироблення  $Q_p$  є лише абсолютним показником, що не дає характеристики різних груп машин за організацією їхнього використання.

##### **Питома річне вироблення на середньоспискову машину**

$$Q_n = \frac{Q_p}{N_p} , \quad (1.16)$$

де  $N_p$  – середня кількість машин, що працюють протягом року.

Останній показник характеризує рівень організації та використання машин у часі. На нього впливає вік і технічний стан машин, існуюча система і якість ТО і Р, кваліфікація персоналу, умови роботи машин.

**Коефіцієнт використання машин** характеризує рівень організації експлуатації машин

$$K_n = \sum_{s=1}^m \left( \frac{N_{pi} \cdot t_{pi}}{T} \right), \quad (1.17)$$

де  $N_{pi}$  – кількість машин і-го типу, які працюють у розрахунковому році;

$t_{pi}$  – середня тривалість роботи машини і-го типу.

З формули (1.17) випливає, що величина коефіцієнта  $K_n$  залежить від тривалості простоїв машин, які викликані усуненням несправностей чи організаційними причинами (відсутність запасних частин, матеріалів, палива, фронту робіт).

Аналіз показників  $Q_p$  і  $K_n$  дає змогу визначити основні шляхи покращення ефективності використання машинного парку підприємств:

а) підтримка машин у технічно справному стані своєчасним виконанням ТО і Р;

б) підвищення кваліфікації персоналу, що виконують ТО і Р;

в) застосування діагностичних систем для визначення технічного стану у процесі виконання ТО і Р;

г) інтенсифікація змінного використання машин.

Кількісною мірою інтенсивності використання окремих машин або їх комплектів є такі показники: коефіцієнт використання машини в часі; коефіцієнт готовності та коефіцієнт технічного використання.

**Коефіцієнт використання машини в часі** характеризує інтенсивність використання машин за певний період часу [4]

$$K_B = \frac{t_D}{t}, \quad (1.18)$$

де  $t_d$  – фактичний час, протягом якого машина виконує заплановані роботи в період, що розглядається;

$t$  – розрахунковий час роботи машини за період, що розглядається.

У формулі (1.18) різниця  $(t - t_d)$  вказує на час, який всупереч розрахунковому часу  $t$  було втрачено за період, що розглядається. Причини вказаних втрат часу можуть бути різними:

- технічні (заміна навісного обладнання на машині, виконання ТО);

- технологічні (переміщення машини з об'єкта на об'єкт або в межах одного об'єкта роботи);

- організаційні (відсутність фронту робіт, палива, електроенергії, будівельних матеріалів);

- сезонні, метеорологічні і т. д.

Втрати робочого часу на усунення відмов і несправностей оцінюються **коефіцієнтом готовності**

$$K_G = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (1.19)$$

де  $T_0$  – середнє напрацювання машини на одну відмову;

$T_B$  – середня тривалість відновлення машини після відмови.

**Коефіцієнт технічного використання** враховує втрати робочого часу окремою машиною або комплектом

$$K_{TB} = \frac{t_\Sigma}{t_\Sigma + t_P + t_{TO}}, \quad (1.20)$$

де  $t_\Sigma$  – сумарне напрацювання машини (комплекту);

$t_P, t_{TO}$  – сумарний час простоїв, викликаних відповідно усуненням відмов і несправностей, а також пов'язаних з проведенням як планових, так і позапланових ТО машини (комплекту).

Втрати часу, викликані організаційними причинами, коефіцієнти  $K_G$  та  $K_{TB}$  не враховують.

Ефективність використання машин залежить від багатьох чинників:

- форма застосування окремої машини у складі комплекту;
- кількість машин, що працюють над виконанням певного обсягу робіт за встановлений період часу;
- склад комплекту, механізованого загону;
- організація робіт;
- надійність машин, що входять до складу комплекту.

*Кожна машина має свою, жорстко обмежену область раціонального використання.* Межі цієї області визначаються:

- призначенням і технічною характеристикою машини;
- потужністю двигуна, продуктивністю, швидкістю;
- мобільністю, масою машини.

*Будь-яка невідповідність фактичних умов роботи машини та умов її раціонального застосування призводить до недостатнього використання її можливостей* або до зростання кількості машин одного типу, задіяних для виконання певного обсягу робіт. Це призводить до збільшення загальних витрат і собівартості робіт.

Значну частину річного фонду робочого часу машин складають простої, пов'язані з усуненням відмов і несправностей. Для дотримання встановленого рівня надійності та максимальної продуктивності парку машин на підприємстві слід вживати заходи, які викладені в п. 2.4.

## **1.5 Вибір раціональних режимів роботи машини**

Режим роботи машини – це параметр, який може змінюватися від незадовільного до оптимального, забезпечуючи при цьому відповідні показники результативності експлуатації машини, тобто від мінімуму до максимуму.

Будь-яка машина потенційно здатна до роботи з найбільш ефективним режимом і максимальною продуктивністю. Проте вона сама "не вміє" налаштуватися на такий режим, тобто в умовах, коли зовнішні чинники дії на машину, види і технологічні режими робіт безперервно змінюються, машина потребує періодичного фахового налаштування. Тому

результативність використання машини залежить зокрема від кваліфікації працівників і дисципліни виробничого персоналу.

Основними тенденціями в розвитку сучасних машин є:

- безперервно зростаючі робочі швидкості;
- збільшення одиничної продуктивності і потужності;
- зростання вартості і складності;
- зростання розумового навантаження на людину-оператора.

З урахуванням згаданих тенденцій необхідно прагнути до найбільш ефективного використання машини, тобто треба дотримуватися такого режиму роботи машини, при якому витримуються існуючі обмеження на вибір режиму при одночасному досягненні мети експлуатації.

**Обмеження на вибір режиму роботи машини** розглядаються як некеровані та керовані чинники. До перших можна віднести, наприклад, властивості ґрунту, вантажу, габарити і масу вантажу, стан доріг, час доби. Керованими чинниками можуть бути освітленість, фізичне або розумове напруження, температура і вологість повітря, швидкість виконання операцій, глибина різання, кількість обертів робочого органу.

Проблеми оптимізації спільної роботи людини і машини вивчаються, зокрема, у межах навчальної дисципліни "Ергономіка".

Приклад – **оптимізація режиму роботи екскаватора**; мета - максимальна продуктивність, тобто максимальний об'єм ґрунту, що зрізається за один цикл, при мінімальній тривалості циклу.

Продуктивність екскаватора за годину

$$Q = \frac{q_{ep} \cdot 3600}{T} = q_{ep} \cdot n, \quad (1.21)$$

де  $q_{ep}$  – об'єм ґрунту, що зрізається ковшем екскаватора за один цикл роботи, м<sup>3</sup>;

$T$  – тривалість одного робочого циклу, с;

$n$  – кількість робочих циклів екскаватора за одну годину.

З формули (1.21) випливає, що для збільшення продуктивності машини слід намагатися збільшувати об'єм ґрунту, що розробляється за один робочий цикл, і зменшувати тривалість циклу.

Об'єм ґрунту, що зрізається ковшем екскаватора за один цикл роботи,

$$q_{zp} = q \cdot k_H = H_k \cdot c \cdot b \cdot k_p \quad (1.22)$$

де  $q$  – місткість ковша;

$k_H$  – коефіцієнт наповнення ковша;

$H_k$  – висота копання;

$c$  – товщина стружки;

$b$  – ширина ковша;

$k_p$  – коефіцієнт розпушення.

Для заданих умов роботи параметри  $q$ ,  $b$ ,  $k_H$ ,  $k_p$  є постійними величинами, а  $c$  і  $H_k$  – змінними. Якщо прийняти  $b \cdot k_p = A$ , то формула (1.22) має вигляд

$$q_{zp} = H_k \cdot c. \quad (1.23)$$

Формула (1.23) встановлює залежність змінних параметрів  $c$  і  $H_k$  від кількості вантажу в ковші за один цикл. На рисунку 1.2 показано графік залежності  $Q = f(H_k, c)$ . З рисунка 1.2 випливає, що всі варіанти роботи екскаватора типу «пряма лопата», розташовані нижче кривої, є невігідними, а ті, що вище кривої, - неможливими. Решта варіантів, а саме ті, що належать кривій графіка, являють собою раціональні варіанти роботи.

Крива графіка з рисунка 1.2, крім крайніх точок, не має екстремумів, тому для пошуку оптимального варіанта треба ввести певні обмеження:

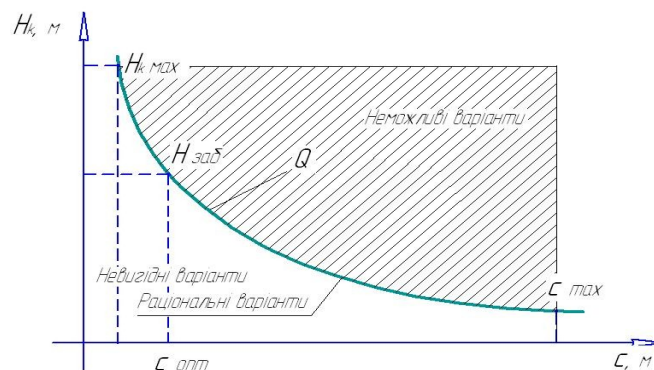
- висота забою  $H_{заб}$  (висота копання) не може бути більшою за відстань між віссю напорного органу та рівнем стоянки екскаватора;

- потужність, яка потрібна для різання ґрунту, не може перевищувати потужності двигуна екскаватора.

З урахуванням обмеження за висотою копання найбільш ефективним буде той режим копання, при якому товщина стружки

$$c' = \frac{q \cdot k_H}{H_k \cdot b \cdot k_p}. \quad (1.24)$$

За першим обмеженням оптимальним слід вважати режим роботи екскаватора, при якому  $H_k = H_{заб}$  (рисунок 1.2).



$H_k \max$  – максимально можлива для екскаватора висота копання;  $H_{заб}$  – найбільш допустима висота забою;  $c \max$  – найбільш можлива товщина стружки

Рисунок 1.2 – Графік зміни товщини стружки «с» від висоти « $H_k$ » копання [1, 2]

З урахуванням обмеження за потужністю двигуна величина товщини стружки має бути

$$c'' = \frac{N \cdot \beta}{k \cdot b \cdot \vartheta} , \quad (1.25)$$

де  $N$  – максимальна потужність двигуна екскаватора;

$\beta$  – коефіцієнт втрат потужності двигуна;

$k$  – питомий опір різанню ґрунту;

$\vartheta$  – швидкість різання ґрунту.

Якщо величина товщини стружки  $c'$ , що розрахована за формулою (1.24), виявиться меншою, ніж  $c''$ , розрахована за формулою (1.25), то оптимальною величиною товщини стружки  $c_{оп}$  треба вважати  $c_{оп} = c'$ . Якщо ж  $c' > c''$ , то  $c_{оп} = c''$ .

Однак при  $c' > c''$  заповнення ковша об'ємом  $q_{зр}$  за один цикл виявиться неможливим, тому копання треба виконувати кілька разів.

Тривалість робочого циклу екскаватора з формули (1.21)

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (1.26)$$

де  $t_1, t_2, t_3, t_4$  – тривалість процесів відповідно різання ґрунту, який становить 30-40 % загальної тривалості  $T$ ; вивантаження ґрунту – 4-8 % загальної тривалості  $T$ ; сумарний час повороту ковша на вивантаження та зворотний поворот до забою – 55-65 % загальної тривалості  $T$  [1, 2].

Для пошуку резервів скорочення тривалості робочого циклу  $T$  (1.26) слід взяти до уваги, що її можна скоротити на 15-20 % за рахунок зменшення кута повороту екскаватора, а також суміщення окремих операцій з поворотом ковша.

## 1.6 Формування і вибір комплектів машин

**Комплект машин** – підібрана за певним критерієм сукупність провідних, допоміжних та обслуговуючих машин і механізмів, призначених для виконання виробничої операції або виду робіт.

Кількість однотипних машин у комплекті має бути раціонально обґрунтованою. Надлишок машин одного типу призводить до простоїв техніки, а нестача – до більш жорсткого режиму роботи, що призводить до погіршення працездатності машин і зростання інтенсивності відмов.

Основною умовою формування комплекту є забезпечення безперервності роботи всіх машин, що входять до його складу. Тому важливою є взаємна відповідність машин комплекту між собою за ознакою функціонального призначення та продуктивності.

Головна машина виконує головний, найбільш складний і трудомісткий елемент роботи. Допоміжні та обслуговуючі машини призначені для створення найсприятливіших умов роботи для головної машини, виконують підготовчі та допоміжні операції.

Розподіл машин на головні та допоміжні є умовним.

Приклад комплекту машин для виконання земляних робіт при глибині промерзання ґрунту до одного метра:

- **роторий екскаватор** прорізає траншею (є головною машиною в комплекті);



- **бульдозер** зламає і зрушує за межі ділянки шматки мерзлого ґрунту (допоміжна машина);

- **одноківшевий екскаватор** розробляє талий ґрунт і завантажує його на автосамоскиди (допоміжна машина);

- **автосамоскиди** – обслуговуючі машини.

Ту саму роботу можна виконати і за допомогою іншої технології та техніки, наприклад розробляти мерзлий ґрунт можна за допомогою буропідривних машин або механічними розпушувачами. Тоді решта комплекту і розподіл його на головні та допоміжні можуть бути іншими. Взагалі вибір того або іншого комплекту проводиться після оцінки ефективності і порівняння кількох варіантів.

Перед формуванням комплекту машин треба виконати такі роботи:

- зібрати дані щодо об'ємів, термінів і умов виконання робіт;

- вибрати відповідну технологію проведення робіт, розподілити технологію на окремі операції, визначити об'єми і терміни виконання робіт по кожній операції;

- визначити головні та допоміжні машини в комплекті;

- визначити показники обраного комплекту за техніко-економічним критерієм з урахуванням продуктивності, витрат енергії, кількості працівників, вартості машино-зміни або одиниці продукції.

За вибраним критерієм аналізують кожен з кількох варіантів і обирають той, який у розглянутих умовах є найбільш раціональним (оптимальним).

Взагалі під час формування комплекту машин слід дотримуватися таких принципів:

- дотримуватися умов щодо забезпечення **комплексної механізації** всіх робіт;

- **головна машина** комплекту обирається виходячи з **заданого темпу** робіт. Іноді замість однієї машини в комплекті використовують декілька машин іншого типу з дещо меншою одиничною потужністю (продуктивністю) – при невеликих об'ємах робіт цим можна заощадити витрати на транспортування і на монтажні операції;

- машини повинні використовуватися в **найбільш раціональних режимах**;

- кількість допоміжних машин у комплекті повинна відповідати об'єму, темпу і фронту робіт. Загальна їхня продуктивність повинна дорівнювати або на 10...20 % перевищувати продуктивність головної машини в комплекті;

- у комплект слід включати переважно машини, що мають однакові або близькі кратні терміни проведення ТО і Р;

- перевагу надають тому комплекту, який має мінімальну вартість машино-зміни, а при однаковій вартості машино-зміни потребує мінімальної кількості обслуговуючого персоналу.

## **Література до розділу 1**

1 Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / С.М. Ашеко, Ф.М. Вашилов, М.Е. Ильин и др.; под ред. А.В. Каракулева. – М.: Транспорт, 1979. – 264 с.

2 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

3 Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов [Текст]: учеб. для сред. проф. образ. / С.Ф. Головин, В.М. Коншин, А.В. Рубайлов и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 464 с.

4 Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.М. Шейнин, А.П. Крившин, Б.И. Филиппов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 336 с.

## **2 ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН**

### **2.1 Технічний стан і надійність машини**

Машина за час експлуатації поступово втрачає свою працездатність. Причиною втрати машиною працездатності є небажані зміни властивостей (параметрів стану) її елементів. Зміни властивостей обумовлені процесами зношування, корозії,

утоми матеріалу, старіння та ін. Параметри стану за своєю суттю є змінними випадковими величинами. Сукупність цих величин, що відображають змінні властивості системи і її елементів у певний момент часу, характеризує технічний стан машини.

**Технічний стан машини** – сукупність схильних до зміни в процесі виробництва або експлуатації властивостей об'єкта, що характеризується в певний момент часу ознаками, встановленими для цього об'єкта технічною документацією.

**Параметр технічного стану (ПТС)** – фізична величина, що змінюється в процесі роботи і характеризує працездатність або справність об'єкта (машини).

ПТС машин і їхніх окремих агрегатів, вузлів і деталей впродовж експлуатації змінюються від номінальних значень, що відповідають технічним умовам на нову машину, до граничних значень.

У теорії експлуатації технічних систем розглядаються кілька видів технічного стану (рисунк 2.1):

- стан технічної справності (стан параметричної придатності);
- стан технічної несправності (стан параметричної непридатності);
- стан функціональної придатності (тобто придатності до роботи);
- стан функціональної непридатності.

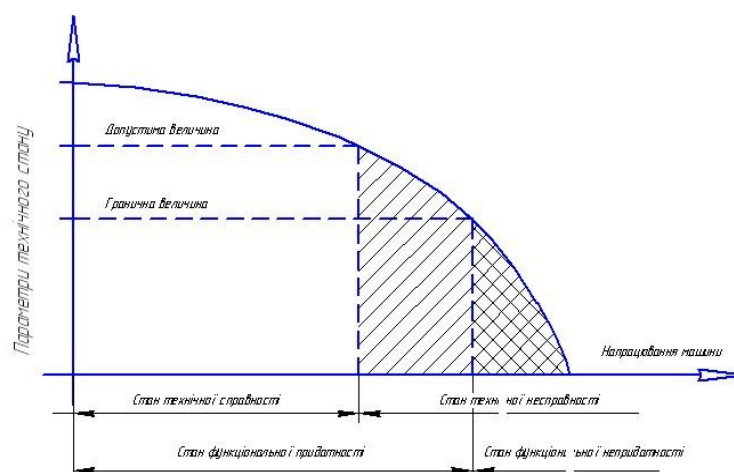


Рисунок 2.1 – Класифікація технічних станів машини

Технічна система вважається технічно справною (параметрично придатною) тоді, коли жоден з параметрів технічної системи, що характеризує її технічний стан, не досягнув допустимої величини. Це означає, що техніко-експлуатаційні властивості системи відповідають тим властивостям, які були закладеними при її проектуванні.

У випадку, якщо ж будь-який з параметрів перевищить граничну величину, система переходить у стан несправності, незважаючи на те, що вона ще здатна виконувати свої основні робочі функції (стан технічної несправності). Однак якість їх виконання системою буде незадовільною.

Перебуваючи у стані технічної несправності, система вже не задовольняє певні технічні вимоги, але це не означає, що вона негайно має бути виведена з експлуатації. Це слід розглядати як сигнал для того, що протягом певного часу система має бути підданою ТО і Р, і тільки після цього, можливо, вона буде здатною для подальшої експлуатації.

Нарешті, коли хоча б один з параметрів технічного стану досягне граничної величини, система не здатна виконувати робочі функції, тобто переходить у стан функціональної непридатності.

## 2.2 Характеристика змін технічного стану машин

Незважаючи на випадковий характер зміни ПТС, дослідженнями встановлено, що розсіювання ресурсу однакових вузлів машин і швидкість зміни параметрів їхнього стану відбувається **не хаотично, а має певну закономірність** (рисунок 2.2).

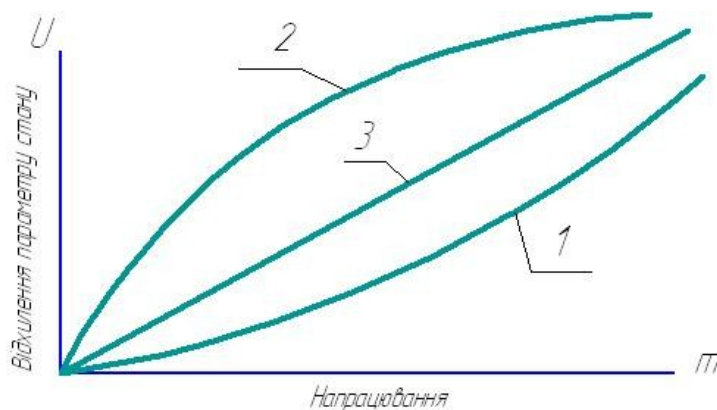


Рисунок 2.2 – Зміна параметра  $U$  технічного стану машини від напрацювання  $m$

У загальному вигляді закономірність зміни ПТС описується рівнянням

$$U = V \cdot m^\alpha + Z, \quad (2.1)$$

де  $V$  – швидкість зміни ПТС;

$m$  – напрацювання;

$\alpha$  – показник міри функції;

$Z$  – випадкове відхилення фактичної зміни ПТС від теоретичного закону під впливом змін експлуатаційних чинників.

При  $Z=0$  та  $\alpha=1$  функція (2.1) є лінійною.

Значення " $\alpha$ " для деяких ПТС двигунів внутрішнього згоряння становить [1]:

1 Гази, що прориваються до картера:	
- до заміни поршневих кілець	1,3
- після заміни поршневих кілець	1,5
2 Зазори у кривошипно-шатунному механізмі	1,4
3 Знос кулачків вала-розподільника	1,1
4 Радіальний зазор у підшипниках кочення і ковзання	1,5
5 Знос шліців валів	1,0
6 Знос зубів шестерень за товщиною	1,5
7 Знос валиків, пальців, осей	1,4
8 Потужність двигуна внутрішнього згоряння	0,8...1,0
9 Чад картерної оливи	2,0
10 Знос посадочних місць корпусних деталей	1,04

У разі складностей з підбором функції зміни параметрів функцію визначають на підставі емпіричних даних (експериментальних досліджень), а за апроксимуючу функцію обирають поліном вигляду

$$U = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \dots + a_n t^n, \quad (2.2)$$

де  $a_0$  – коефіцієнт, що дорівнює початковій величині  $U_0$  параметра;

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  – коефіцієнти, що відображають характер і ступінь впливу умов експлуатації на зміну ПТС.

Точність апроксимації функції буде тим більшою, чим більшою є кількість  $n$  членів полінома (2.2).

Для вирішення багатьох інженерних завдань, наприклад зміни технічного стану або визначення періодичності ТО і Р елементів машин, необхідно знати закон розподілу їх напрацювань до настання граничного стану (розподіл відмов). Зокрема необхідно визначити середнє напрацювання (ресурс) і як окремі ресурси групуються навколо середнього значення.

Закони розподілу випадкових величин напрацювань до граничного стану залежать від причин виникнення відмов. Найчастіше відмови елементів машин підкоряються нормальному закону розподілу, наприклад відмови, пов'язані зі зношуванням. Відмови через перевищення граничних напружень у конструкціях машин добре узгоджуються з експоненціальним законом, а через старіння – із законом Вейбулла. Для нормального закону розподілу крива щільності вірогідності має симетричну форму (рисунок 2.2) і описується рівнянням

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-t_{cp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.3)$$

де  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;

$e$  – основа натуральних логарифмів;

$t$  і  $t_{cp}$  – поточне і середнє значення величини напрацювання.

Відомо, що чим більшим є  $\sigma$ , тим меншою є висота  $H$ , і тому тим більш плоскою є крива  $f(t)$  і при менших напрацюваннях починають відмовляти елементи конструкції. Крім того, нормальний закон розподілу має такі властивості:

- абсциса висоти, що визначається з формули  $H = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ , відповідає середньому напрацюванню  $T_{cp}$ , а суми щільності вірогідності ліворуч і праворуч від  $T_{cp}$  дорівнюють 0,5 (50 %);

- ділянка абсциси під всією кривою дорівнює  $6\sigma$ , а кожна  $\sigma$ , відкладена від  $T_{cp}$ , охоплює площі, величина яких вказана на рисунку 2.3.

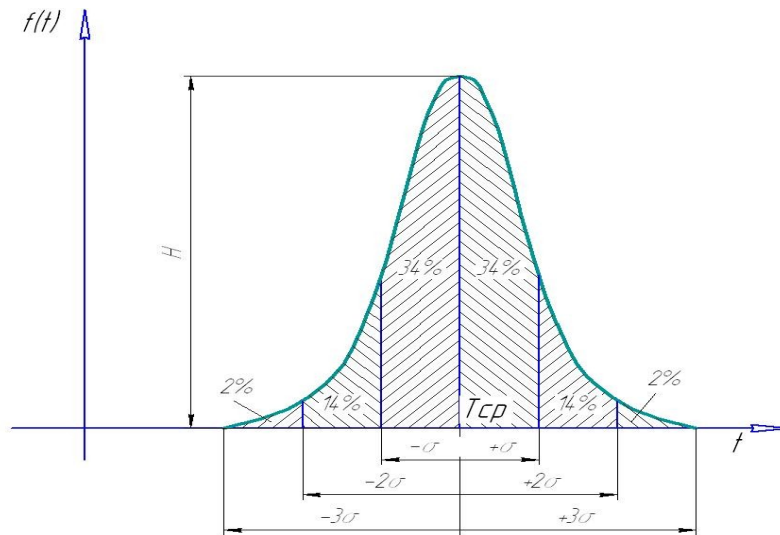


Рисунок 2.3 – Нормальний закон розподілу випадкового напруцювання окремого елемента машини [2]

Зміну технічного стану машин найзручніше розглядати за вірогідністю безвідмовної роботи (функцією надійності)

$$p(t) = N(t) / N_0, \quad (2.4)$$

де  $N(t)$  – кількість машин (агрегатів), що залишилися працездатними за період напруцювання;

$N_0$  – первинна кількість машин (перед випробовуванням).

Для оцінки надійності машини можна використати також вірогідність відмов  $q(t)$ , яка пов'язана із  $p(t)$  залежністю

$$p(t) + q(t) = 1. \quad (2.5)$$

Графік функції  $p(t)$  для загального випадку показаний на рисунку 2.4.

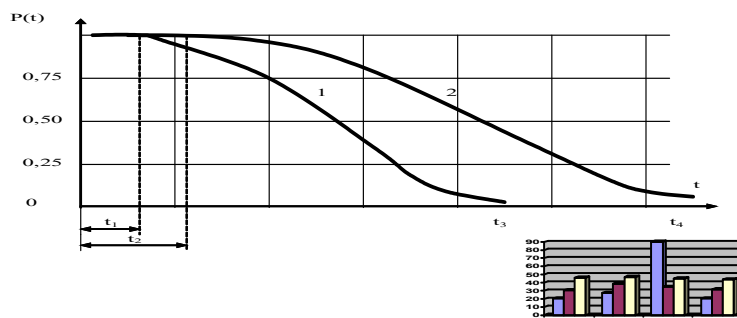


Рисунок 2.4 – Вірогідність безвідмовної роботи  $P(t)$ :  $t_1$  і  $t_2$  – напрацювання, упродовж якого відмови машин були відсутні;  $t_3$  і  $t_4$  – відповідно напрацювання, після якого відмовили майже всі машини [3]

Крива 1 характерна для машин, працездатність яких у процесі експлуатації не підтримується (відсутнє ТО) і не відновлюється (поточні та інші ремонти не виконуються), крива 2 – для машин, які в процесі експлуатації піддаються плановим технічним діям з відновлення працездатності. З графіка видно, що в разі виконання заходів з ТО і Р вірогідність безвідмовної роботи машини зростає, а практичним наслідком цього процесу є загальне зростання терміну служби машин.

Зміни значної частини ПТС машин у процесі експлуатації не є значними. Так, потужність двигуна автомобіля за період напрацювання до капітального ремонту зменшується приблизно на 5 %. Більш суттєвими змінами (у 3-4 рази) позначаються такі параметри, як витрати змащувальних олив, прорив газів до картера, тривалість запуску холодного двигуна [4].

На зміну ПТС машини впливає велика кількість конструктивних, виробничих та експлуатаційних чинників.

**До конструктивних і виробничих чинників** належать якість виготовлення, складання, обкатки, конструктивні особливості і структура окремих елементів, їхній взаємозв'язок у машині, а також фізико-механічні властивості застосованих матеріалів (твердість, шорсткість і т. п.). Вплив цих чинників можна проілюструвати такими прикладами.

Ресурс насоса 223-20, який перед експлуатацією не був обкатаним, у 1,5-2 рази є меншим, ніж в обкатаного [3]. Зі зменшенням від 0,3 до 0,2 мм сумарного зазора у з'єднаннях шатунно-поршневої пари того самого насоса значно знижується динамічна складова зусилля під час переходу поршнів через мертву точку і відповідно збільшується вірогідність його безвідмовної роботи [2]. Відхилення кута випередження запалення карбюраторного двигуна від оптимального тільки на  $1^\circ$  призводить до збільшення витрат палива на 1-1,5 % і до зниження потужності на 1-2 % [3].



До експлуатаційних чинників належать режими навантаження, зовнішні кліматичні умови, способи і рівень проведення ТО і Р, інтенсивність використання машини впродовж зміни, доби, року, індивідуальні особливості оператора, що управляє машиною, і т. д. Вплив експлуатаційних чинників ілюструють такі приклади.

Довговічність шестерінчастого насоса НШ-67, що працює в районах Середньої Азії, приблизно у три рази менше довговічності того самого насоса, що працює в середній географічній смузі [3]. Знос деталей двигуна автомобіля ГАЗ-63 при збільшенні частоти обертання колінчастого вала від 1600 до 2400 хв<sup>-1</sup> зростає утричі [3]. Показники надійності гідропривода трактора К-700 знижуються в декілька разів при роботі на гідравлічній рідині, що не відповідає технічним умовам за в'язкістю, наявністю абразивних частинок і продуктів зносу [3].

Саме експлуатаційні чинники є причиною більш ніж 50 % відмов тракторів будівельних і дорожніх машин (МТЗ-82 та Т-130М [8]) після напрацювання ними більше 3 тис. год.

В ідеальному випадку на першому етапі експлуатації (у період припрацювання –  $t_0$ ) вузла (рисунок 2.5) спостерігається інтенсивна зміна ПТС, потім інтенсивність зміни параметра знижується (період  $t_p$ ) і зберігається приблизно постійною за період сталого зношування. З настанням інтенсивного зношування (період  $t_i$ ) подальша експлуатація вузла є недопустимою.

Підвищення якості припрацювання дозволяє значно зменшити зміну ПТС і відповідно збільшити ресурс вузла (машини) на величину  $\Delta t$ .

Навпаки, внаслідок контрольних розбирань вузлів, що проводяться в процесі експлуатації, їх ресурс знижується на  $\Delta t$  через появу додаткового періоду припрацювання з'єднань, що піддавалися такому розбиранню.

Це викликає зміну ПТС різної інтенсивності. Непостійна інтенсивність зміни параметра обумовлена різними режимами експлуатації в окремі періоди роботи машин (різними навантаженнями, температурними умовами, запиленним повітрям, неправильністю регулювальних характеристик вузлів, нестачею мастила і т. п.).



Інтенсивність зношування  $\alpha$  та  $\beta$  деталей зазвичай є різною ( $\beta > \alpha$ ), тому в кінці періоду 1, прагнучи відновити номінальний зазор  $S_{H1}$ , менш стійку деталь  $B$  замінюють на запасну деталь  $B'$

Передчасне розбирання системи або агрегата машини призводить до скорочення її ресурсу. Так, після розбирання автомобільного двигуна навіть без жодної заміни деталей його ресурс зменшується на 20 % через погіршення з'єднань і необхідність додаткового припрацювання пар тертя [5].

Після відновлення зазора (у періоди 1' та 2') інтенсивність зношування збільшується,  $\alpha' > \alpha$ , а  $\beta' > \beta$ . Робота з'єднання триває до граничного зносу  $I_{A \max}$  більш зносостійкої деталі  $A$ , коли сумарний зазор у з'єднанні досягне величини  $S_{GP}$ . Період від початку роботи з'єднання до моменту досягнення  $I_{A \max}$  є ресурсом деталі  $A - L_{PA}$ .

Періоди процесу зношування після відновлення зазора позначені 1' та 2'.

За відносним середнім терміном служби деталі конструкцій будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машин поділяють [6] на п'ять груп (рисунок 2.7).

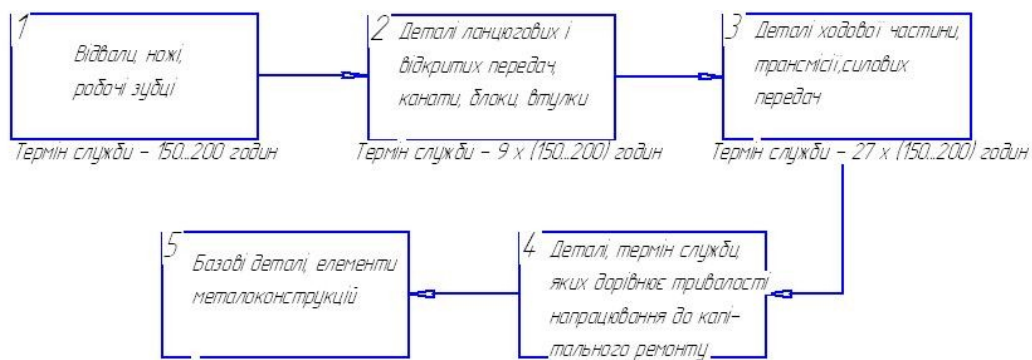


Рисунок 2.7 – Класифікація деталей будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машин за терміном служби [6]

### 2.3 Оптимізація витрат на підтримку надійності машин

Сучасний рівень науки і техніки дозволяє створювати машини з найвищим рівнем надійності. Але сама по собі надійність машини не є самоціллю.

Врешті-решт найбільш важливою для підприємства є величина мінімальних середніх питомих витрат на придбання і підтримку машин у працездатному стані, які забезпечують сталу, максимально можливу в даних умовах продуктивність. Тобто за **критерій оптимізації витрат на підтримку надійності машин** у сфері експлуатації приймають співвідношення

$$c_{num} = \frac{C}{\Pi} = (c_{np} + c_{ek}) \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

де  $c_{num}$  – загальні середні питомі витрати;

$C$  – сума витрат на придбання та експлуатацію машини;

$\Pi$  – задана продуктивність машини;

$c_{np}$  – середні питомі витрати на придбання машини;

$c_{ek}$  – середні питомі витрати на експлуатацію машини.

Зі збільшенням напрацювання  $t$  машини (рисунок 2.8) питомі витрати  $c_{np}$  на придбання машини зменшуються, а питомі витрати на експлуатацію  $c_{ek}$  збільшуються, тому існує таке напрацювання  $t_p$ , при якому загальні питомі витрати  $c_{num}$  будуть мінімальними. Саме це напрацювання доцільно вважати оптимальним ресурсом машини, а відхилення від нього в один або інший бік призводить до підвищення загальних питомих витрат.

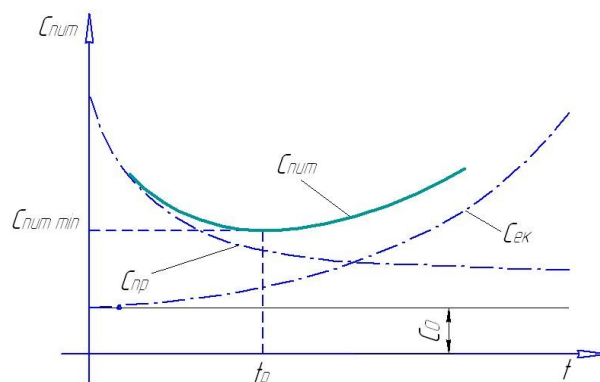


Рисунок 2.8 – Залежність загальних питомих витрат  $c_{num}$  від напрацювання  $t$  машини

Мінімальна величина питомих витрат розраховується за формулою [2]

$$c_{\text{min min}} = \frac{C_0}{t_p} \left(1 + \frac{1}{n}\right) + c_{\text{ТО}}, \quad (2.7)$$

де  $C_0$  – вартість виготовлення машини;

$n$  – коефіцієнт, що вказує на те, у скільки разів у проміжок напрацювання на ресурс  $t_p$  витрати на підтримку надійності є меншими за вартість виготовлення машини;

$c_{\text{ТО}}$  – середні питомі витрати на технічне обслуговування.

## 2.4 Управління надійністю машин при експлуатації

Напрацювання  $t_p$  є величиною **ресурсу машини до першого капітального ремонту**. Після проведення першого капітального ремонту експлуатація машини триває до настання другого та наступних за номером капітальних ремонтів. Напрацювання машини між двома суміжними капітальними ремонтами називають **міжремонтним ресурсом**.

Міжремонтний ресурс приблизно на 20 % є меншим за ресурс до першого капітального ремонту [2]. Питомі витрати на кожному з них розраховують за формулою (2.7), де замість величини  $C_0$  слід врахувати вартість попереднього капітального ремонту.

Аналіз залежності (2.7) дозволяє сформулювати **основні шляхи управління експлуатацією машин** за критерієм мінімальних витрат на підтримку її надійності:

а) зменшення вартості виготовлення машини  $C_0$  без втрати нею базового рівня надійності, що можливо за рахунок скорочення витрат у сфері проектування та виробництва;

б) проводити заходи, при яких темпи збільшення ресурсу  $t_p$  випереджають темпи зростання витрат на придбання і на експлуатацію машини. Це можливо досягнути:

- за рахунок збільшення ресурсу тих елементів, що обмежують надійність машини;

- зменшенням розсіювання ресурсу елементів машини;

- покращенням ремонтоздатності машини, що зменшує трудомісткість експлуатації і тривалість простоїв;

в) зменшення витрат на технічне обслуговування  $c_{TO}$  (без зростання вартості виготовлення машини  $C_0$  та без зменшення ресурсу  $t_p$ ).

Практична можливість управління експлуатацією можлива шляхом управління використання ресурсу машин, а використання ресурсу, у свою чергу, можливо контролювати за допомогою питомих витрат на запасні частини  $c_{зч}$ , що були спожитими за час напрацювання  $t$  [2]:

$$c_{зч}(t) = \frac{b}{1 + A + B + C} \cdot t^n, \quad (2.8)$$

де  $b$  – коефіцієнт степеневої функції, який визначається шляхом апроксимації функції змін витрат на запасні частини за певний період напрацювання машини;

$A$ ,  $B$ ,  $C$  – коефіцієнт співвідношення витрат на запасні частини відповідно до трудових витрат, витрат на матеріали та компенсацію простоїв на технічне обслуговування машини за певний період напрацювання.

Управління використанням ресурсу машини шляхом контролю витрат на запасні частини здійснюється у такій послідовності.

1 Встановлюють сумарні витрати  $C_{зч}$  на запасні частини за період відпрацювання ресурсу  $t_p$ .

2 Розраховують питомі витрати на запасні частини на окремих інтервалах напрацювання ресурсу за формулою  $c_{іпх} = C_{зч}/d$ , де  $d$  – кількість однакових інтервалів, на яку поділено ресурс  $t_p$ .

3 У подальших розрахунках величини  $c_{іпх}$  розглядаються як базовий норматив витрат на ресурс  $t_p$  для певної моделі машини.

4 При подальшій експлуатації машини контролюють поточну величину питомих витрат на запасні частини і коли вона зрівняється з нормативним показником  $c_{іпх}$ , приймають рішення про необхідність виконання чергового капітального ремонту або про списання машини.

5 Співвідношення величин ресурсу  $t_p$  до першого капітального ремонту і міжремонтного ресурсу вказує на те, чи правильно є експлуатація машини.

6 Для систематичного контролю технічного стану машини, контролю використання ресурсу, для виявлення фактів неправильної експлуатації та своєчасного їх усунення доцільно встановити норми витрат запасних частин на кожний інтервал ресурсу. Далі фактичні витрати запасних частин порівнюють з нормативними.

## **2.5 Техніко-економічне значення організації належного рівня ТО та ремонту машин**

Підвищення одиничної вартості машин, якщо воно не супроводжується підвищенням їхньої продуктивності, веде до збільшення витрат на амортизаційні відрахування та погіршення економічних показників роботи. Зменшення цих витрат можна досягнути за рахунок:

а) підвищення надійності машин (це призводить до подовження амортизаційного періоду);

б) підтримки певного технічного стану і відновлення працездатності машин шляхом створення системи відповідного рівня ТО і Р.

Заходи з підвищення надійності та проведення робіт з ТО і Р пов'язані з додатковими витратами. З рисунка 2.9 видно, що чим ближче величина надійності до одиниці, тим більші витрати потрібні для її досягнення.

Так, для досягнення приросту надійності  $\Delta P_2$  необхідні значно більші витрати  $\Delta B_2$ , ніж для досягнення приросту надійності  $\Delta P_1$ . Отже, прагнення досягнення 100 % надійності машини або вузла з точки зору економічності є неефективним, а з технічної точки зору – не завжди здійсненим, тому для кожної машини бажаний рівень надійності обирається, спираючись на техніко-економічні міркування.

Тому є доцільним після будь-якої відмови машини не замінювати її на нову, а організувати періодичну підтримку і відновлення її працездатності. Крім того, складність і висока вартість сучасних машин, а також неодночасність виходу з ладу

їхніх складових частин вимагають не заміни машини на нову, а саме відновлення її працездатності.

Роботу з попередження і усунення відмов машин, що періодично з'являються, проводять за рахунок заходів з обслуговування і ремонту. Зокрема ремонтне виробництво не створює нових машин, а лише відновлює втрачені протягом експлуатації їхні якісні властивості.

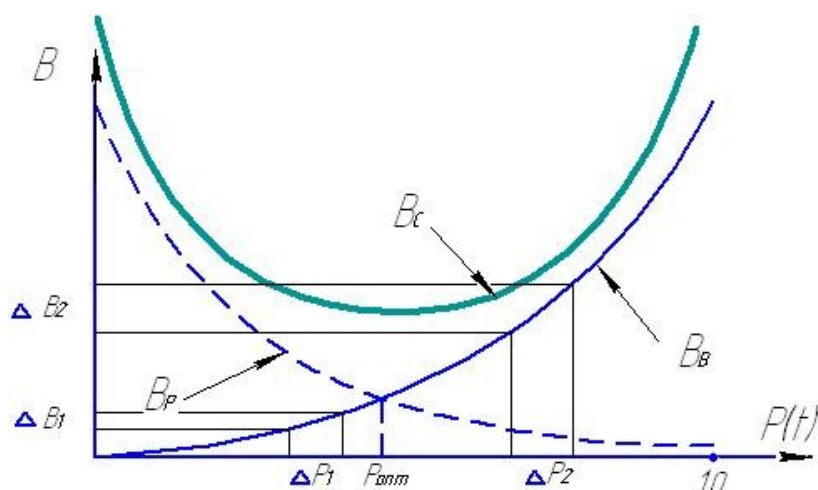


Рисунок 2.9 – Залежність витрат на виготовлення машини  $B_B$  та витрат на її технічне обслуговування і ремонт  $B_P$  від її надійності  $P(t)$

Техніко-економічна доцільність виконання ремонтів машин ілюструється рисунком 2.10. На початку експлуатації працездатність машини становить  $P = 1,0$ . Внаслідок експлуатації машина зношується (термін служби  $T_1$ ), і хоча її працездатність періодично підтримується технічним обслуговуванням  $ТО$  і поточним ремонтом  $ПР$ , все ж таки відбувається зниження її працездатності до гранично допустимої величини  $P_{sp}$ , нижче за яку експлуатація машини з технічних або економічних міркувань недоцільна. У цьому випадку машина потребує або списування, або відновлення за допомогою капітального ремонту.

Але й після капітального ремонту  $КР$  працездатність машини може лише наблизитися до номінальної, отже виявиться меншою за неї через накопичення втоми деталей і зносу певних базових вузлів, які не можуть бути повністю замінені під час ремонту. Отже, термін служби  $T_2$  машини після капітального



ремонту  $KP$  до нового терміну досягнення нею граничного стану працездатності буде меншим, ніж  $T_1$ .

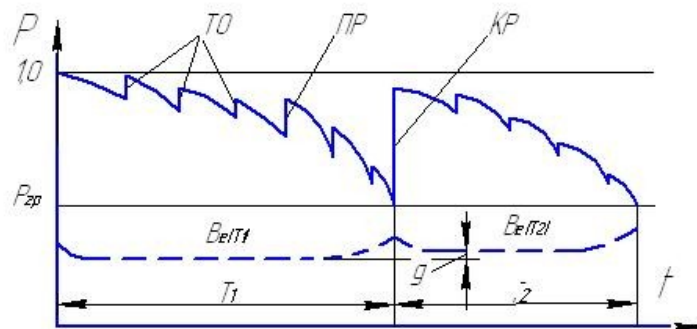


Рисунок 2.10 – Модель змін надійності машини  $P$  та вартості витрат  $B$  на її експлуатацію впродовж терміну служби

Таким чином, капітальний ремонт  $KP$  дозволяє використовувати машину протягом більш тривалого терміну та мати економію витрат на її відновлення (за рахунок зменшення амортизаційних відрахувань). Разом з тим після капітального ремонту зростає інтенсивність відмов, що обумовлює зростання на величину  $q$  витрат на експлуатацію:  $B_{e2} > B_{e1}$ .

Вартість капітального ремонту машини зазвичай не перевищує 50-70 % вартості нової машини [6, 7].

Отже, за період своєї служби машина може піддаватися кільком капітальним ремонтам. Але в разі незадовільної якості капітальних ремонтів зростання ресурсу машини може виявитися меншим, ніж зростання відповідних витрат. Так, за даними роботи [4], якщо ресурс вантажного автомобіля при одному капітальному ремонті прийняти за 100 %, то ресурс до списання при двох капітальних ремонтах становить 111 %, а при трьох – 118 %. Та сама тенденція відмічається і зі змінами обсягів транспортної роботи. До першого капітального ремонту автомобіль виконує перевезення 68-70 % вантажів, які перевозяться ним за весь термін служби [4].

Таким чином, технічна суть заходів з обслуговування і ремонту машин полягає в тому, що вони є засобом збереження і відновлення показників надійності та працездатності машин. При цьому збереження досягається експлуатаційними заходами – технічним обслуговуванням (ТО) і поточним ремонтом, а відновлення – за рахунок капітального ремонту.

Взагалі економічно доцільний термін служби машини становить, років,

$$T = \sqrt{\frac{C - \delta}{g}}, \quad (2.9)$$

де  $C$  – ціна нової машини з урахуванням її доставки;

$\delta$  – ліквідаційна ціна списаної машини;

$g$  – приріст експлуатаційних витрат за рахунок старіння і зносу машини.

В умовах прискорення технічного прогресу при визначенні терміну служби машини необхідно враховувати і її моральний знос. Критерієм морального зносу є коефіцієнт зниження вартості машини унаслідок технічного прогресу

$$\alpha = \frac{C_o - C_e}{C_o}, \quad (2.10)$$

де  $C_o$  та  $C_e$  – відповідно первинна вартість машини і вартість відновлення машини з урахуванням зниження її первинної вартості через моральний знос.

Доцільна кількість капітальних ремонтів машини визначається формулою

$$N = \frac{T(1 - \alpha)}{T_u - 1}, \quad (2.11)$$

де  $T_u$  – середня тривалість ремонтного циклу.

## Література до розділу 2

1 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

2 Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.М. Шейнин, А.П. Крившин, Б.И. Филиппов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 336 с.

3 Харазов, А.М. Методы оптимизации в технической диагностике [Текст] / А.М. Харазов, С.Ф. Цвид. – М.: Машиностроение, 1983. – 132 с.

4 Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Ф.Н. Авдонькин. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. – 288 с.

5 Колесник, П.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] / П.А. Колесник, В.А. Шейнин. – М.: Транспорт, 1985. – 325 с.

6 Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / С.М. Ашеко, Ф.М. Ващилов, М.Е. Ильин и др.; под ред. А.В. Каракулева. – М.: Транспорт, 1979. – 264 с.

7 Бардышев, О.А. Организация обслуживания техники на транспортных стройках Севера [Текст] / О.А. Бардышев, Н.Г. Гаркави, А.М. Ратнер. – М.: Транспорт, 1982. – 272 с.

8 Кравченко, И.Н. Основы надежности машин [Текст]: учеб. пособие / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин, Г.И. Бондарева. – М.: Изд-во, 2007. – ч. I. - 224 с.

### **3 ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН**

#### **3.1 Сутність і елементи технічної експлуатації машин**

Будь-яке виробництво для виконання поставлених перед ним завдань має у своєму розпорядженні певні виробничі фонди. Активною частиною цих фондів є машини, механізми та устаткування.

Експлуатація машин має відповідати загальним вимогам, викладеним у відповідних керівних документах, наприклад у ГОСТ 25646-95 [1], і в експлуатаційній документації.

У загальному вигляді експлуатація містить такі етапи [1]:

- використання машини за призначенням;
- транспортування;
- технічне обслуговування;
- ремонт;
- зберігання.

З моменту, коли починається експлуатація машини, виникають і паралельно протікають два органічно пов'язані процеси:

- погіршення властивостей машини (через фізичний знос);
- перенесення вартості машини на продукцію (зношення).

Через фізичний знос погіршується робоча функція машини, зростає інтенсивність її відмов, тобто виникає небажана зміна технічного стану машини. Для відновлення функцій, що поступово втрачаються машиною, до неї необхідно вжити певних заходів з технічної експлуатації, які супроводжуються витратою матеріалів і праці.

**Технічна експлуатація машин** – наука про закономірності змін технічного стану в процесі експлуатації, методи підтримки працездатності машин при мінімальних питомих витратах у заданих експлуатаційних умовах.

Технічну експлуатацію машин як дисципліну можна розглядати з двох точок зору: наукових і практичних заходів.

З наукової точки зору ця дисципліна визначає найбільш ефективні шляхи і методи управління технічним станом машин при оптимальних виробничих витратах.

Технічна експлуатація машин з практичної точки зору – це комплекс технічних, технологічних, економічних та організаційних заходів, спрямованих на підтримку техніки в справному стані.

### **3.2 Задачі технічної експлуатації машин**

1 Вивчення умов використання машин, видів робіт і процесів, що мають виконуватися машиною.

2 Практичні методи визначення технічного стану машин і заходи з підтримки їхньої працездатності при мінімальних питомих витратах.

3 Управління, обслуговування, транспортування і зберігання машин.

4 Умови роботи машини і технічні засоби, які мають вживатися для їх утримання.

5 Вивчення видів ремонтно-експлуатаційних баз.

6 Вивчення систем постачання запасними частинами, умов зменшення кількості простоїв машин через несправності та зниження витрат на їх обслуговування.

**Технічна експлуатація** машин складається з таких етапів [2, 3]:

- а) приймання і обкатка машин;
- б) технічне обслуговування, усунення несправностей і ремонт;
- в) діагностування і прогнозування залишкового ресурсу вузлів машин;
- г) збереження машин у певний період часу, коли вони не використовуються за призначенням;
- д) забезпечення машин експлуатаційними матеріалами.

На первинній стадії експлуатації [1] машин відбувається їх приймання і обкатка.

**Приймання машин.** Нові або відремонтовані машини потрібно ретельно оглянути, перевірити комплектність, наявність пломб, інструменту і запасних частин. У разі виявлення нестачі деталей або інструменту, а також значної несправності складальних одиниць складають акт, який є підставою для подачі рекламачії заводу-виробнику або ремонтному підприємству.

На придбану підприємством машину має додаватися така документація:

- технічний опис;
- інструкція з експлуатації;
- формуляр машини;
- технічний паспорт.

Машині також присвоюється індивідуальний номер і відкривається реєстраційна картка обліку.

**Обкатка машин.** Задачею обкатки є припрацювання пар тертя і утворення умов для мінімальної швидкості зношування. Швидкість зношування визначається наявністю масляної плівки на поверхні тертя. Режим змащування характеризується коефіцієнтом зовнішнього тертя. Наприклад, в умовах змішаного режиму змащення коефіцієнт тертя для пари «сталь-чавун» становить 0,01...0,08, а при граничному 0,05...0,12 [4].

За роботами І.Г. Крагельського, коефіцієнт тертя суттєво впливає на параметри зношування пари, а саме відношення

зношування ( $I_1, I_2$ ) двох тіл є пропорційним до відношення коефіцієнтів тертя ( $f_1, f_2$ ) у степені « $y$ » [5]:

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^y. \quad (3.1)$$

Треба мати на увазі, що показник « $y$ » для пари тертя зі сталі в умовах від рідинного до сухого тертя змінюється від 3 до 15 [6].

Не припрацьовані між собою поверхні пари тертя характеризуються непаралельністю поверхонь, хвилястістю, шорсткістю, мікронерівностями та недостатньою площею контакту.

Обкатка машин передбачає поступове зростання навантажень: тягових, швидкісних і температурних. Для досягнення мінімальної швидкості зношування деталей обкатка виконується у два етапи. На першому етапі виконується заводська обкатка – за методикою і правилами заводу-виробника. Другий етап відбувається при введенні машини в експлуатацію.

Наприклад, основними показниками обкатки при введенні в експлуатацію нових тракторів є такі:

- перший режим обкатки – робота машини без навантаження упродовж 1,5-2,0 год;
- другий – наступні 4,0-6,0 год – робота з навантаженням, що дорівнює 25 % номінальних;
- третій – упродовж 9,0-12,0 год робота з 50 % навантаженням;
- четвертий – упродовж 15,0-20,0 год робота машини з 75 % навантаженням.

Таким чином, обкатка нових машин при введенні їх в експлуатацію займає певний період часу, при цьому на кожному етапі обкатки здійснюється робота при різному навантаженні відповідно до рекомендацій заводу-виробника. Під час обкатки контролюють температурний режим усіх вузлів і агрегатів, а також періодично перевіряють показання контрольно-діагностичних приладів.

Після обкатки складають акт про передачу машини в експлуатацію, у якому зазначається тривалість і режим обкатки, витрати палива та інші особливості процесу.

### 3.3 Система технічного обслуговування і ремонту машин

Для реалізації основних положень і задач технічної експлуатації машин застосовується певний комплекс заходів, що називається **системою технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р)** [2, 3, 7, 8]. Метою системи ТО і Р є управління технічним станом машин протягом усього терміну служби, що дозволяє забезпечити:

- заданий рівень готовності машин до їх використання за призначенням;
- працездатність машин під час їхньої експлуатації;
- мінімальних витрат часу, праці та засобів на виконання робіт з ТО і Р.

Система ТО і Р складається з технічних засобів; документації з технічного обслуговування і ремонту; виконавців робіт з підтримки і відновлення працездатності машин (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Складові системи технічного обслуговування і ремонту машин

До складу технічних засобів ТО і Р входять обладнання, прилади, пристосування, інструмент і запасні частини.

Нормативно-технічна документація – це документи, що регламентують виконання робіт з ТО і Р (періодичність, послідовність, технічні вимоги). Основними технічними вимогами до ТО і Р є:

- міжконтрольне напрацювання;

- допустимі величини параметрів;
- залишковий ресурс агрегату;
- якісні ознаки стану системи (зниження потужності, збільшення витрат палива та ін.).

Виконавцями ТО і Р є майстри, слюсарі та інші працівники.

Система ТО і Р машин передбачає виконання певних операцій, які виконуються після напрацювання машиною обумовленого часу або обсягів роботи.

Система ТО і Р складається з таких елементів:

- експлуатаційна обкатка;
- періодичне ТО;
- ТО в особливих умовах;
- поточний і капітальний ремонт машин.

**Експлуатаційна обкатка** – комплекс операцій, що виконуються з метою підготовки машини (нової або капітально відремонтованої) до виробничої експлуатації та забезпечення умов нормального припрацювання поверхонь у парах тертя.

До складу **періодичних ТО** входять:

- щозмінне обслуговування (ЕО);
- перше ТО (ТО-1);
- друге ТО (ТО-2);
- третє ТО (ТО-3);
- сезонне технічне обслуговування (СО).

Операції попереднього менш складного ТО є частиною наступних більш складних ТО. Наприклад, при виконанні ТО-3 спочатку виконують операції ЕО, ТО-1, ТО-2, а потім додаткові – власне операції ТО-3. Кількість і періодичність обслуговувань для кожної машини встановлюється відповідною документацією. Наприклад, для дорожніх машин кількість рекомендованих обслуговувань за міжремонтний цикл становить (ТО-1) = 96; (ТО-2) = 18; (ТО-3) = 5; (КР) = 1, а періодичність відповідно (50/250/1000/6000) год [9].

Структура міжремонтного циклу для дорожніх машин показана на рисунку 3.2.

Сезонне обслуговування виконується під час підготовки машини до весняно-літнього або осінньо-зимового періоду роботи. При цьому СО виконують одночасно з черговим ТО.



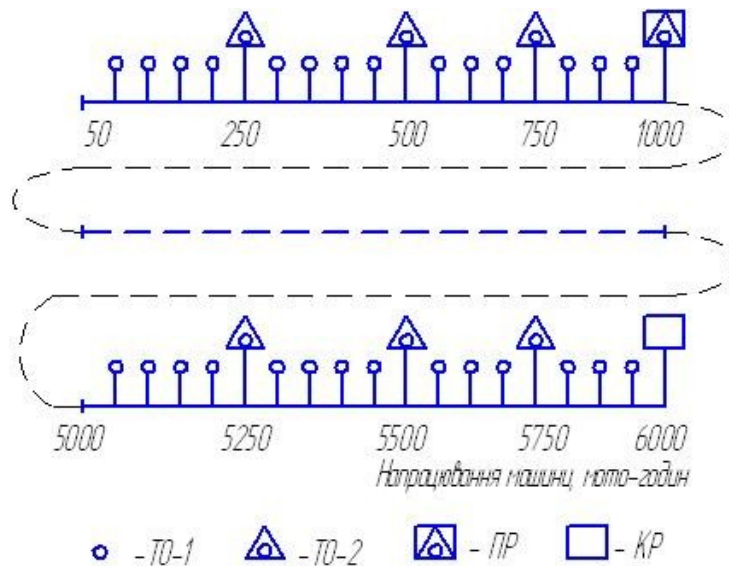


Рисунок 3.2 – Типова структура міжремонтного циклу для дорожніх машин [9]

**ТО в особливих умовах** передбачає операції поточних видів ТО, а також додатково такі, що викликані умовами регіону або зони роботи машини (при низьких температурах, в умовах пустель, високогір'я, на болотних, піщаних і кам'янистих ґрунтах).

У практиці експлуатації машин виділяють три **основні системи** (стратегії) виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту.

В основу **першої** з цих систем покладено планово-запобіжний принцип. Плановий характер цієї системи обумовлений тим, що машину піддають впливу ТО і Р у запланованому порядку після напрацювання нею обумовленого обсягу роботи. Запобіжність полягає в тому, що основний обсяг робіт з обслуговування машини виконується запобіжно, тобто до моменту відмови. При цьому параметри машини відновлюють у разі перевищення їхньої допустимої величини.

Технічні дії (заходи), що застосовуються до машини в процесі експлуатації, поділяються на дві групи. Першою групою заходів є технічне обслуговування, завданням якого є підтримка певного рівня працездатності машини. Завданням другої групи заходів – ремонту – є відновлення втраченого машиною рівня працездатності в тому випадку, коли засобами технічного

обслуговування підтримувати задовільний рівень працездатності машини вже неможливо [3, 10].

Отже, **технічне обслуговування (ТО)** – комплекс заходів з підтримки справності та працездатності машини при її використанні за призначенням, зберіганні і транспортуванні. ТО фінансуються за рахунок кошторису виробництва. Основна мета ТО – відтермінування моменту досягнення машиною свого граничного стану. Це досягається за допомогою заходів з попередження відмов і несправностей машини.

**Ремонт (Р)** – комплекс заходів з відновлення справності або працездатності машини. Це складні дії, що виконуються в умовах спеціалізованих ремонтних підприємств і фінансуються за рахунок тієї частини амортизаційних відрахувань, які виділяються на капітальний ремонт машини.

У загальному випадку ТО можна розглядати як систему, графічна модель якої подана на рисунку 3.3.

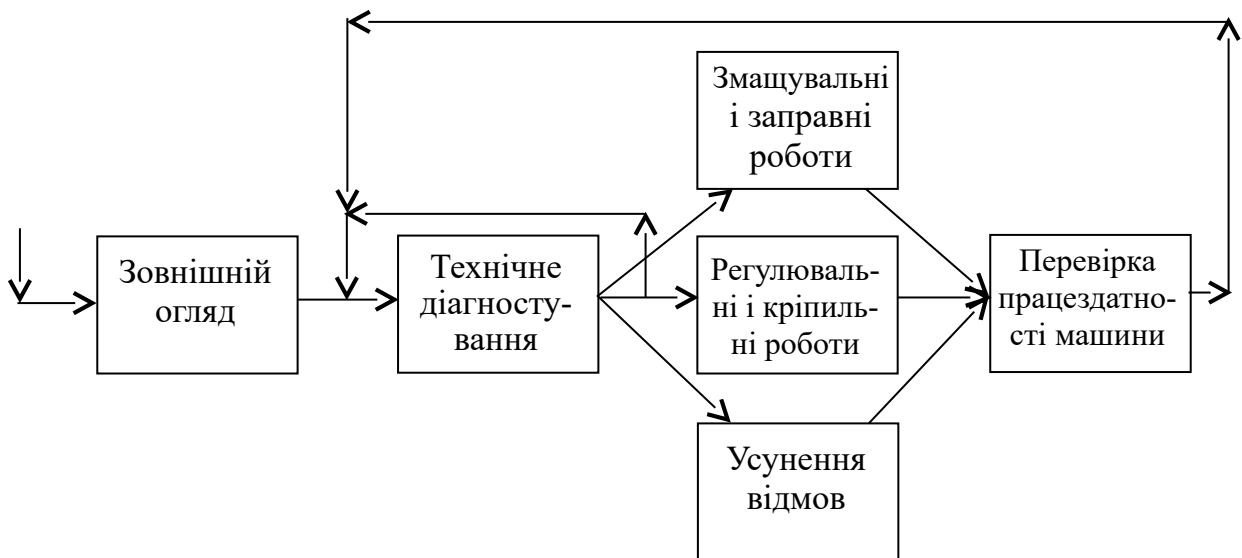


Рисунок 3.3 – Графічна модель ТО машин як системи [9, 10]

**Зовнішній огляд** – видалення з поверхні деталей і вузлів забруднень, які погіршують умови праці оператора і функціонування деталей машини, що заважає виконанню подальших операцій ТО. Він включає прибирання кабіни машиніста, очищення і миття робочих органів, рами, ходової частини та інших зовнішніх частин машини.

**Технічне діагностування** – визначення фактичного значення робочих параметрів на момент контролю, пошук несправностей у вузлах і системах машини без їх зняття і розбирання, прогнозування залишкового ресурсу.

**Регулювальні і кріпильні роботи.** Роботи, що полягають у поверненні взаємодії між деталями в задане при проектуванні машини відносне положення, називаються регулювальними. Такі роботи при виконанні ТО зчеплень і реверсів становлять до 80 %, двигунів внутрішнього згоряння – 15-20 % загального обсягу ТО та більш ніж 30 % загальної трудомісткості з ремонту [11]. Їх необхідність виникає внаслідок зношування, порушення посадок і зазорів або погіршення функціональних властивостей елементів машин (зазори в підшипниках, гальмах, регулювання пружин, перевірка рівня робочої рідини в гідросистемі).

Роботи з нарізними з'єднаннями, метою яких є відновлення заданих при проектуванні сил, щільності, рівномірності контакту, а також орієнтації (відносного положення деталей між собою), називаються кріпильними. Вони складають до 20 % всіх робіт з обслуговування дорожніх машин [11].

Працездатність кріпильного з'єднання оцінюють за ступенем погіршення його попереднього затягування. Потреба в цих роботах виникає залежно від конструкції умов роботи, способу виготовлення елементів нарізних з'єднань, матеріалу і розмірів деталей, що кріпляться.

Дані про допустимі моменти затягування нарізних з'єднань наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Норми затягування нарізних з'єднань (для гайок) [12]

Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Міцність залежно від класу міцності за ГОСТ 1759-70, Нм
6	1,00	4,9 ...15,7
8	1,25	15,7...39,2
10	1,25	31,4...88,3
12	1,25	54,9...157,0
14	1,50	78,5...245,3
18	1,50	157,0...490,5
24	1,50	353,2...981,0

Слід пам'ятати, що багаторазове підтягування з'єднання може призвести до наступного його швидкого послаблення через залишкові деформації та зминання різьби. Отже після першого підтягування раніше затягнутого з'єднання втрачається до 20-25 % початкового натягу. При повторних затягуваннях для збереження стабільності з'єднання необхідно прикласти момент затягування удвічі більший від початкового [10]. Однак слід пам'ятати, що для стабільності з'єднання треба, щоб його натяг був на 20-25 % меншим за той, при якому починається текучість матеріалів кріплення.

**Усунення відмов** – технічне обслуговування, ремонт або заміна несправного елемента справним (докладніше про це в подальшому матеріалі).

**Змащувальні і заправні роботи.** Змащувальні роботи складають 17-35 % загального обсягу робіт з ТО [10]. Основним документом для них є карта змащування, де вказуються дані щодо кількості точок для змащування, спосіб і матеріал для змащування, періодичність робіт і кількість матеріалу на кожну точку.

При виборі мастильного матеріалу для того чи іншого з'єднання слід брати до уваги такі характеристики:

- тиск і температура на робочих поверхнях, зі зростанням яких в'язкість олив треба підвищувати;
- швидкість ковзання – при зростанні швидкості в'язкість застосованих олив має зменшуватися;
- стан поверхонь тертя – у разі зростання зазорів і погіршення шорсткості поверхонь в'язкість матеріалу змащування треба підвищувати.

Норми відпускання паливних матеріалів з урахуванням сезону, умов роботи, тривалості робіт і потужності двигунів встановлюються на підприємстві.

Робочі рідини для гідравлічних систем машин відпускаються згідно з планом у розрахунку на одну годину роботи. Наприклад, для автогрейдерів, навантажувачів, бульдозерів годинні витрати робочої рідини становлять 0,03-0,04 кг, а для екскаваторів з ковшами об'ємом 1,0-1,25 м<sup>3</sup> – 0,08-0,09 кг [11].

Змащувальні та заправні роботи виконують у такій послідовності.

1 Перевіряють рівень мастил (рідин) у картері двигуна, у баці гідросистеми та інших системах і в разі необхідності поповнюють їх.

2 Виконують заправку трансмісійним мастилом картери коробок передач, рульового управління, диференціалу.

3 Змащують підшипники та інші системи машини.

4 Зливають відстій з паливного бака і фільтрів.

5 Заправляють паливний бак.

Стаціонарні способи заправки є економічно виправданими, якщо група з 5-15 машин тривалий час працює на відстані до 2-3 км від постійного місця стоянки. Для обслуговування машин у польових умовах застосовують мобільні заправні агрегати.

**Перевірка працездатності машини** – реєстрація показників роботи всієї машини, порівняння їх з необхідними значеннями і за необхідності коригування їх до необхідних значень (двигунів, гальма, механізми повороту, піднімання, пересування).

Раціональне за часом і об'ємом ТО є одним із найважливіших способів підвищення ефективності експлуатації машини. Тому визначення правильної періодичності проведення операцій з ТО має вирішальний вплив на їхню результативність.

### **3.4 Форми і методи організації технічного обслуговування і ремонту машин**

Нині існують такі основні форми технічного обслуговування машин (рисунки 3.4):

- реактивна – обслуговування виконується лише при появі відмови машини;

- планово-запобіжна – обслуговування машини відбувається з чіткою періодичністю і не залежить від її технічного стану;

- ТО за фактичним станом – обслуговування відбувається при фактичному погіршенні технічного стану машини;

- проактивна – обслуговування відбувається при фактичному погіршенні технічного стану машини, проте

підвищена увага приділяється не тільки усуненню несправностей, але й виявленню і попередженню їх причин.



Рисунок 3.4 – Форми організації ТО

Кожна з існуючих форм має свої переваги і недоліки. Так, при **реактивному обслуговуванні** не висуваються високі вимоги до обслуговуючого персоналу, а міжремонтний інтервал може бути більшим, ніж при планово-запобіжній формі обслуговування. Недоліки цього типу обслуговування: по-перше, неможливо наперед визначити момент виходу елемента машини з ладу, а отже, і спланувати терміни ремонтних робіт і, по-друге, існує велика ймовірність виникнення обширних руйнувань і тривалого ремонту.

При **планово-запобіжному обслуговуванні** вдається позбавитися недоліків, які властиві попередній формі, проте плановий ремонт, як правило, відбувається або раніше, або пізніше дійсно необхідного терміну. Часті ремонти несуть у собі триваліші простої обладнання, зниження продуктивності та рівня надійності машин (за статистикою – до 50 % дефектів машин вноситься саме під час проведення їх ремонтів [13]).

Найбільш прогресивним є технічне обслуговування обладнання **за фактичним станом і проактивне**

**обслуговування.** При застосуванні вказаних форм, по-перше, відбувається збільшення продуктивності за рахунок виключення аварійних ситуацій і необґрунтованих простоїв обладнання, підвищується якість продукції, яка випускається, внаслідок постійної підтримки працездатного стану устаткування. По-друге, своєчасне планування об'ємів і термінів ремонтів обладнання дозволяє істотно економити кошти і час. За даними незалежної асоціації MIMOSA, до якої входять фахівці наукових інститутів і промислових підприємств різних країн, при переході на обслуговування за фактичним станом або проактивне обслуговування економія засобів складає в середньому 4,7 дол. США за рік на одиницю потужності (одну кінську силу) [13].

*Слід мати на увазі, що загальний розвиток сучасних систем технічного обслуговування і ремонту машин відбувається в напрямку збільшення періодичності ТО і Р, зменшення переліку операцій ТО, застосування універсальних мастильних матеріалів і робочих рідин.*

Але перехід на такі форми технічного обслуговування пов'язаний з виконанням низки умов:

- висока кваліфікація персоналу;
- наявність відповідного діагностичного обладнання;
- тісно узгоджена взаємодія різних служб підприємства, а також підрядних організацій;
- необхідність мати оперативну, повну і достовірну інформацію щодо поточного технічного стану елементів машин.

За організацією та розташуванням обладнання для проведення ТО машин застосовують такі методи: потоковий, тупиковий та індивідуальний [14].

**1 Потоковий** виконується в стаціонарних майстернях з устаткуванням, розташованим за принципом потоку. Забезпечує високу якість робіт при мінімальних трудових і матеріальних затратах. Проте може бути ефективним тільки за таких умов:

- а) зосереджені об'єми робіт, велика кількість машин;
- б) парк повинен складатися з більш-менш однотипних машин;
- в) ремонтна майстерня повинна бути оснащена спеціальним устаткуванням, розташованим за принципом потоку.

**2 Тупиковий** виконується в стаціонарних майстернях з розташуванням обладнання за принципом тупика. За техніко-економічними показниками поступається потоковому. Найбільш доцільний при ТО мобільних машин.

**3 Індивідуальний (агрегатний)** виконується на місці роботи машини з використанням наперед відремонтованих у заводських умовах агрегатів. Він виправдовує себе за наявності добре оснащених пересувних технічних засобів для ТО та діагностування, а також при забезпеченні високої якості ремонту агрегатів в умовах заводу або в майстернях. Найбільш ефективний для організацій, що виконують розосереджені лінійні роботи. При цьому методі створюються умови для більш повного використання працездатності кожного агрегату у зв'язку з заміною цих агрегатів у різний час відповідно до їхнього технічного стану. При цьому скорочується тривалість ремонту, оскільки він зводиться до заміни агрегату, що вийшов з ладу, на раніше відремонтований.

**При виборі того або іншого методу необхідно враховувати:**

- характер, об'єми і терміни робіт, які виконуються;
- чисельність машин, їх типи, самохідність, швидкість;
- наявність ремонтних засобів і засобів діагностування, їхню мобільність;
- кліматичні і місцеві особливості.

**Форми організації ТО і Р:**

- а) централізована;
- б) частково централізована;
- в) децентралізована.

### **3.5 Види технічного обслуговування і ремонту машин**

Параметри технічного стану машини та її складових змінюються з різною швидкістю, тому вони можуть досягти свого граничного значення за різні інтервали напрацювання. З метою зменшення кількості зупинок машини на обслуговування всі операції згруповані у види технічного обслуговування.

**Вид технічного обслуговування** – це комплекс операцій з перевірки і регулювання вузлів і механізмів, що виконуються зі



встановленою періодичністю (через певний інтервал часу напрацювання).

Існують [3, 7, 8, 14, 15] такі види ТО і Р (рисунок 3.5):

- щозмінне обслуговування (ЕО);
- технічне обслуговування №1 (ТО-1);
- технічне обслуговування №2 (ТО-2);
- технічне обслуговування №3 (ТО-3);
- сезонне технічне обслуговування (СО);
- поточний ремонт (Т);
- капітальний ремонт (К).

До складу робіт з планового ТО, що має вищий порядковий номер, входять роботи кожного з попередніх видів ТО включаючи ЕО.

Об'єм робіт з ТО і Р залежить від їхньої складності, особливостей експлуатації, технічного стану, складності конструкції машини. Перелік робіт встановлюється заводськими інструкціями з експлуатації. Періодичність ТО і Р встановлюється в годинах напрацювання.

**Щозмінне технічне обслуговування (ЕО)** виконується після закінчення і перед початком робочої зміни. Його мета – зниження інтенсивності зношування, виявлення і попередження відмов і несправностей шляхом своєчасного виконання контрольно-діагностичних, кріпильних, регулювальних, змащувальних і заправних робіт.

ЕО включає в себе контрольний огляд і перевірку справності роботи двигуна, привода, ходової частини, робочих органів, гальм, органів управління, пристроїв для подачі мастила, приладів освітлення, сигналізації, автоматики.

**Періодичне технічне обслуговування (ТО-1, ТО-2, ТО-3)** включає всі роботи з ЕО, а також очищення, миття, огляд, перевірку і контроль із застосуванням засобів технічного діагностування вузлів (двигуна, приводів, канатно-блокової, гідро- і пневмосистем, ходової частини, кріплення). Крім того, включає заміну двигуна і складальних одиниць, регулювання механізмів, змащення, заправку палива, мастил, охолоджуючої і робочої рідини, обкатку машини.

Як правило, встановлюються два види – ТО-1 і ТО-2, а для найбільш складних машин – ще і ТО-3.

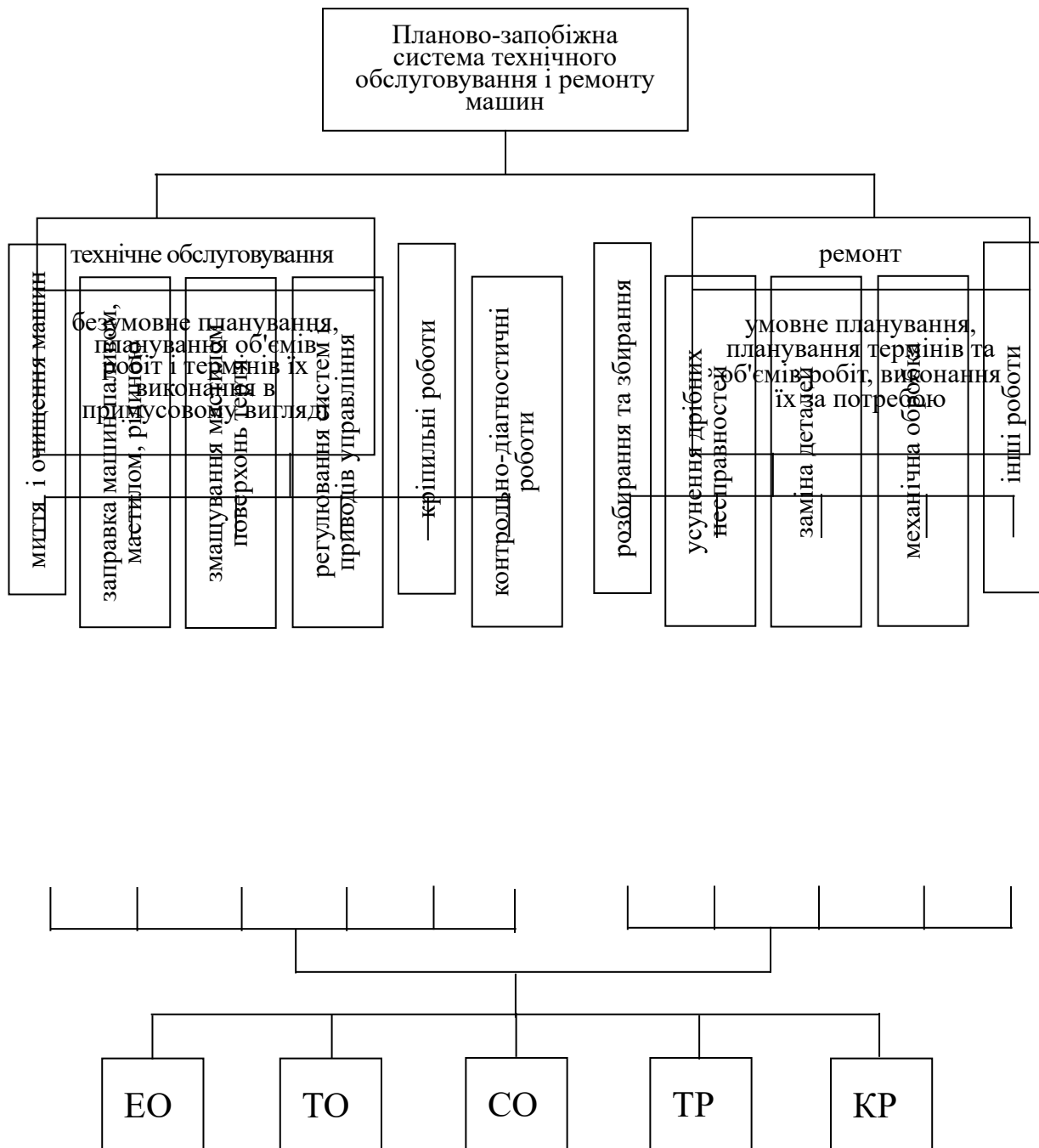


Рисунок 3.5 – Структура виконання робіт при планово-запобіжній системі

**Сезонне технічне обслуговування** не залежить від витрати машинних ресурсів і не передбачається плановими нормативами. Проте воно повинно бути проведено до чергового ТО.

**Перехід до весняно-літнього періоду** експлуатації супроводжується такими роботами:

- огляд і перевірка всіх механізмів, що працювали в минулому сезоні;

- видалення (за необхідності) з системи охолодження рідини, промивання від забруднень і накипу. Накип видаляють розчином каустичної соди (1-1,5 кг на 10 л води) або розчином соляної кислоти (10...15 % кількості води);

- зняття з двигуна утеплюючих чохлів, підігрівачів;

- видалення з картерів двигунів, редукторів зимового мастила і їх промивання;

- промивання корпусів паливних насосів, масляних фільтрів, повітроочисників;

- заміни палив, змащувальних матеріалів і робочих рідин у гідросистемі з зимових сортів на літні;

- перемикання з "зими" на "літо" робочої напруги реле-регулятора;

- регулювання паливних приладів на літній період.

Машини, що знаходилися в консервації, оглядають, очищують від бруду і старого мастила. Зняті при консервації вузли встановлюють на місце, регулюють, очищують від корозії.

**Перехід до осінньо-зимового періоду** передбачає ті самі роботи, що і при проведенні заходів весною. Крім того, проводять такі роботи:

1 Заповнення системи охолодження антифризом.

2 Встановлення чохлів та утеплювачів на підігрівачі.

3 Мастило в картер двигуна заливають підігрітим до температури +80...90 °С, а в інші ємкості - до +60 °С.

4 Густина електроліту при температурі -40 °С доводять до 1,29, а при -50 °С - до 1,30.

5 Утеплення гаражів, готують устаткування для прогріву двигунів (пускових двигунів, підігрівачів).

**Ремонт машин** включає:

1 Контрольно-діагностичні роботи (приймання, миття, розбирання, дефектація, комплектування).

2 Відновлення і заміну зношених деталей і вузлів, збирання, регулювання.

3 Стендові і ходові випробування, фарбування машин.

Ремонт поділяється на поточний (Т) і капітальний (К).

**Поточний ремонт (Т)** передбачає усунення несправностей і відмов, що виникли під час експлуатації, шляхом заміни деталей і вузлів і їх регулювання після ремонту, застосовуючи при цьому

часткове або повне розбирання окремих агрегатів машини. Працездатність машини після виконання поточного ремонту має бути достатньою для досягнення нею чергового планового ремонту.

Поточний ремонт проводиться в майстернях управління механізації або інших організацій із залученням, за необхідності, обслуговуючого персоналу машин (операторів, машиністів).

**Капітальний ремонт (К)** передбачає повне розбирання машини та заміну її агрегатів і деталей на нові або відремонтовані з відновленням всіх початкових посадок і вимог, що містяться в нормативних документах.

Капітальний ремонт має виконуватися на спеціалізованих ремонтних підприємствах. Він повинен забезпечувати відновлення працездатності машини і відновлення її проектного ресурсу, або до майже проектного, а також виконання повного регулювання і випробування машини та її систем.

### **Література до розділу 3**

1 ГОСТ 25646-95. Эксплуатация строительных машин. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost810.html>.

2 ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/29/29593.shtml>.

3 ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/15/15094.shtml>.

4 Зорин, В.А. Основы долговечности строительных и дорожных машин [Текст] / В.А. Зорин. – М.: Машиностроение, 1986. – 248 с.

5 Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

6 Лысиков, Е.Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем [Текст] / Е.Н. Лысиков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин. – Харьков: ЭДЭНА, 2009. – 274 с.

7 Канарчук, В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія: підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигиринець. – К.: Вища шк., 1994. – 342 с.

8 ДБН В.2 8 3 95. Технічна експлуатація будівельних машин [Електронний ресурс]: затв. Держкоммістобудування України 7.07.1995 р. – Режим доступу: [http://innovation-group.com.ua/sprav/cd5/print/10\\_3\\_print.php](http://innovation-group.com.ua/sprav/cd5/print/10_3_print.php).

9 Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Рубайлов, Ф.Ю. Керимов, В.Я. Дворковой и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Академия, 2007. – 512 с.

10 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

11 Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.М. Шейнин, А.П. Крившин, Б.И. Филиппов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 336 с.

12 ОСТ 37.001.050-73. Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки [Электронный ресурс]. – Режим доступу: [www/complexdoc.ru](http://www.complexdoc.ru).

13 Сушко, А.Е. Вибродиагностика в системах технического обслуживания по фактическому состоянию оборудования металлургических предприятий [Текст] / А.Е. Сушко, М.А. Демин // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. – 2005. – Вып. 1. – С. 6-9.

14 Бардышев, О.А. Организация обслуживания техники на транспортных стройках Севера [Текст] / О.А. Бардышев, Н.Г. Гаркави, А.М. Ратнер. – М.: Транспорт, 1982. – 272 с.

15 Правила технічної експлуатації тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів [Електронний ресурс]: затв. Міністерством аграрн. політики України 13.07.2010 р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0509-10>.

## 4 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН

### 4.1 Технологія і методи технічного обслуговування

**Технологія технічного обслуговування** – це сукупність способів і засобів виконання операцій, що забезпечують працездатність і справність машини.

Технологію ТО представляють технологічними картами, у яких викладається процес ТО, вказуються операції, матеріали, інструмент, пристосування, прилади і устаткування для виконання операцій, а також режими і технічні вимоги на їх виконання. Крім того, у технологічних картах вказуються кваліфікація виконавців, середня трудомісткість виконання операцій.

Під **технологічним процесом** розуміється певна послідовність робіт або операцій, що виконуються відповідно до технічних умов.

Організація ТО машин розпочинається з планування кількості технічних обслуговувань і трудомісткості їх виконання.

Планування ТО машин містить у собі:

- складання річного плану проведення ТО різних видів залежно від середньорічного напрацювання на планований період;
- визначення трудомісткості ТО усіх видів;
- розрахунок необхідної кількості технічних засобів, обслуговуючого персоналу і матеріалів на проведення ТО.

Залежно від кількості постів, між якими розподіляється комплекс робіт ТО, розрізняють два методи організації робіт: на універсальних і на спеціалізованих постах (рисунок 4.1).

**Метод робіт на універсальних постах** полягає у виконанні всіх робіт цього виду ТО на одному посту групою виконавців, що складається з працівників усіх спеціальностей (слюсарів, мастильників, електриків) або працівників-універсалів. Виконавці виконують кожний свою частину робіт у певній технологічній послідовності.

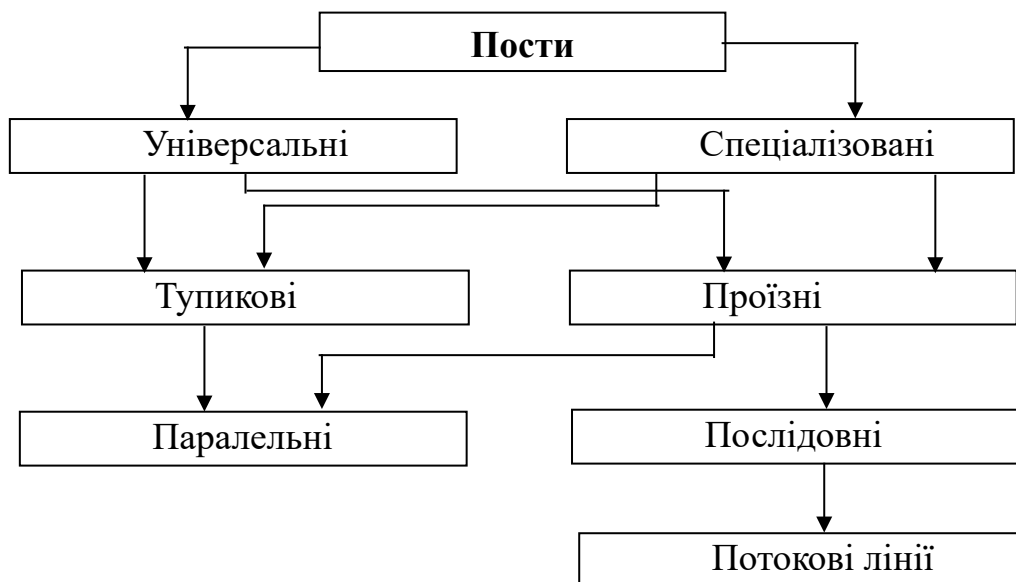


Рисунок 4.1 – Класифікація робочих постів

Пости можуть бути **тупиковими** і **проїзними**. Перші використовуються при ТО-1 і ТО-2, а другі – переважно при ЕО.

Недоліками цього методу є значні втрати часу на постановку і зняття машин з постів, а також необхідність багатократного дублювання однакового устаткування. При цьому збільшуються витрати на заробітну плату і не реалізуються переваги від можливості розподілу праці і спеціалізації працівників.

**Метод ТО на спеціалізованих постах** полягає в розчленуванні об'єму робіт цього виду ТО і розподілі його по кількох постах. Пости і працівники спеціалізуються з урахуванням однорідності робіт. Відповідно підбирається і устаткування постів, яке також спеціалізоване за операціями. Метод спеціалізованих постів може бути **потоким** і **операційно-постовим**.

При **потокимому методі** спеціалізовані пости можуть бути розташовані як прямоочними за напрямом руху машин, так і поперечними. Необхідною умовою є однакова тривалість перебування машини на кожному посту (синхронізація роботи постів). Для переміщення машин з поста на пост у цьому випадку використовують конвеєри.

Така сукупність постів називається **потокимовою лінією** обслуговування.

Цей спосіб організації процесу ТО скорочує втрати часу на переміщення машин і працівників, а також дозволяє економніше використати площу виробничого приміщення.

Недоліком потокової лінії обслуговування є неможливість зміни об'єму робіт (у бік збільшення) на будь-якому з постів.

При організації ТО на поточкових лініях розрізняють потоки безперервної і періодичної дії.

**Вибір методу обслуговування.** Організація технологічного процесу ТО залежить від кількості і типу обслуговуваних машин, періоду часу робіт, трудомісткості окремих операцій і процесу обслуговування в цілому та від режиму роботи машин.

Обслуговування за поточковим методом є доцільним за наявності в парку великої кількості однотипних машин і при відносно короткому проміжку часу, що відводиться на обслуговування, а також при сталих об'ємі і трудомісткості робіт.

При малій виробничій програмі, наявності машин різного типу і різного режиму роботи, що не забезпечує безперебійної роботи потокової лінії, доцільнішим є метод обслуговування на універсальних постах.

Для координації робіт кількох постів можуть бути використані карти-схеми. У цьому випадку карта-схема містить дані щодо найменування робіт, що виконуються на постах, кількості виконавців, їхньої спеціальності і займаного робочого місця, загальної трудомісткості робіт на посту і за кожним виконавцем і номерів операцій, закріплених за ними.

## 4.2 Періодичність технічного обслуговування машин

Складність ТО залежить від конструкції машини і періодичності її обслуговування. Види і періодичність ТО відображаються у відповідній документації. Періодичність ТО встановлюється таким чином, щоб забезпечити певну безвідмовність елементів.

Розглянемо, як відбувається визначення періодичності проведення для двох основних форм виконання ТО і Р [1].

1 Система, яка передбачає проведення ТО і Р через встановлені інтервали часу (тобто зі встановленою періодичністю), називається **планово-запобіжною системою.**



При цій системі обслуговування всіх (наприклад, шести) елементів повинне проводитись кожного разу через однакові періоди часу ( $m_1 m_2 \dots m_n$  і т. п.), які називаються напрацюванням (рисунок 4.2). Періодичність або частота технічних обслуговувань встановлюється таким чином, щоб попередити появу можливої відмови та провести запобіжне ТО у той період часу, коли ймовірність появи відмови хоча б одного з елементів була б найменшою. З рисунка 4.2 видно, що після напрацювання  $m_1$  стає ймовірною відмова вузла 1, у той час, як решта (вузли 2, 3, 4, 5, 6) ще не досягли граничної величини та мають певний запас ресурсу. Тобто ймовірність відмови вузла 1 у момент часу  $m_1 - p(t)_1 \neq 0$ , а для решти вузлів  $- p(t)_{2,3,4,5,6} = 0$ .

Виходячи з таких позицій, технічне обслуговування машини слід провести після напрацювання  $m_1$ . До цього часу з усіх шести вузлів машини повністю свій ресурс відпрацює лише один з шести вузлів машини. Але, незважаючи на це, при планово-попереджувальній системі заміні підлягають всі вузли.

Таким чином, планово-попереджувальна система в основному базується на профілактиці, тому при її застосуванні певна частина вузлів машини піддається передчасному обслуговуванню, що є її істотним недоліком. Наприклад, для 10-15 % вантажних автомобілів періодичність профілактичних робіт є завищеною, а в решти 70-80 % відбувається значне невикористання частини свого технічного ресурсу [2]. Крім того, фактичний ресурс вузлів окремої машини може значно відрізнятись від середнього нормативного значення.

Тому більш прогресивною є система обслуговування за фактичним технічним станом.

**2 Система технічного обслуговування за фактичним технічним станом** виходить з того, що обслуговування того чи іншого вузла має відбуватися незалежно від його напрацювання, а лише після досягнення цим вузлом граничної величини технічного стану. Висновок щодо величини параметра технічного стану може бути зроблений за результатами діагностичних операцій, які проводяться періодично.



При цьому в технічній документації вказують значення поточних параметрів, час, коли відбулася діагностика, тривалість періоду, протягом якого той чи інший елемент може безвідмовно працювати до наступного контролю, і запас його робочого ресурсу.

Аналіз кривих  $S(m)$  (рисунок 4.3) показує, що в момент першої діагностики  $m_1$  значення параметрів  $S$  жодного з вузлів не досягли допустимого значення  $S_o$ . Це означає, що вузли можуть працювати без обслуговування (ремонт) до наступної перевірки, тобто  $m_2$ . У момент  $m_2$  значення параметрів вузлів 1, 2, 3 перевищують  $S_o$ , тому вони підлягають обслуговуванню або ремонту. Один з них (вузол 3) може працювати до моменту  $m_3$ .

Таким чином, ця система обслуговування характеризується тим, що за рахунок більш повного використання поля допуску на відхилення параметрів стану, яке дорівнює величині  $(S_{II} - S_H)$ , і проведення діагностичних операцій збільшується частка повної реалізації ресурсу елементів машини. Проте при цьому на кожне міжремонтне напрацювання  $m_1$  припадає дві діагностичні операції ( $m_{o1}$  та  $m_{o2}$ ).

Змінюючи періодичність діагностування, можна добитися такого стану, коли заміна кожного елемента здійснюватиметься не раніше, ніж він досягне допустимого значення параметра. При цьому решту недовикористаного ресурсу можна значно зменшити і теоретично повністю виключити зношення елементів.

Маючи у своєму розпорядженні сучасні засоби і методи діагностики, а також методику для визначення залишкового ресурсу, можна навчитися управляти технічним станом кожного об'єкта.

Неодмінною умовою управління станом машини є знання динаміки параметрів стану і прогнозування їх змін. Для цього необхідно мати у своєму розпорядженні залежності між показниками параметрів та ймовірністю відмов, середнім ресурсом елемента та ін. Таку залежність можна встановити за допомогою технічного діагностування машин.



### 4.3 Оптимізація періодичності технічного обслуговування

З графіка зміни параметра стану  $S$  (рисунок 4.2) випливає, що машина випадково може відмовити у будь-який момент в інтервалі  $m_1 \leq T \leq m_2$ . Тому ефективність технічного обслуговування машини залежить від прийнятого оптимального інтервалу її напрацювання до чергового ТО.

**Періодичність ТО** – це інтервал часу або величина напрацювання машини (вузла) між однаковими даним і наступним видом ТО.

Існує кілька критеріїв обґрунтування тієї чи іншої періодичності:

- за максимальним напрацюванням машини;
- середнім значенням напрацювання між відмовами;
- мінімальними питомими витратами

*Визначення періодичності ТО за максимальною продуктивністю машини*

Визначення періодичності ТО за максимальною продуктивністю машини проводиться з урахуванням того, що за час експлуатації відбуваються процеси зношування з'єднань і порушуються параметри регулювань машини, внаслідок чого змінна продуктивність машини  $Q^{zm}$  поступово зменшується (рисунок 4.4). За час  $x$  продуктивність  $Q^{zm}$  зменшується зі свого найбільшого  $Q_{max}^{zm}$  до мінімального  $Q_{min}^{zm}$  показника. Упродовж часу  $\tau$  (простою) відбувається робота з ТО, внаслідок чого величина змінної продуктивності машини зростає від мінімального показника на величину  $\Delta$ .

Таким чином, за рік роботи машина час від часу періодично піддається ТО. При цьому річне напрацювання  $H_p$  (рисунок 4.5) машини буде тим більшим, чим частіше відбуваються ТО, тобто чим меншим є період  $x$  часу між двома суміжними ТО. Разом з тим зростання частоти проведення ТО збільшує непродуктивні втрати часу, що призводить до зменшення річного напрацювання  $H_p$  машини.

Тобто збільшення змінної продуктивності шляхом скорочення періодичності ТО призводить до збільшення  $Q_p$ , а

зменшення використання робочого часу за рахунок часу на простой під ТО – навпаки, зменшує  $Q_p$ . Встановивши функціональну залежність  $Q_p = f(x)$ , можна встановити екстремум функції та визначити оптимальну періодичність проведення ТО.

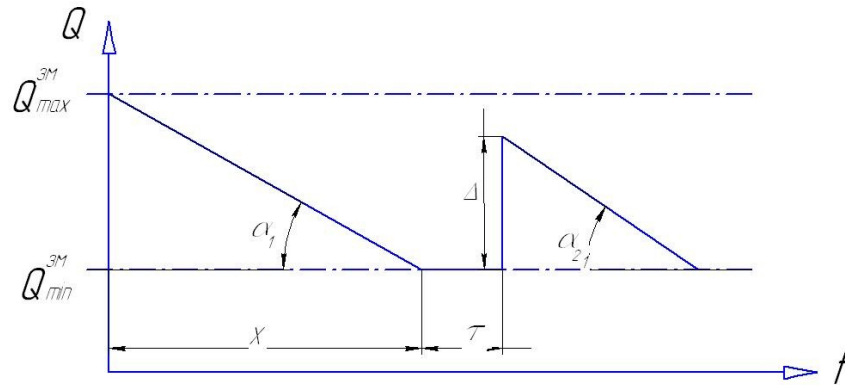


Рисунок 4.4 – Змінна продуктивність машини залежно від часу роботи

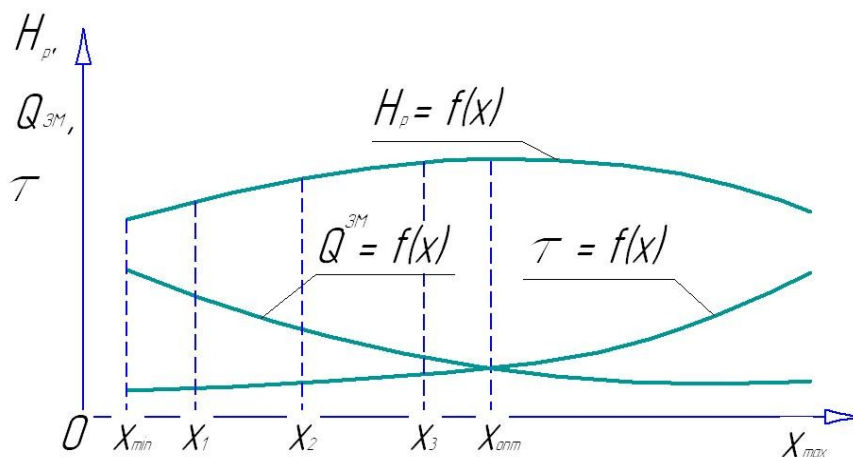


Рисунок 4.5 – Визначення періодичності ТО залежно від річної продуктивності машини

Недолік такого методу полягає в тому, що він не враховує розсіювання швидкості зниження продуктивності однотипних машин.

*Визначення періодичності ТО за середнім значенням напрацювання між відмовами*

На рисунку 4.6 наведена схема появи відмов машин, де  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$  і  $T_{\text{сеп}}$  – відповідно мінімальне, максимальне та середнє напрацювання машин. Якщо в якості періодичності прийняти середню величину напрацювання  $T_{\text{сеп}}$  між відмовами, то виявиться, що до цього моменту 50 % машин відмовить, а ТО виявиться запізним. Тому ТО рекомендовано проводити раніше, ніж середнє значення, на величину, що дорівнює середньоквадратичному відхиленню  $\sigma$  напрацювання машини між відмовами. При цьому періодичність ТО

$$t_{\text{пер}} = T_{\text{сеп}} - \sigma . \quad (4.1)$$

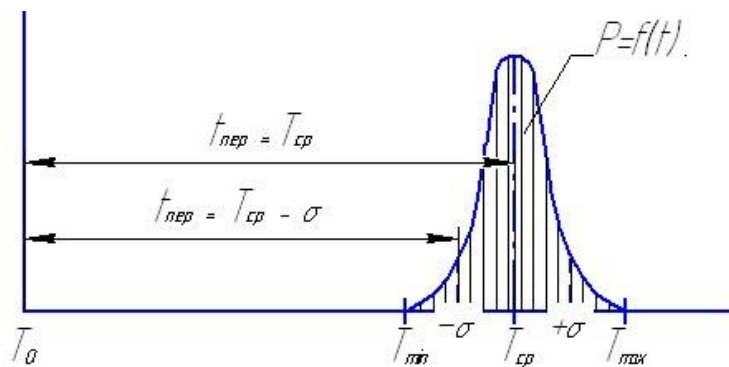


Рисунок 4.6 – Визначення періодичності ТО за середнім значенням напрацювання між відмовами машини

Тобто якщо ТО машини виконувати за формулою (4.1) з періодичністю  $t_{\text{пер}} = T_{\text{сеп}} - \sigma$ , а функція розподілу відмов машини підпорядковується нормальному закону (рисунок 4.6), то відмови з'являться не в 50 % машин з чисельності парку, а приблизно у 16 %. Для решти ж, а саме 84 % машин парку, ТО є доцільним для проведення саме в такі терміни, і ТО для цієї групи машин буде мати попереджувальний характер.

*Визначення періодичності ТО за мінімальними питомими витратами*

За цим критерієм функція оптимізації періодичності ТО має вигляд

$$f(U, t_{\text{пер}}) = \sum_{t_{\text{пер}}}^U (P_1 + P_2 + P_3) \rightarrow \min(U, t_{\text{пер}}), \quad (4.2)$$

де  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  – відповідно вірогідність питомих витрат на усунення відмови, на відновлення параметра  $U$  та на вимірювання параметра  $U$  через проміжки часу  $t_{nep}$ .

Змінюючи технічні вимоги щодо допустимого відхилення параметра  $\Delta U$  і періодичність  $t_{nep}$ , визначають мінімум витрат, за якими  $\Delta U$  і  $t_{nep}$  виявляються оптимальними.

До недоліків цієї моделі треба віднести потребу в добре налагодженій звітності та обліку за витратами праці та коштів на відновлення параметрів.

Підтримувати працездатність машини можна тільки за умови утримання значення кожного параметра технічного стану між номінальним і граничним значеннями. Для цього застосовують дві моделі проведення ТО:

- з періодичним контролем;
- регламентованим контролем.

У першому випадку (рисунок 4.7) параметр технічного стану контролюють відповідно до періодичності ТО, або через певні однакові інтервали  $t_0$  напрацювання машини.

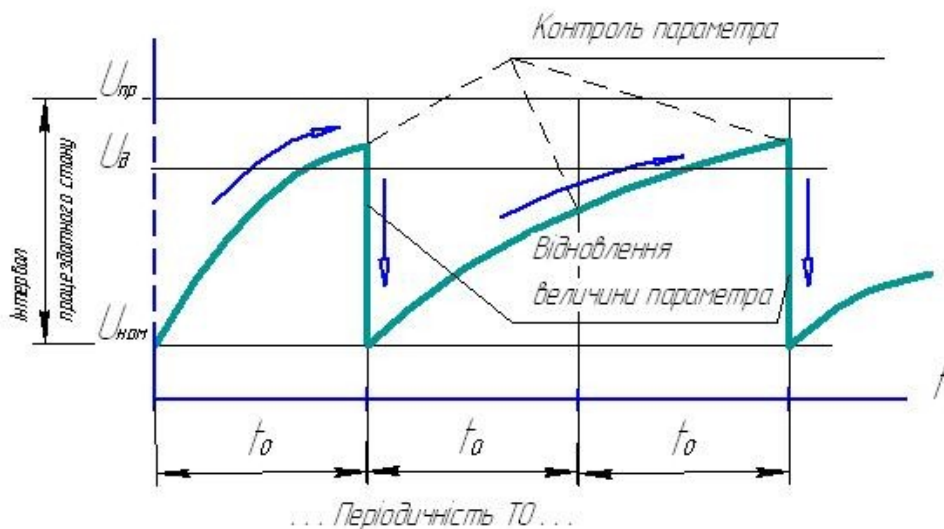


Рисунок 4.7 – Схема управління параметрами технічного стану машини з періодичним контролем

Якщо значення параметра стану перевищує допустиме значення  $U_д$ , то параметр відновлюють до номінального значення  $U_н$ . Якщо ж значення параметра є меншим за допустиме  $U_д$ , то його не відновлюють.



При регламентованому контролі (рисунок 4.8) ТО виконують зі встановленою періодичністю, причому в межах кожного ТО параметр технічного стану відновлюють до номінальної величини.

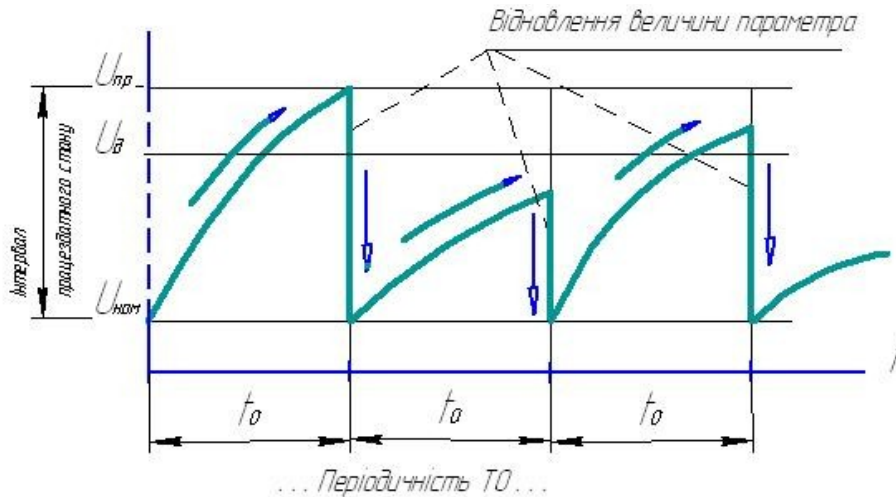


Рисунок 4.8 – Схема управління параметрами технічного стану машини з регламентованим контролем

#### Література до розділу 4

1 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

2 Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Ф.Н. Авдонькин. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. – 288 с.

## 5 ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ МАШИН

### 5.1 Роль і місце діагностування в процесі ТО і Р

Встановити рівень технічного стану машини можливо методами і засобами технічної діагностики.

**Технічна діагностика** (від грецького слова «діагнозис» – розпізнавання, оцінка) – галузь знань, яка досліджує технічний стан об'єктів діагностування і проявів технічних станів, розробляє методи їх визначення, а також принципи побудови і організацію використання систем діагностування. У загальному вигляді технічна діагностика є загальною частиною комплексу робіт із забезпечення якості функціонування машин і механізмів.

**Основною метою** технічної діагностики є зниження витрат під час ТО і Р машин на підтримку рівня їх надійності, забезпечення встановленого рівня безвідмовності та максимальної продуктивності машин у процесі експлуатації. Діагностика дозволяє визначити саме ті елементи і системи, які лімітують безвідмовну роботу машини до наступних робіт з ТО і Р.

Відповідно до вказаної мети впливають **завдання** технічного діагностування, які можна розглядати з наукової та з практичної точки зору.

З наукової точки зору завданням технічної діагностики є:

- вивчення процесів змін технічного стану систем та елементів машин;
- вивчення форм проявів відмов і розроблення методів їх виявлення та прогнозування;
- розроблення принципів створення діагностичних систем.

Завдання технічної діагностики з практичної точки зору:

- не допустити роботу машини зі зниженими експлуатаційними показниками;
- попередити аварійний знос і поломки;
- запобігти безпричинному розбиранню машини.

Діагностика безпосередньо не впливає на технічний стан машини, але дозволяє зменшити матеріальні і трудові витрати на підтримку надійності машини, а також підвищити якість ТО і Р. Вартість перевірки основних систем машини звичайними методами з частковим розбиранням вузлів на 70-75 % [1] вища, ніж при застосуванні діагностичних засобів.

**Об'єкт технічного діагностування** – виріб і його складові частини, технічний стан яких підлягає визначенню.

**Технічне діагностування** – вивчення технічного стану і прогнозування ресурсу роботи машини (або вузла) без її розбирання.

Результатом ТД є **діагноз**, тобто висновок щодо технічного стану машини з визначенням, за необхідністю, місця, виду і причини дефекту. Іншими словами, діагноз є певною інформацією з результатами порівняння величин фактичних сигналів у контрольних точках машини або агрегату з еталонними значеннями цих сигналів.

**Засобами технічного діагностування можливо:**

- визначити технічний стан машин без їх розбирання;
- встановити характер несправностей;
- визначити причини виникнення несправностей;
- встановити потребу в ТО і Р;
- скласти прогноз щодо ресурсу безвідмовної роботи машин (вузлів, з'єднань).

Крім того, сучасні системи діагностики управляючого типу здатні здійснювати контроль і оптимальне управління режимами роботи машини.

Діагностуванню слід піддавати не всі вузли і агрегати, а тільки такі, від яких безпосередньо залежить працездатність і надійність машини. У вузлах та агрегатах діагностику проводять тільки тих деталей, технічний стан яких не може бути визначений візуально.

Слід застосовувати тільки такі методи діагностування, які забезпечували б найточніше виявлення можливої відмови в найбільш стислі терміни та на більш ранніх етапах роботи машини.

**Впровадження** у практику ТО і Р методів і засобів технічної діагностики дозволяє:

- збільшити періодичність проведення ТО-2 на 10-20 % [2];
- зменшити аварійність машин, трудові витрати і витрати запчастин і матеріалів на експлуатацію (трудомісткість ТО-2 зменшується на 10-15 %, витрати на поточний ремонт – на 8-12 %, на запасні частини – на 10-15 % [1, 2]);
- підвищити ефективність застосування машин за рахунок скорочення простоїв під час проведення ТО і Р;

- зменшити на 5-10 % витрати палива [1, 2] і мастильних матеріалів, а також токсичність відпрацьованих газів внаслідок більш високого ступеня технічної готовності машини.

Кількісна оцінка технічного стану об'єкта діагностування визначається за сукупністю параметрів технічного стану (ПТС).

Розрізняють такі групи ПТС [3, 4]:

- **структурні** – ті, що безпосередньо характеризують працездатність або справність об'єкта діагностування (розмір деталі, зазор, потужність, натяг у з'єднанні, фізико-механічні властивості матеріалів);

- **діагностичні** - побічно характеризують працездатність і справність об'єкта діагностування (шум, вібрація, температура, ступінь герметичності, витрата оливи, палива, димність під час роботи, продуктивність насоса, тиск у гідросистемі). Визначення діагностичних параметрів не потребує розбирання об'єкта.

Діагностичні параметри у своїй більшості формуються під впливом не одного, а переважно кількох ПТС. Тому вони містять у собі більшу інформацію, ніж структурні.

**Перевагою** структурних параметрів перед діагностичними є більш об'єктивна оцінка технічного стану об'єкта, а **недоліком** – необхідність розбирання агрегатів, що спричиняє порушення умов існуючого припрацювання взаємодіючих пар, а через це і зниження ресурсу.

У тих випадках, коли структурний параметр визначається в процесі діагностування прямим виміром (зазор у клапанах), то він одночасно є і діагностичним параметром.

Між структурними і відповідними їм діагностичними ПТС існує певний кількісний зв'язок (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Приклади зв'язків між структурними і діагностичними параметрами [5]

Структурний параметр	Діагностичний параметр
Зазори у з'єднаннях циліндро-поршневої групи	Кількість газів, що прорвалися до картера; чад картерної оливи

Зазори у підшипниках колінчастого вала	Тиск у масляній магістралі
Густина електроліту в акумуляторній батареї	Ступінь розрідженості акумуляторної батареї
Товщина фрикційних дисків муфти	Зусилля, що прикладається до важеля управління

Кількісною мірою ПТС є його значення, яке може бути **номінальним, нормальним, допустимим і граничним.**

Якщо числові значення ПТС відповідають вимогам технічної документації або не виходять за допустимі межі, то система визнається **справною**. Якщо ж числові значення хоча б одного з параметрів виходять за допустимі межі, то система визнається **несправною**.

Перехід елемента машини з одного до іншого технічного стану в певний момент є випадковою подією. Навіть знаючи закономірності змін того або іншого параметра в процесі роботи, передбачити момент відмови елемента з достатньою точністю неможливо. Але застосування систем діагностування дозволяє, знаючи умови експлуатації, оцінити характер змін технічного стану та збільшити точність прогнозу.

Разом з параметрами технічного стану використовують **діагностичні ознаки (симптоми)**, що дозволяють дати уявлення про справність об'єкта без яких-небудь кількісних оцінок (таблиця 5.2).

**До параметрів діагностування висувуються такі вимоги:**

- однозначність;
- інформативність;
- технологічність;
- стабільність.

**Однозначність** передбачає наявність одного виду параметра вихідного процесу. **Інформативність** параметра характеризує об'єм інформації щодо технічного стану об'єкта, що діагностується. **Технологічність** параметра оцінюється зручністю, трудомісткістю і собівартістю діагностування. **Стабільність** характеризує ступінь розсіювання величин параметра при однакових умовах вимірювання.

Таблиця 5.2 – Приклади зв'язків між структурними параметрами і діагностичними ознаками [5]

Структурний параметр	Діагностична ознака
Ранній кут випередження подання палива до циліндра	Жорстка робота дизеля; димний вихлоп при роботі під навантаженням
Знос фрикційних накладок муфти зчеплення	Нагрів корпусу муфти при роботі під навантаженням
Знос циліндро-поршневої групи	Важкий запуск холодного двигуна; димність вихлопу
Відсутність зазора в зубчастому зчепленні головної передачі	Надмірний нагрів корпусу заднього мосту

Діагностування машини взагалі та її окремих елементів має відбуватися в певній послідовності. Умовно цей процес можна розподілити на п'ять рівнів (рисунок 5.1).

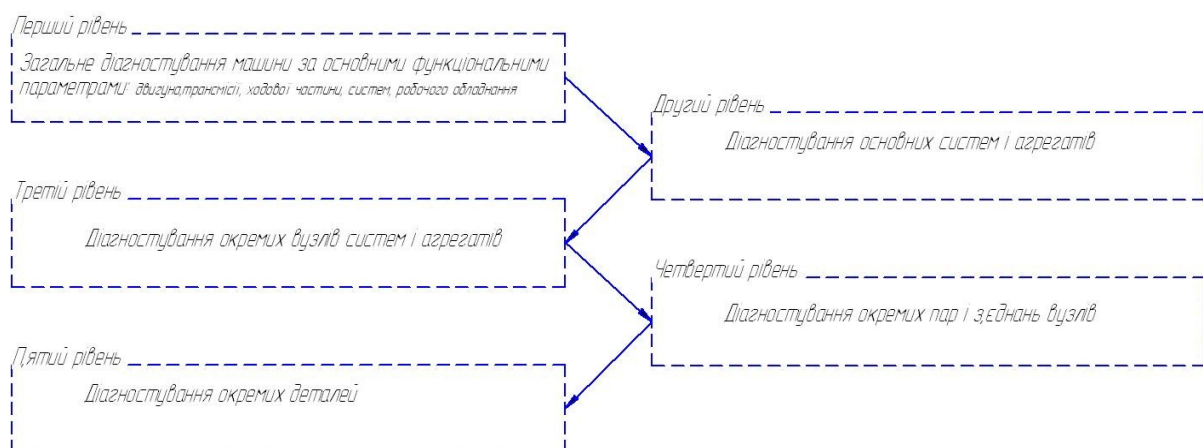


Рисунок 5.1 – Загальна послідовність проведення діагностування машин

Перший рівень передбачає діагностування машини за тими параметрами, які визначають технічний стан двигуна, трансмісії, ходової частини, робочого обладнання і систем (наприклад, витрати палива, продуктивність, тягова потужність). На другому рівні діагностиці піддаються окремо двигун, трансмісія, ходова частина, робоче обладнання і системи машини. На третьому рівні відбувається діагностування складальних одиниць систем і вузлів двигуна, трансмісії, ходової частини, робочого обладнання.

Четвертий рівень охоплює діагностування рухомих з'єднань і пар вузлів. Нарешті на останньому (п'ятому) рівні розглядаються окремі деталі рухомих з'єднань і пар.

## **5.2 Методи і періодичність виконання діагностичних операцій**

Для визначення технічного стану машин використовують дві групи методів діагностування: суб'єктивні, або органолептичні, та об'єктивні (інструментальні).

До органолептичних методів діагностування належать зовнішній огляд, прослуховування, обстеження дотиком і на нюх.

**Зовнішнім оглядом** встановлюють місця підтікання води, олив, палива, колір відпрацьованих газів, димлення з сапуна, биття частин, що обертаються, натягнення ланцюгових передач і т. п.

**На слух** виявляють місця і характер ненормальних стуків, шумів, перебоїв у роботі двигуна, відмов у трансмісії і ходової системи (за скреготом і шумом), нещільність (за шумом повітря, що проривається) і т. п.

**Дотиком** визначають місця і міру ненормального нагріву, биття, вібрації деталей, в'язкість і клейкість рідин.

**Нюхом** за характерним запахом виявляють відмову муфт зчеплення, електропроводки, підтікання бензину, електроліту.

Оцінка технічного стану машини за допомогою органів чуття є суб'єктивною і не відповідає вимогам, що висуваються до технічної діагностики як галузі науки. Такий спосіб оцінки технічного стану машин є неперспективним.

Інструментальні методи діагностування машин поділяються на **прямі і непрямі** (побічні).

Прямі методи ґрунтуються на вимірі структурних параметрів технічного стану безпосередньо прямим виміром. До таких параметрів належать зазори в підшипниках, прогин пасових і ланцюгових передач, геометричні розміри деталей. Виміри виконують щупами, лінійками, штангенциркулями, мікрометрами, нутромірами, кутомірами, зубомірами та іншими інструментами.

Через свою простоту прямі методи мають широке застосування при регулюванні механізмів і пристроїв,

розташованих зовні агрегатів машини, доступних і не потребує розбирання механізмів (рульове управління, гальмова система, робочі органи).

Застосуванню прямих методів для діагностики об'єктів, що знаходяться усередині агрегатів (циліндро-поршнева група), перешкоджає значна трудомісткість робіт у зв'язку з необхідністю розбирання агрегату.

Непрямі методи базуються на визначенні структурних параметрів технічного стану агрегатів за непрямими (діагностичними) параметрами, наприклад за допомогою датчиків або діагностичних пристроїв зовні агрегату, тобто без розбирання механізмів машини. Непрямі методи застосовують інформацію про ті фізичні величини, які побічно характеризують технічний стан агрегатів машин: тиск, перепад тиску, температура, витрати газів, палива, олив, вібрація складових частин машин, прискорення обертання при розгоні двигуна та ін.

Значна частина непрямих методів реалізуються на основі перетворення механічних величин в електричні з застосуванням електронних діагностичних приладів і установок.

Аби мати повну та достовірну інформацію про технічний стан машини, діагностування бажано проводити якнайчастіше. Більш часті діагностичні обстеження призводять до зростання часових і матеріальних витрат. Необґрунтоване намагання економії таких витрат може призвести до позапланових ремонтів. Тому періодичність діагностування має бути оптимальною, а його частота визначається аналітичними методами.

### **5.3 Види і засоби діагностування**

Експлуатаційна діагностика поділяється на три види:

- функціональна;
- структурна;
- ресурсна.

**Функціональна діагностика** призначена для виміру параметрів, що характеризують функціональні властивості складових частин і агрегатів машини. Проводиться в разі погіршення функціональних параметрів, наприклад потужності  $N_e$  двигуна.



**Структурна діагностика** проводиться для виявлення несправностей шляхом вимірювання поточних значень параметрів. Проводиться частково під час ТО-1 і ТО-2, а також у повному обсязі при ТО-3.

**Ресурсна діагностика** призначена для прогнозування ресурсу деталей, вузлів, систем і проводиться під час ТО-3.

Існуючі методи визначення діагностичних параметрів поділяються:

- на **функціональні** – виконують під час роботи машини на різних режимах за допомогою вбудованих і пересувних (переносних) діагностичних засобів;

- **тестові** – виконують при поданні на об'єкт тестових сигналів, характер і значення яких встановлені нормативно-технічною документацією.

Крім того, за характером ознак, що розпізнаються, діагностичні методи поділяються на суб'єктивні та об'єктивні.

**Суб'єктивні** діагностичні методи є найпростішими методами оцінки технічного стану машин за допомогою органів чуття: візуально, на слух, за запахом, на дотик та ін. Вони характеризують лише якісні відхилення ПТС того або іншого механізму від норми, а не кількісні - у цьому полягає їх **основний недолік**.

Для достовірної оцінки стану того або іншого об'єкта за допомогою суб'єктивного методу потрібно мати значний досвід для постановки діагнозу за динамікою стуків, шумів, димністю вихлопу та ін. Застосовують зазвичай у поєднанні з найпростішими засобами оцінки: стуки прослуховують стетоскопом; якість оливи – за допомогою фільтрувального паперу і т. д.

**Об'єктивні** діагностичні методи, крім якісних відхилень ПТС, дають можливість провести також їхню кількісну оцінку. Для цього застосовуються як структурні, так і діагностичні параметри.

Об'єктивні методи за діагностичними параметрами поділяють:

- на діагностування за герметичністю робочих об'ємів;
- діагностування за параметрами робочих процесів;

- діагностування за функціональними параметрами складальних одиниць;
- діагностування за концентрацією продуктів зносу в оливі;
- діагностування за віброакустичними параметрами механізмів та ін.

При діагностуванні за герметичністю робочих об'ємів використовують такі діагностичні параметри: тиск, що створюється парою "поршень-гільза"; витрати повітря або оливи через нещільність; кількість газів, що прорвалися до картера; чад оливи у двигуні; тиск у гідро- або пневмосистемі і швидкість його падіння.

Фізична сутність методу полягає в тому, що в системах і порожнинах агрегатів машин встановлюються певні оптимальні величини тиску, швидкості його змін і перепадів. Під час експлуатації машини внаслідок зношування деталей, порушення регулювань, забруднення фільтрів ці величини зазнають змін. Наприклад, зв'язок між зносом шийки колінчастого вала і тиском оливи в мастильній системі ДВЗ визначається за тиском, який у процесі експлуатації змінюється від початкового  $P_H = 0,2 \dots 0,7$  до граничного  $P_{np} = 0,1 \dots 0,15$  МПа.

Таким чином, за тиском у масляній магістралі визначають загальний технічний стан масляного насоса, фільтрів, підшипникових вузлів колінчастого вала двигуна.

Тиск у циліндрі ДВЗ у кінці такту стискання характеризує герметичність надпоршневого простору (технічний стан поршневих компресійних кілець, щільність прилягання клапанів газорозподілу). Нещільність циліндрів вимірюють пневматичними калібраторами, які визначають витрати повітря за різницею тисків до і після отвору.

У паливній системі дизеля найважливішими показниками стану є:

- тиск початку уприскування палива форсункою в циліндр двигуна;
- тиск, що розвивається плунжерною парою паливного насоса;
- час падіння тиску в порожнині штуцера високого тиску (над нагнітальним клапаном).

Клапани діагностують за витратами повітря крізь їх нещільності. Герметичність з'єднань контролюють за тиском у системі або за швидкістю падіння тиску, що утворюється в об'ємі (герметичність нагнітального клапана паливного насоса).

Показники роботи гідросистеми:

- тиск спрацьовування автоматів золотників і запобіжного клапана;

- продуктивність насоса;

- витоки у прецизійних парах і т. д.

При діагностуванні за параметрами робочих процесів контролюють ті параметри, відхилення яких від номінальних значень вказує на погіршення функціональних характеристик об'єкта (фазові параметри ДВЗ, питомі витрати палива, характеристики робочого циклу, температура процесів).

Методи визначення фазових параметрів механічними засобами засновані на фіксації положення колінчастого вала в момент початку подачі палива; відкриття або закриття клапана; визначенні положення поршня циліндра, що перевіряється, відносно ВМТ на відповідному такті.

Температура робочого тіла агрегатів машин є важливим ПТС багатьох механізмів. Так, наприклад, за температурними параметрами визначається технічний стан системи охолодження (міра забрудненості радіатора, утворення накипу в головці і блоці двигуна). Крім того, слід контролювати і підтримувати в заданих межах температуру системи охолодження, системи змащування двигуна, робочої рідини в гідросистемі.

Значно скоротити тривалість діагностичних робіт і покращити їх достовірність дозволяють засоби інфрачервоної термографії – тепловізори. Прикладами таких засобів є термографи для електроапаратури локомотивів типу Therma SAM™ (Німеччина), ИРТИС-2000 (Росія), Therma SAM P65 і Therma SAM E45 (США) [6].

Засоби для діагностування за параметрами робочих процесів: моментоскоп, шаблони, кутоміри, термометри та ін. Контроль димності і складу вихлопних газів виявляє несправності паливної апаратури і стан робочого процесу в циліндрах двигуна; порушення фаз газорозподілу, кута випередження уприскування палива, міри наповнення циліндрів.

У разі діагностування за функціональними параметрами складальних одиниць використовують потужність; частоту обертання; подачу насосів; пропускну спроможність фільтрів; охолоджувальну здатність радіатора; тиск уприскування форсунками; відкриття клапанів.

Діагностування за концентрацією продуктів зносу в оливі побудовано на аналізі проб картерної оливи або з інших ємностей для визначення кількісного вмісту в них продуктів зношування. За кількістю заліза, алюмінію, хрому, міді, свинцю, олова, кремнію та інших елементів у пробі оливи судять про швидкість зношування деталей. За зміною змісту первинних присадок (барій, фосфор, сірка, молібден) судять про зміну якості оливи і про її працездатність. За наявності в оливі кварцу, оксидів алюмінію і кальцію судять про стан повітряного тракту і фільтрів.

При діагностуванні за концентрацією продуктів зносу в оливі застосовують такі методи вимірювання:

- **метод спектрального аналізу** є універсальним і високоефективним. Пробу оливи спалюють і за спектром оцінюють склад і кількість елементів в оливі. Спектр реєструють на спектрографах або квантометрах;

- **індуктивний метод**, при якому застосовуються електричні прилади, що працюють за принципом індукційного мосту. Всередину котушок індуктивності вводять пробірки, заповнені однаковими зразками еталонних олив. Якщо в одну з котушок ввести пробірку з оливою, що містить феромагнітні продукти зношування, рівновага електричного мосту порушується тим більше, чим більше цих частинок міститься в оливі. За зміною індуктивності в часі можна судити про швидкість зношування. Перевагою цього методу є оперативність, а недоліки полягають у невисокій чутливості методу при малих концентраціях заліза, а також у тому, що ним можна виявляти тільки феромагнітні продукти, частка яких від загального вмісту металу в оливі складає 70...80 %;

- **колориметричний метод**;

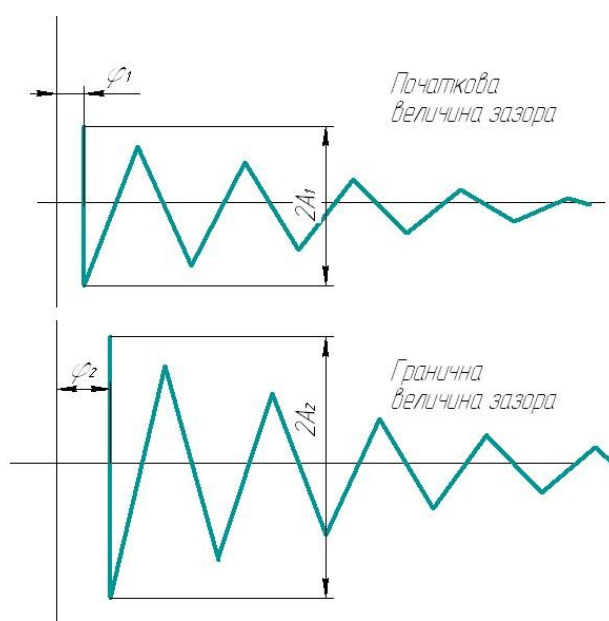
- **радіоактивний метод** та ін.

Діагностування за віброакустичними параметрами механізмів. Суть віброакустичного методу діагностування

полягає в тому, що під час роботи машини рух її деталей супроводжується зіштовхуванням деталей, внаслідок чого механізмами поширюються пружні коливання.

Удари, викликані різкою зміною напрямку силового імпульсу деталей, що рухаються з великою швидкістю, розглядаються як швидкісні імпульсні удари (перекладання поршня в зазорі і удар по стінці гільзи, удар клапана при посадці у гніздо, удар голки форсунки).

Імпульсний удар викликає в деталях, що зіштовхуються, деформацію і пружні коливання з відповідними амплітудами, фазами і частотами (рисуюнок 5.2).



$A_1, A_2$  – амплітуди;  $\varphi_1, \varphi_2$  – фази імпульсу вібрації

Рисуюнок 5.2 – Імпульси вібрації головки блока ДВЗ при початковому та граничному зазорах

Енергія акустичного сигналу зростає зі збільшенням зазорів між деталями, що зіштовхуються. Тому амплітуда, фаза і частота такого віброакустичного сигналу можуть досить точно характеризувати стан кінематичної пари.

Для вимірювання енергії ударів застосовують п'єзоелектричні перетворювачі прискорень, які перетворюють механічні коливання з'єднань системи в електричні сигнали.

Перетворювання побудовано на появі електричних розрядів на гранях деяких кристалічних тіл під впливом на них механічних сил.

Порівнюючи емпіричні величини звукових сигналів з еталонними, можна судити про технічний стан об'єктів у певний період часу та прогнозувати його зміни на майбутнє. Основною складністю цього процесу є відділення певного сигналу з загального спектра і розпізнавання його приналежності тому або іншому елементу машини.

Встановити момент виникнення дефектів деталей машин і елементів металоконструкцій і відстежити характер їх змін у часі дозволяють **методи акустичної емісії**. Вони будуються на тому, що будь-яка зміна у структурі матеріалу (зародження дефекту, пластична деформація, фазові перетворення) супроводжується випромінюванням з місця локалізації цієї зміни відповідного ультразвукового сигналу. Аналіз такого сигналу дозволяє контролювати параметри та координати дефектів, встановити ступінь їхньої небезпеки та скласти прогноз щодо залишкового ресурсу елемента машини. Наприклад, для діагностування підшипників кочення локомотивів застосовуються пристрої ИРП-11, ИРП-12 [6].

Значне місце в технічній діагностиці відведено **методам застосування волоконної оптики**, які ґрунтуються на застосуванні довгих гнучких волокон, здатних пропускати світло уздовж себе. Прилади з застосуванням таких світлопроводів – ендоскопи – дозволяють заглянути всередину вузлів і систем машини та оглядати деталі, виявивши їхній технічний стан.

Волоконно-оптичний ендоскоп складається з джерела світла, двох світлопровідних джгутів, один з яких призначений для передачі світла, а інший – зображення; окуляра і мікрооб'єктива, з'єданого зі світлопровідним джгутом. На залізницях застосовуються лінзові ендоскопи типів АС-1, ОД-20Є, ВОЛЕНД-Т [6].

Окремою групою методів діагностування представлені методи безруйнівного контролю. До їх складу входять такі види контролю: магнітні, акустичні, капілярні, оптичні, радіографічні, електромагнітні та ін.

#### **5.4 Форми технічного діагностування**

Залежно від кількісного і структурного складу парку машин, розосередженості об'єктів робіт технічне діагностування можна поділити так [4, 6]:

- **за організацією проведення:**

а) **спеціалізоване** (проводиться на спеціалізованих постах діагностики або пересувними установками);

б) **змішане** (виконується одночасно з проведенням робіт з ТО);

- **режимом проведення:**

а) **планове** (виконується після напрацювання певної кількості годин, перед ТО і Р);

б) **за потребою** (коли виникла несправність);

- **місцем проведення:**

а) **на стаціонарних постах** (на базі);

б) **безпосередньо на робочому майданчику;**

- **обсягом робіт:**

а) **повне діагностування** (проводять при граничному технічному стані, тобто перед або після ремонту);

б) **часткове.**

**Форми діагностування** залежать від об'єму і характеру діагностичної інформації. За цією ознакою вони поділяються на загальне та поглиблене діагностування.

**Загальне діагностування** проводять для визначення технічного стану машини в цілому або її окремих вузлів. При цьому перевіряють працездатність і справність об'єкта за загальними ПТС без визначення місця, причини ушкодження і характеру відмови.

Його проводять щозмінно у формі ДЕ, а також при номерних діагностичних обслуговуваннях (Д-1, Д-2, Д-3) для пошуку прихованих дефектів, оцінки правильності функціонування вузлів, встановлення об'ємів регульовальних і кріпильних робіт, передбачених ТО. Крім того, загальне діагностування в обов'язковому порядку проводять з періодичністю ТО-1, ТО-2, ТО-3.

**Поглиблене діагностування** застосовують для визначення технічного стану об'єкта, а також для пошуку місця дефектів, їх причини і характеру. Крім того, визначають залишковий ресурс,

встановлюють об'єм регулювальних і ремонтних робіт, необхідних для підтримки працездатності машини або вузлів до чергового поглибленого діагностування.

Поглиблене діагностування проводять за потребою в разі виявлення несправностей при експлуатації машини, при виконанні Д-1, Д-2, Д-3 або у плановому порядку з періодичністю ТО.

Подальший розвиток і впровадження технічного діагностування на підприємствах пов'язані з виконанням таких заходів:

- оснащення підприємств комплектами приладів і пристосувань, що застосовують механічні та електронні способи виміру ПТС машин;
- застосування на підприємствах комплектів електронних приладів з універсальними вимірювальними і автономними прогнозуючими пристроями;
- використання автоматизованих систем діагностування і прогнозування технічного стану машин та обладнання.

## **5.5 Принципи організації діагностування машин на підприємстві**

1 Технічне діагностування проводиться в терміни, встановлені для ТО, а також у разі виникнення несправностей.

2 Щозмінне діагностування (ДЕ) машині виконує машиніст за допомогою вбудованих контрольно-вимірювальних приладів.

3 Усі види діагностування Д-1, Д-2, Д-3 виконує майстер-наладник, а поглиблені види діагностування – ДУ-1, ДУ-2, ДУ-3 - майстер-діагност, що має найвищу кваліфікацію.

4 Роботи з діагностування виконуються на спеціалізованих ділянках, які доцільно створювати на підприємствах, що мають великі змінні програми ТО і Р.

Структура організації виконання робіт з ТО і Р на підприємстві зі спеціальною ділянкою діагностування показана на рисунку 5.3.



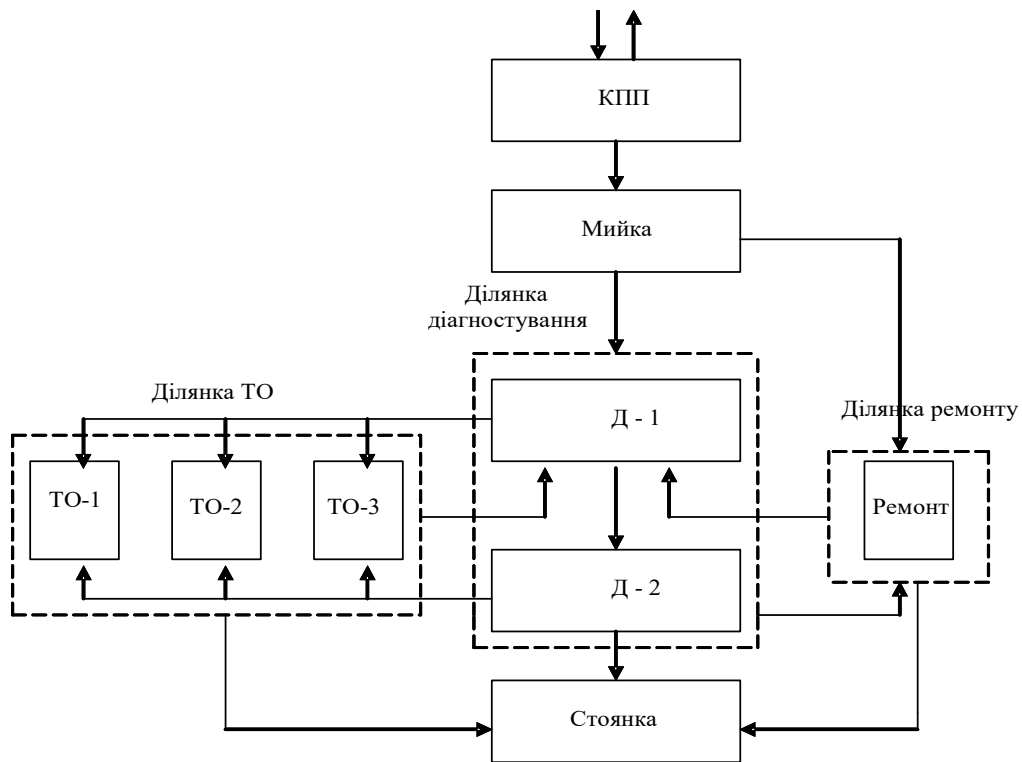


Рисунок 5.3 – Структура організації виконання робіт з ТО і Р на підприємстві зі спеціальною ділянкою діагностування

Машини, призначені для проведення робіт з ТО-1, після мийки надходять на Д-1. Якщо під час виконання Д-1 виявлені несправності, характер яких треба встановити, то проводять ДУ-1 або ДУ-2. Після виконання цих робіт проводять ТО-1.

Машини, що призначені для проведення ТО-2, обов'язково проходять етап робіт Д-1 і Д-2. Якщо машини визнані справними, вони надходять на ТО-2, після чого знову передаються в зону виконання Д-2. У разі виявлення несправностей машину направляють на ділянку ремонту, з якого потім вона має надійти на пости Д-1, Д-2.

Машини, що підлягають плановому ремонту, надходять до зони діагностування, де визначається об'єм ремонтних робіт і залишковий ресурс. Якщо машина справна, то її скеровують на пост ТО-2. Якщо несправна, то її ремонтують, а потім вона знову надходить до поста Д-2.

Машини, що мають відмови, спочатку ремонтують, а потім виконують роботи з Д-2.

При організації ТО і Р безпосередньо на робочому майданчику роботи з Д-1, Д-2 виконують за допомогою пересувних діагностичних установок. При проведенні планових ТО і Р роботи з Д-1, Д-2 доцільно провести за 1...2 дні до виконання ТО-1, ТО-2, що дозволить заздалегідь спланувати роботу.

## **5.6 Діагностування показників роботи двигунів внутрішнього згоряння**

Основними експлуатаційними показниками двигунів внутрішнього згоряння є потужність і паливна економічність. Залежно від умов випробування двигуна, наявності приладів та обладнання застосовують такі методи діагностування:

- безгальмовий;
- гальмовий;
- парціальний.

**Безгальмовий метод** побудований на вимірюванні кутового прискорення колінчастого вала двигуна в режимі вільного розгону. Застосовують шляхом різкого підвищення частоти обертання від мінімально сталої до максимальної.

**Гальмовий метод** базується на використанні гальмових стендів, які навантажують двигун через вал відбору потужності та карданний вал стенда.

**Парціальний метод** заснований на поєднанні безгальмового та гальмового методів. При цьому методі поряд з частковим навантаженням від механічних втрат залучається додаткове навантаження за рахунок дроселювання оливи в гідросистемі двигуна.

## **5.7 Прогнозування технічного стану машин**

Зміна ПТС вузлів і агрегатів машин у процесі експлуатації залежить від великої кількості експлуатаційних, конструктивних і виробничих чинників, для врахування яких застосовують різні елементи технічної діагностики, у тому числі і прогнозування.

Зміни ПТС належать до класу детермінованих процесів, тому їх прогнозування проводять за допомогою інтерполяцій. Для прогнозування спочатку встановлюють аналітичний вираз досліджуваної функції. При виведенні емпіричних залежностей змін ПТС використовують лінійну, степеневу  $y = ax^b$ , показову  $y = ae^x$ , логарифмічну  $y = \lg(bx + c)$  та інші функції. Потім з використанням встановлених емпіричних залежностей проводять прогнозування змін ПТС на майбутнє.

**Прогнозування технічного стану** – передбачення щодо зміни ПТС об'єкта діагностування на майбутнє.

**Мета прогнозування** – орієнтовне визначення напрацювання машини (вузла) до граничного стану, передбачення моменту виникнення відмов і їх попередження. **Прогноз** – висновок про майбутній розвиток і результат події на підставі яких-небудь даних.

Прогнозування відрізняється від розрахунку тим, що при цьому вирішується імовірнісне завдання, у якому поведінка складної системи (машини) в майбутньому визначається лише з тією або іншою мірою достовірності. Таким чином, завдання прогнозування зводиться до передбачення вірогідності безвідмовної роботи машини  $p(t)$  залежно від можливих режимів роботи і умов експлуатації.

Теоретичною основою прогнозування служить прогностика – наука, що вивчає поведінку прогнозованих систем залежно від дії різних чинників.

Для прогнозування найчастіше використовують середньостатистичне прогнозування, на основі чого отримують дані:

- про вірогідність безвідмовної роботи  $p(t)$ ;
- напрацювання на відмову  $T$ ;
- середній ресурс  $T_c$ .

Знаючи ці дані, майстер-діагност за результатами своїх вимірів надає висновок щодо технічного стану об'єкта діагностування і визначає необхідні заходи, не проводячи при цьому ніяких розрахунків. Якщо значення параметра стану є більшим або дорівнює граничному значенню, то об'єкт підлягає технічному обслуговуванню (ремонт). Якщо ж виміряне значення параметра стану є меншим або дорівнює граничному

значенню, то об'єкт не потребує будь-яких дій до чергової перевірки.

Процес прогнозування технічного стану і ресурсу машин складається з трьох етапів.

Перший етап - дослідження процесу зміни ПТС машини в минулому.

Другий етап – встановлення номінальних, тих, що допускаються, і граничних значень параметрів, а також вимірювання поточних значень цих параметрів у процесі діагностування.

Третій етап – аналіз отриманих даних і прогнозування технічного стану вузлів машини, визначення видів, об'ємів і термінів проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування, регулювальних операцій і залишкового ресурсу.

**Залишковий (остаточний) ресурс** – напрацювання об'єкта діагностування від моменту діагностування до граничної зміни його параметра технічного стану.

Розрізняють два методи прогнозування технічного стану і залишкового ресурсу складових частин машин.

Перший метод – прогнозування на основі середньостатистичної зміни ПТС складових частин машини. Суть цього методу полягає в тому, що заздалегідь, на підставі статистичних даних, встановлюють показники зміни ПТС і економічні характеристики, пов'язані з витратами на відновлення. Далі на підставі цих показників визначають допустиме значення параметра, середній ресурс і міжконтрольне напрацювання машини (вузла).

Другий метод – прогнозування за результатом індивідуального виміру ПТС якого-небудь конкретного вузла машини. Суть другого методу полягає в тому, що за результатами діагностування враховують динаміку зміни ПТС у конкретного вузла за певний період напрацювання.

*Треба підкреслити, що прогнозування слід проводити за основними ПТС, тобто такими, що визначають подальшу експлуатацію машини без капітального ремонту. Наприклад, це такі параметри, як тиск оливи в системі змащення, зазори у з'єднаннях, чад оливи, щільність прилягання клапанів до гнізд головки циліндрів та ін.*

Індивідуальне прогнозування ефективніше, ніж прогнозування за середньостатистичною зміною параметра, оскільки при індивідуальному прогнозуванні похибка врахування динаміки зміни параметра в декілька разів менша, а отже, і точнішим є прогноз.

Для визначення залишкового ресурсу методом індивідуального прогнозу необхідно встановити:

- а) початкове значення параметра, що заміряється (з урахуванням технічного стану машини);
- б) напрацювання машини;
- в) фактичне значення параметра в момент діагностування.

## 5.8 Прогнозування залишкового ресурсу машин

Значне місце в діагностиці відводиться роботам з прогнозування залишкового ресурсу, тобто напрацюванню машини від моменту діагностування до граничного стану її складових частин.

Терміни служби складових частин машини з достатньою точністю можна прогнозувати за двома такими методиками.

1 Прогнозування залишкового ресурсу при відомій величині напрацювання від початку експлуатації

Величина залишкового ресурсу (рисунок 5.4) розраховується за формулою

$$t_{\text{зал}} = m \cdot \left( \alpha \sqrt{\frac{(U_{\text{пр}} - U_{\text{ном}})}{(U_t - U_{\text{ном}})}} - 1 \right), \quad (5.1)$$

де  $m$  – напрацювання з початку експлуатації;

$\alpha$  – показник степеня функції зміни стану параметра;

$U_{\text{пр}}$ ,  $U_{\text{ном}}$  – відповідно гранична та номінальна величина параметра;

$U_t$  – значення параметра, визначене в момент діагностування (після напрацювання  $m$ ).

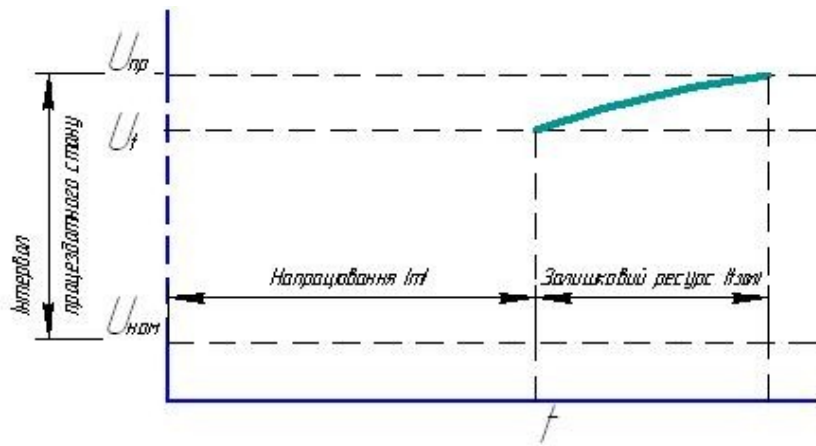


Рисунок 5.4 – Схема до визначення залишкового ресурсу за формулою (5.1)

Для визначення залишкового ресурсу якого-небудь з'єднання за формулою (5.1) необхідно:

- виміряти значення  $U_t$  відповідного параметра в момент діагностування;
- знати напрацювання  $t_m$  від початку експлуатації до моменту виміру;
- встановити з довідників величини  $\alpha$  і  $U_{нр}$ .

При  $\alpha = 1$  швидкість зміни параметра є постійною. У цьому випадку формула (5.1) має вигляд

$$t_{зал} = t_m \cdot \left( \frac{U_{нр} - U_{ном}}{U_t - U_{ном}} - 1 \right). \quad (5.2)$$

Приклад розрахунку залишкового ресурсу з застосуванням формули (5.1).

Діагностування технічного стану двигуна автотранспорту показало, що після напрацювання ним 1025 год роботи інтенсивність прориву газів у картер становить 73 л/хв. Гранична та номінальна величина цього параметра становлять відповідно 90 л/хв і 28 л/хв. Для поршневої групи двигуна показник  $\alpha = 1,3$ . Визначити залишковий ресурс поршневої групи двигуна.

За формулою (5.1)

$$t_{зал} = 1025 \cdot \left( 1,3 \sqrt[3]{\frac{90 - 28}{73 - 28}} - 1 \right) = 1202 \text{ год.}$$

Таким чином, залишковий ресурс, або час, упродовж якого поршнева група двигуна може відпрацювати без відмов, становить 1202 год.

## 2 Прогнозування залишкового ресурсу за відсутності даних про напрацювання від початку експлуатації

За відсутності даних про напрацювання від початку експлуатації залишковий ресурс визначають на основі екстраполяції. При цьому виходять з того, що, якщо функція у точках  $x_0, x_1, \dots, x_n$ , які знаходяться всередині інтервалу  $(x_0, x_n)$ , є відомою, то визначення функції  $U(x)$  у точках, що лежать за межами згаданого інтервалу, проводять із застосуванням відповідних математичних залежностей.

У цьому випадку слід провести виміри параметрів ( $U_{t1}$  і  $U_{t2}$ ) при попередньому і повторному діагностуванні, знати величину напрацювання  $m_{1-2}$  між цими вимірами (рисунок 5.5), також встановити з довідників величини  $\alpha$  і  $U_{np}$ .

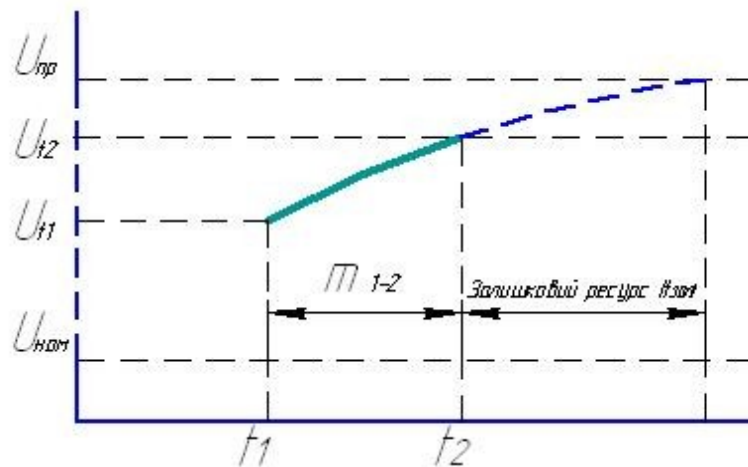


Рисунок 5.5 – Схема до визначення залишкового ресурсу за формулою (5.3).

Залишковий ресурс розраховується за формулою

$$t_{зал} = R \cdot t_{ум}, \quad (5.3)$$

де  $R$  - коефіцієнт, що враховує темп зносу з'єднання між двома вимірами  $U_{t1}$  і  $U_{t2}$ ;

$t_{ум}$  – умовний залишковий ресурс.

Коефіцієнт  $R$  і умовний залишковий ресурс  $t_{ym}$  визначаються як

$$R = \frac{1}{\sqrt[\alpha]{\frac{U_{t_2}}{U_{t_1}} - 1}} + 1, \quad t_{ym} = m_{1-2} \cdot \left( \alpha \sqrt[\alpha]{\frac{U_{np}}{U_{t_2}} - 1} \right), \quad (5.4)$$

де  $U_{t_1}$  і  $U_{t_2}$  – величини параметра, виміряні в моменти часу  $t_1$  і  $t_2$ ;

$m_{1-2}$  – напрацювання з'єднання між двома вимірами величин  $U_{t_1}$  і  $U_{t_2}$ .

Процедура прогнозування залишкового ресурсу складається з таких етапів.

1 Визначення фактичного значення параметра стану  $U_{t_1}$  у момент контролю  $t_1$ . Його порівнюють з допустимою величиною  $U_{np}$  та роблять висновок, чи слід виконувати роботи з ТО і Р, чи відкласти їх виконання до наступного контролю в момент часу  $t_2$ .

2 Після напрацювання вузлом, що діагностується, певного часу  $m_{1-2}$  проводять вимір фактичного значення параметра стану  $U_{t_2}$  у момент контролю  $t_2$ .

3 З таблиць встановлюють величину  $\alpha$ . У разі нелінійної залежності  $U(m)$  залишковий ресурс  $t_{зал}$  розраховується за формулами (5.3)-(5.4).

Таким чином, для визначення залишкового ресурсу об'єкта діагностування при невідомому напрацюванні від початку експлуатації необхідно виміряти значення контрольованого параметра не менше двох разів і знати напрацювання за час роботи між цими вимірами. Граничне  $U_{np}$  і  $U_n$  номінальне значення параметра визначають з довідників.

Зміни ПТС вузла зазвичай відбуваються плавно. Проте на практиці під впливом випадкових чинників виникають певні відхилення швидкості зміни параметра від згаданої закономірності. Тому реальні дані можуть певною мірою відрізнятися від теоретичних. Щоб отримати точніші результати, необхідно врахувати випадкові відхилення параметрів стану від теоретичної плавної кривої.

На параметри технічного стану машини впливають багато імовірнісних чинників. Тому **встановити однозначний зв'язок**



**між змінами параметра стану і причиною цих змін практично неможливо.**

Через це доводиться зберігати, обробляти велику кількість інформації, порівнювати різні варіанти розв'язання задачі і вибирати серед них найкращий варіант. Це можливо з застосуванням у технічній діагностиці сучасної обчислювальної техніки у вигляді спеціалізованих машин, які запрограмовані на прогнозування зміни стану того об'єкта, у який вони вбудовані. За допомогою таких машин можливо:

- контролювати входні величини і перевіряти їх відповідність допустимим параметрам;
- проводити систематичну реєстрацію всіх контрольованих параметрів;
- вести обробку поточної інформації;
- вимірювати швидкість зміни параметрів;
- вести прогнозування працездатності об'єкта.

**Похибка прогнозування** технічного стану елементів машини в більшості випадків підкоряється нормальному закону, тобто відхилення похибки в бік збільшення або зменшення є рівноімовірним. При відхиленні ПТС в той чи інший бік зростають витрати: у першому випадку – за рахунок передчасного ТО, а в другому – за рахунок усунення наслідків раптових відмов машини.

Щоб зменшити додаткові витрати від похибки прогнозування, залишковий ресурс слід визначати з заданою довірчою вірогідністю (ГОСТ 21571-76). Чим більшими є витрати, пов'язані з раптовою відмовою, тим більшою має бути довірна вірогідність прогнозу (міра гарантії довірчого ресурсу).

Для особливо відповідальних вузлів машин, усунення несправностей яких вимагає великих витрат (або тих, що впливають на техніку безпеки під час роботи машини), довірна вірогідність  $p(t)$  безвідмовної роботи має бути не меншою 0,95.

Для менш відповідальних деталей  $p(t)$  - 0,6...0,95

мало відповідальних деталей  $p(t)$  - 0,3...0,6.

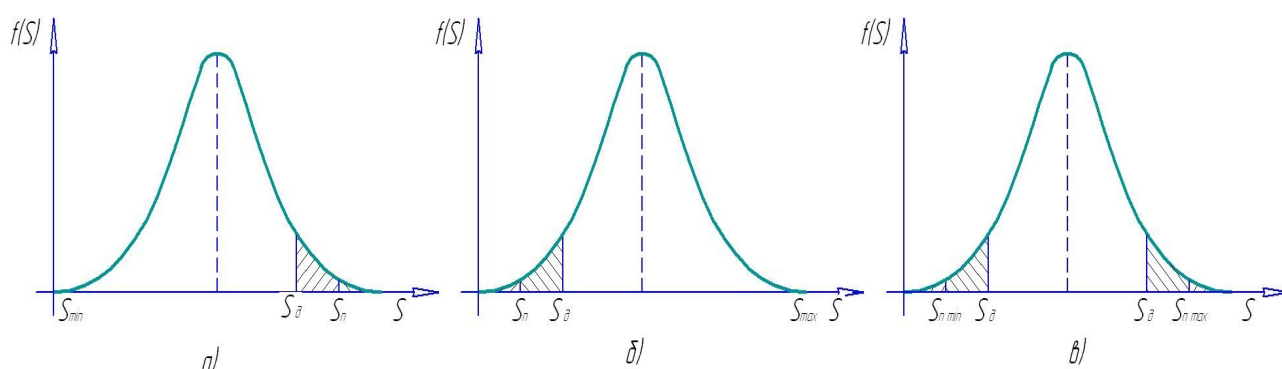
### **5.9 Межі допустимих значень діагностичних параметрів**

Залежно від типу діагностичного параметра та характеру розсіювання його величину обмежують з однієї або з двох сторін.

Одностороннє обмеження вводять у тому випадку, коли номінальною є найменша чи найбільша величина параметра. Обмеження за найбільшим значенням діагностичного параметра застосовують для параметрів зносу, величин зазорів, витрат палива і т. д. (рисунок 5.6, а).

Оскільки одним із завдань діагностування є попередження відмов, для підвищення вірогідності попередження встановлюють попереджувальне значення діагностичного параметра  $S_o$ , яке вказує на те, що фактична величина діагностичного параметра  $S$  наблизилася до свого граничного значення  $S_n$ .

Обмеження за мінімумом (рисунок 5.6, б) вводять для таких параметрів: к.к.д., продуктивність, тягове зусилля, потужність, тиск у пневмо- або гідросистемі. Двостороннє обмеження (рисунок 5.6, в) характерне для таких параметрів, як тиск у пневмошинах, в'язкість олив і т. д.



- а – обмеження за максимальною величиною діагностичного параметра; б – те саме за мінімальною величиною;
- в – двостороннє обмеження діагностичного параметра

Рисунок 5.6 – Графіки  $f(S)$  щільності розподілу величин діагностичного параметра  $S$ ;  $S_{\min}, S_{\max}$  – мінімальна та максимальна величина діагностичного параметра;  $S_o$  – допустима величина діагностичного параметра;  $S_n$  – гранична величина діагностичного параметра

Межі допустимих величин діагностичного параметра для нормального закону розподілу визначають за формулою [1]

$$S = \bar{S} \pm t_{\alpha} \frac{\sqrt{\sigma}}{N}, \quad (5.5)$$

де  $\bar{S}$ ,  $\sigma$  – середня арифметична величина та середньоквадратичне відхилення діагностичного параметра  $S$ ;

$t_\alpha$  – коефіцієнт розподілу Стюдента (визначається за статистичними таблицями залежно від рівня довірчої вірогідності та кількості вимірів параметра  $S$ );

$N$  – обсяг статистичної вибірки (кількість вимірів параметра  $S$ ).

Межі допустимих величин діагностичного параметра для логарифмічно-нормального закону розподілу та закону розподілу Вейбулла відповідно визначають за формулами (5.6) та (5.7) [1]

$$\lg S = \lg \bar{S} \pm t_\alpha \frac{\sigma_{\lg S}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 + 2,66\sigma_{\lg S}^2}, \quad (5.6)$$

$$S_{\min} = \bar{S} \sqrt[r_1]{m}, \quad S_{\max} = \bar{S} \sqrt[r_2]{m}, \quad (5.7)$$

де  $r_1$ ,  $r_2$  – коефіцієнти, що визначаються за статистичними таблицями залежно від рівня довірчої вірогідності та кількості вимірів параметра  $S$ ;

$m$  – параметр розподілу Вейбулла (визначається за статистичними таблицями).

## Література до розділу 5

1 Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.М. Шейнин, А.П. Крившин, Б.И. Филиппов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 336 с.

2 Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Ф.Н. Авдонькин. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. – 288 с.

3 ГОСТ 25044-81. Техническая диагностика. Диагностирование автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/22/22609.shtml>.

4 ДБН В.2 8 3 95. Технічна експлуатація будівельних машин [Електронний ресурс]: затв. Держкоммістобудування України

7.07.1995 р. – Режим доступу: [http://innovation-group.com.ua/sprav/cd5/print/10\\_3\\_print.php](http://innovation-group.com.ua/sprav/cd5/print/10_3_print.php).

5 Ровках, С.Е. Техническая эксплуатация и ремонт машин транспортного строительства [Текст]: учеб. для техникумов / С.Е. Ровках, Л.А. Фейгин. – М.: Транспорт, 1985. – 335 с.

6 Бервинов, В.И. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов [Текст]: учеб. пособие / В.И. Бервинов, Е.Ю. Доронин, И.П. Зенин. – М.: Учебн.-метод. центр по образованию на железнодорож. транспорте, 2008. – 332 с.

7 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

8 Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов [Текст]: учеб. для сред. проф. образ. / С.Ф. Головин, В.М. Коншин, А.В. Рубайлов и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 464 с.

## **6 ДІАГНОСТУВАННЯ І ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН**

### **6.1 Діагностування і ТО двигунів внутрішнього згоряння**

На двигун припадає близько 70 % загальної кількості відмов машини, а вартість ТО і Р за час його служби складає 70 % всіх витрат, що йдуть на виготовлення і ремонт машини.

Зі всіх відмов двигуна:

35 % припадає на систему запалення;

27 % – кривошипно-шатунний механізм;

25 % – систему живлення;

6 % – розподільний механізм;

4 % – систему охолодження;

3 % – систему змащення.

На безвідмовність і довговічність двигунів суттєво впливають режим їхньої роботи та умови експлуатації. Серед них найбільш впливовими є такі чинники:

а) якість регулювання паливної апаратури;

б) тепловий режим;

в) вміст сірки в паливі;

г) ступінь очищення повітря;

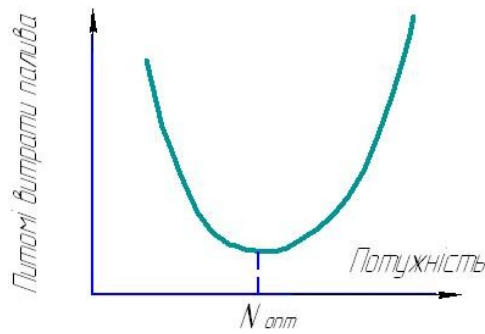
д) несталий і пусковий режими робіт.

**Якість регулювання паливної апаратури.**

Випробуваннями встановлено, що для ДВС з порушеними регулюваннями паливної апаратури порівняно з оптимальними значеннями середнє значення частоти відмов зростає у 2,5 разу, тривалість простоїв на позаплановому ремонті у 2,5 разу, а середнє напрацювання на відмову зменшується у 2,1 разу.

**ДВИГУНИ НЕРІДКО ПРАЦЮЮТЬ ЯК З НЕПОВНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ПОТУЖНОСТІ** через знижену подачу палива, так і у **ФОРСОВАНИХ РЕЖИМАХ** при завищеній подачі палива. Встановлено, що при однаковому відхиленні потужності від номінального значення як у бік збільшення, так і в бік зменшення, відбувається зростання питомих витрат палива (рисунок 6.1).

Так, при підвищенні потужності на 10 % вище від номінальної відносна питома швидкість зношування зростає на 35 %, а відносні питомі витрати палива – на 8 %. Зниження потужності також призводить до зростання цих показників майже з тією самою інтенсивністю.



$N_{opt}$  – номінальна величина потужності

Рисунок 6.1 – Залежність питомих витрат палива від величини потужності двигуна внутрішнього згорання

**Тепловий режим.** Окремі ділянки поршня і головки блока двигуна нагріваються до  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  і вище, а межа міцності металу починає різко знижуватися вже при температурі  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При температурах, більших  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відбувається:

- швидке пригорання поршневих кілець;
- інтенсивне окислення мастил, утворення нагару;
- збільшення температурних деформацій гільз;
- збільшення тиску поршневих кілець на гільзу;
- перегрів двигуна, зниження в'язкості мастил, зрив мастильної плівки.

ПРОТЕ НАЙНЕБЕЗПЕЧНИШИМ Є НЕ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ, А ЙОГО ЗНИЖЕННЯ. Оптимальний тепловий режим, при якому знос двигуна буде мінімальним, знаходиться в діапазоні  $70\text{...}90\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1, 2] (рисунок 6.2).

Виявлено, що сумарний знос поршневих кілець, поршнів, гільзи і підшипників при температурі  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (охолоджуючої рідини) у 6,5 разу вище, ніж при номінальній ( $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а при температурі  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$  – у 1,5 разу вище.

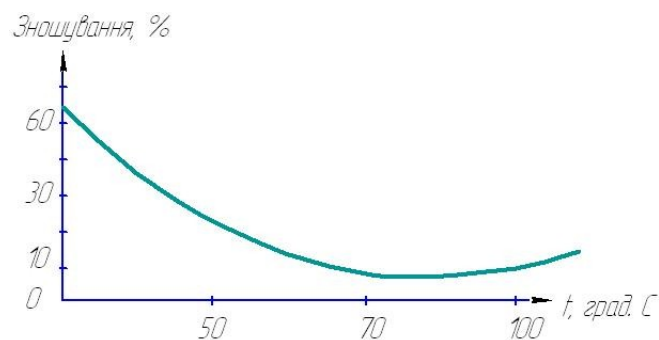


Рисунок 6.2 – Залежність зносу деталей двигуна залежно від температури охолоджуючої рідини

**Вміст сірки.** При занижених значеннях температури охолоджуючої рідини (нижче за  $70^{\circ}\text{C}$ ) поверхня гільзи зволожується конденсатом води, у якій розчиняються продукти згоряння сірчастих сполук. У результаті на стінках утворюється слабконцентрована сірчана кислота, що прискорює хімічну корозію гільз.

Нагар і коксові відкладення за наявності сірки набувають підвищеної твердості, тому знос кілець збільшується у 2...2,5 рази.

**Ступінь очищення повітря.** При недотриманні правил догляду за очисником повітря (невчасна заміна масла або промивання касети фільтра) кількість пилу, який потрапляє в циліндри, збільшується, що прямо пропорційно впливає на інтенсивність зносу.

Особливо небезпечним є підсос повітря через нещільності в системі. Так, якщо в циліндри двигуна, минувши фільтри повітря, потрапляє лише 1 % повітря, швидкість зношування зростає в 4 рази. А на практиці через невідповідну герметичність системи фільтрів до циліндрів надходить до 15...25 % неочищеного повітря.

**Несталий і пусковий режими роботи.** Відсутність мастила в момент пуску і під час прогрівання двигуна сприяє інтенсивному зношуванню циліндро-поршневої групи (рисунок 6.3).

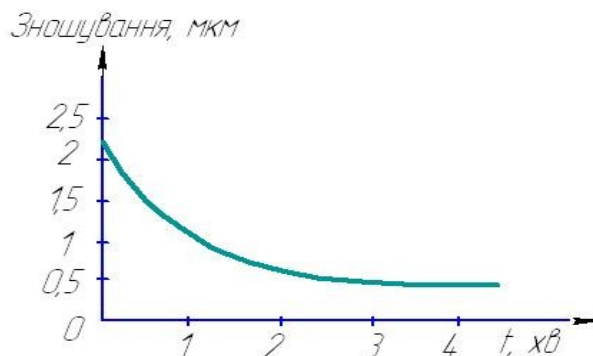


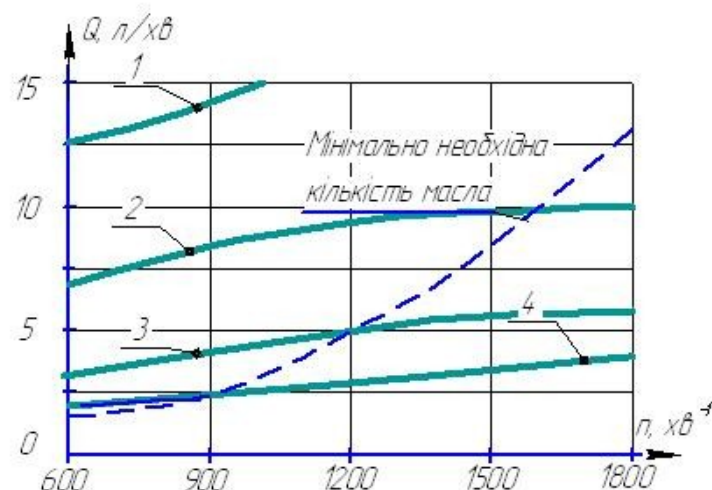
Рисунок 6.3 – Характер зміни зносу деталей двигуна після пуску до моменту його повного прогріву [2]

Найбільш інтенсивне зношування спостерігається протягом 1-ї хвилини роботи двигуна, коли кількість мастила після пуску виявляється недостатньою. Погані умови змащування при низьких температурах (під час пуску) обмежують розгін двигуна. З рисунка 6.4 видно, що при температурі мастила в картері  $0^{\circ}\text{C}$  безаварійна робота двигуна можлива лише при оборотах, не менших за 900 об/хв. З підвищенням температури мастила до  $+10^{\circ}\text{C}$  та  $+20^{\circ}\text{C}$  кількість допустимих обертів двигуна може бути збільшена відповідно до 1200 та 1550 об/хв.

Погане (недостатнє) надходження мастила у двигун пояснюється високою в'язкістю мастила при низьких температурах. Максимальні обороти можливо досягати тільки після прогрівання мастила до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Встановлено, що один пуск холодного карбюраторного двигуна і його прогрівання супроводжується таким самим зношуванням, що і після пробігу автомобіля 150 км [3].

На знос двигуна також погано впливають ТРИВАЛІ СТОЯНКИ ДВИГУНА МІЖ ПУСКАМИ. На поверхні деталей циліндро-поршневої групи непрацюючого двигуна інтенсивно протікають електрохімічні корозійні процеси. Тому після 6 діб простою двигуна СМД-14 його знос буде еквівалентним тому, який спостерігається після 4,5 год його роботи, а після 18 діб простою – 8 год роботи.





- 1 – крива надходження мастила при температурі +40 °С;  
2 – те саме +20 °С; 3 – те саме +10 °С; 4 – те саме 0 °С

Рисунок 6.4 – Графік залежності кількості мастила (мінімально необхідної – пунктирна лінія, і тієї, що надходить фактично, – суцільна лінія) від частоти обертів коленвала двигуна за різної температури мастила [2]

До небажаних наслідків призводить **ЗУПИНКА** (перегрітого) **ДВИГУНА ПРИ ВИСОКИХ** температурах **МАСТИЛА**, оскільки після зупинки мастило стікає по стінках циліндрів, а тому наступний запуск буде відбуватися в умовах недостатнього змащення, що призводить до підвищеного зносу.

Крім того, після припинення циркуляції охолоджувальної рідини **В ЗОНІ ВИСОКИХ** температур **УТВОРЮЮТЬСЯ ПАРОВІ ПРОБКИ**, що веде до **ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ** через нерівномірне охолодження стінок і до **ПОЯВИ ТРИЩИН, ПОРУШУЄТЬСЯ ГЕРМЕТИЧНІСТЬ КАМЕРИ СТИСНЕННЯ**, через неоднакове лінійне розширення головки блока і шпильок **РУЙНУЮТЬСЯ ПРОКЛАДКИ ГОЛОВКИ БЛОКА**.

**Для забезпечення довговічної роботи двигуна потрібно забезпечити:**

- сталість теплового режиму;
- ефективне очищення мастил, палива, повітря;
- сталість режиму роботи двигуна або найбільш плавний перехід з одного режиму на інший.

## **6.2 Загальна оцінка технічного стану двигуна**

Загальну оцінку технічного стану двигуна суб'єктивними методами роблять за тривалістю запуску і димністю вихлопу.

**ТРИВАЛІСТЬ ЗАПУСКУ** технічно справного двигуна не повинна перевищувати влітку 3 хв, а взимку – 10 хв. Більш тривалий запуск свідчить:

- про зниження частоти обертання коленвала двигуна;
- несправності стартера;
- розрядженість акумуляторної батареї;

- несправність паливної апаратури;
- знижену компресію в камері стискування;
- потрапляння води до циліндрів;
- несправність механізму газорозподілу.

Наявність димного вихлопу у прогрітого двигуна спостерігається через ненормальне згоряння палива. Норми та методи вимірювання димності викладені в ГОСТ 17.2.2.01-84. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений.

**ЧОРНИЙ ДИМ** свідчить про неповне згоряння палива, що може бути наслідком недостатньої подачі повітря; надлишку подачі палива; порушення кута випередження запалення або подачі палива.

**БІЛИЙ ДИМ** – недостатня кількість палива, що подається в циліндри; низька компресія; потрапляння води; порушення кута випередження запалення або подачі палива.

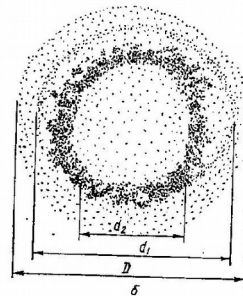
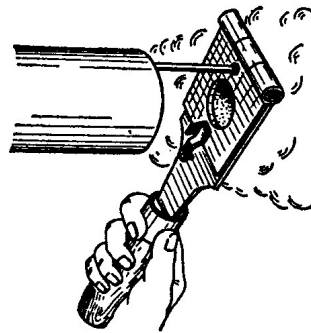
**СИНІЙ ДИМ** – значне згоряння мастила через його високий рівень у картері; значний знос циліндро-поршневої групи; знос або неправильне регулювання клапанів двигуна.

Димність оцінюється димомірами або візуально (рисунок 6.5). При роботі двигуна на повільному ході протягом 20...30 с знімають кілька відбитків на папері, а потім порівнюють отримані відбитки з еталонним і визначають ступінь димлення та дефектів двигуна.

Залежно від характеру відбитків вихлопу можна зробити попередні висновки:

- плями сіро-жовтого кольору на папері свідчать про наявність у вихлопних газах оливи, тобто про великий угар картерної оливи;
- плями сіро-бурого кольору вказують на наявність у вихлопі частинок палива, що свідчить про пропускання спалахів у циліндрах через низьку компресію або несправність форсунок;
- краплини води – ознака порушення герметичності між камерою згоряння та системою охолодження (прогоряння прокладки головки блока);
- наявність крупних частинок сажі може свідчити:
  - а) про великий угар картерної оливи;

- б) порушення кута випередження подачі палива (запалювання);
- в) погіршення герметичності камери стискування;
- г) провал (збільшений хід) клапанів;
- д) зрушення фаз газорозподілу;
- е) надлишкову подачу палива в циліндри;
- ж) погане розпилювання палива форсунками;
- и) засмічення фільтра очищення повітря або вихлопної труби.



а)

б)

а – вихлопна труба з рукояткою; б – папір з відбитками вихлопу

Рисунок 6.5 – Прилад для зняття відбитків вихлопних газів

При об'єктивних методах оцінки димності застосовують:

- прилад для визначення щільності відпрацьованих газів;
- прилад хімічного аналізу вихлопу на вміст у ньому CO;
- роликівий стенд (тягове зусилля, питомі витрати та ін.).

З появою в технічній практиці ендоскопів стало можливим вести спостереження і контролювати стан недоступних раніше для інших засобів деталей закритих порожнин машин (циліндри і поршні ДВС та ін). Ендоскопи складаються з оптичної й

освітлювальної систем. Вони бувають двох типів: жорсткі (лінзові) і гнучкі (волоконні). Лінзові ендоскопи дозволяють виявляти подряпини, тріщини, корозійні пошкодження розміром 0,03...0,08 мм у виробах діаметром 5...80 мм та довжиною до 10 м [4].

Волоконні ендоскопи, на відміну від лінзових, дозволяють передавати зображення з будь-якого криволінійного профілю, але поступаються лінзовим у якості зображення.

Інформацію про технічний стан об'єкта, отриману за допомогою ендоскопів, можна спостерігати візуально і фотографувати, що дає можливість спостерігати процес розвитку дефектів і прогнозувати строки подальшої експлуатації.

Спочатку двигун оглядають. Заводять і прослухують при роботі на різних режимах. ТО проводять без розбирання двигуна. Велику частку інформації про технічний стан двигуна може дати прослухування шумів при його роботі.

При обслуговування карбюраторних двигунів перевіряють [5, 6]:

- щільність з'єднань і кріплень приладів і приводів управління;
- регулювання карбюратора на мінімальній частоті обертання холостого ходу;
- спуск відстою з фільтра-відстійника і промивання фільтруючого елемента;
- роботу бензонасоса;
- карбюратор (очищення, перевірка, регулювання).

При обслуговуванні дизельних двигунів перевіряють [5, 6]:

- герметичність системи;
- роботу привода управління подачею палива і зупинки двигуна;
- стан фільтрів, заміну або промивання їх елементів;
- роботу насосів-форсунок на стенді;
- кут випередження подачі палива;
- роботу насоса високого тиску (на стенді).

### **6.3 Особливості роботи інжекторних двигунів**

На відміну від карбюраторних, в інжекторних двигунах (ІД) внутрішнього згоряння подача горючої суміші проводиться

форсунками безпосередньо в циліндри. Управління роботою форсунками виконує контролер – електронний блок управління. Він керує форсунками, добиваючись оптимальної роботи двигуна: забезпечує точне дозування палива, підтримує правильний склад горючої суміші в циліндрах, що дозволяє різко підвищити економічність роботи і обмежити токсичність відпрацьованих газів.

Контролер приймає і аналізує інформацію від системи датчиків:

- положення колінчастого вала (контроль моменту уприскування і запалення);
- положення дросельної заслінки;
- витрати повітря (контроль якості наповнення циліндрів);
- температури охолоджуючої рідини (контроль випаровуваності палива);
- детонації (контроль кута випередження запалення);
- швидкості автомобіля;
- фази роботи впускного розподільного вала;
- концентрації кисню у відпрацьованих газах (коригує час відкритого стану форсунок).

Порівняно з карбюраторним ІД має переваги:

- контроль складу суміші («багата – бідна») виконує контролер;
- для карбюраторного двигуна необхідно коректувати роботу дозатора подачі, а в ІД це постійно робить контролер;
- неможливе самозаймання палива в гарячих циліндрах – «дизелінг»;
- неможливо розганяти двигун для роботи на оборотах, що перевищують граничні;
- менша токсичність вихлопу (у зоні «економічних» оборотів двигуна);
- економічність (у зоні «економічних» оборотів двигуна).

В ІД передбачене пошарове утворення суміші (рисунок 6.6). Паливо, яке уприскується в циліндр, змішується з повітрям таким чином, що склад горючої суміші біля свічки є оптимальним, подалі – дуже «бідним», а біля стінок паливо може бути й відсутнім. Завдяки потужному вогнищу, що виникло навколо свічок, далі спалахують ті рештки «бідної» суміші, які не здатні

загорятися безпосередньо від іскри. Вихлоп при «економічних» оборотах ІД – дуже чистий, а економічність – наближається до показників дизельного двигуна.



1-форсунка; 2-свічка

Рисунок 6.6 – Схема прямого уприскування в циліндр двигуна

Для отримання великої потужності в ІД треба збагатити суміш у всьому об'ємі камери. Тому в діапазоні збільшеної потужності різниця в економічності карбюраторного і ІД дещо зменшується, але ж залишається на користь ІД. Роботу на цьому режимі контролер організує за допомогою датчиків регулювальника тиску.

Загальна оцінка технічного стану двигунів внутрішнього згорання визначається за номенклатурою діагностичних параметрів, встановлених ГОСТ 23435-79 [5].

## 6.4 Діагностування і ТО кривошипно-шатунного механізму

До елементів кривошипно-шатунного механізму належать циліндри; поршні; кільця; шатуни; коленвал; вкладиші. Їх несправність призводить:

- до падіння потужності двигуна на 15...20 %;
- збільшення чаду мастила і прориву газів до картера;
- зменшення тиску в кінці такту стискування;
- наростання шуму і вібрації;
- появи зайвих стуків;
- різкого збільшення забруднення мастила картера продуктами зносу.

Основними показниками технічного стану цього вузла є такі ДІАГНОСТИЧНІ ПАРАМЕТРИ [4]:

- компресія (тиск наприкінці такту стиснення);
- чад мастила;
- прорив газів до картера;
- шуми, стуки, вібрації.

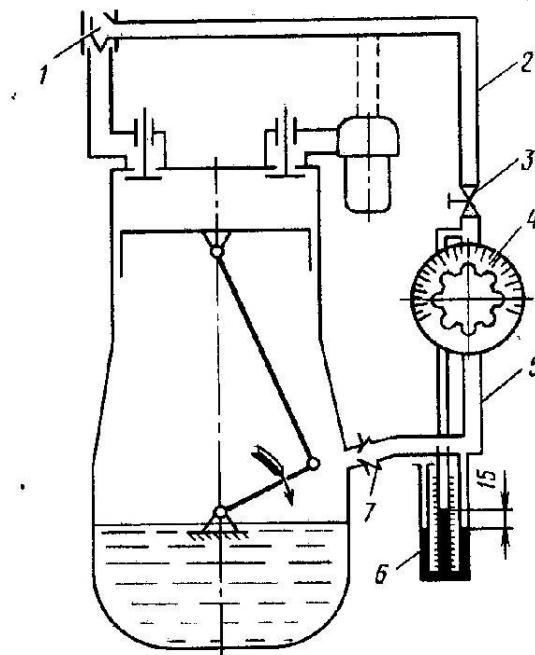
**Компресія.** Найчастіший спосіб перевірки циліндро-поршневої групи – вимірювання компресії за допомогою компресометра. За його допомогою фіксують максимальний тиск у циліндрі.

Мінімальне допустиме значення тиску для карбюраторних двигунів – 0,44...0,78 МПа, а для дизельних – 1,96 МПа. Зниження герметичності камери стискування свідчить про нещільність прокладки головки блока або зношування компресійних кілець, поршнів і гільз.

Різниця між величиною компресії окремих циліндрів не повинна перевищувати 0,17-0,20 МПа.

**Чад мастила.** Визначається експериментально. Заміряють за витратами мастила за певний період часу.

**Прорив газів до картера.** Для визначення кількості газів, що прориваються до картера, двигун прогрівають, відкривають заливну горловину, закривають отвір сапуна і отвір під вимірною лінійкою пробками і підключають прилад КИ-4887-11. Для вимірювань необхідно закріпити (рисунок 6.7) на вихлопній трубці інжектор 1 або опустити наконечник випускного трубопроводу 2 у впускну трубу очищувача повітря. Далі потрібно вставити конусний гумовий наконечник 7 впускного трубопроводу 5 в отвір заливної горловини.



1 – інжектор; 2 – випускний трубопровід; 3 – дросель;  
 4 – втулка шкали витратоміра; 5 – впускний трубопровід;  
 6 – водяний манометр; 7 – гумовий наконечник

Рисунок 6.7 – Вимірювання кількості газів, які прориваються до картера [8]

Під час роботи дизеля на холостому ході встановлюють номінальну частоту обертання. Тримаючи прилад у вертикальному положенні, поворотом втулки дроселя 3 зрівнюють рівні води в лівому та правому каналах манометра 6. Повільно обертають втулку 4 за маховик за стрілкою годинника та прагнуть встановити таке положення, при якому рівень води в середньому каналі був би на 15 мм вищим за рівень у правому каналі. Якщо після цього рівні в лівому і правому каналах будуть різними, то їх треба урівняти обертанням втулки дроселя 3. За шкалою витратоміра 4 визначають витрати газу, що прорвалися до картера. У таблиці 6.1 наведені величини параметра з прориву газів у картер, що характеризують стан кривошипно-шатунного механізму двигунів.

С.К. Полянський та ін. [7] за показником прориву картерних газів наводять таблицю 6.2, а також наступну методику



розрахунку залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи двигунів.

Послідовність дій при розрахунку залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи двигунів [7] така.

1 Визначити напрацювання двигуна від початку експлуатації.

2 Визначити поточну величину витрати картерних газів та округлити цю величину до найближчих значень з таблиці 6.1.

3 На перетині стовпчика округленого значення витрати газів з округленим значенням напрацювання двигуна визначити залишковий ресурс.

Таблиця 6.1 – Величини параметра з прориву газів у картер [5, 6]

Двигун	Частота обертання двигуна, об/хв	Витрата картерних газів, л/хв		
		номінальна	допустима	гранична
ЯМЗ-240Б	1900	90	180	260
ЯМЗ-238НБ	1700	72	125	180
СМД-60	2000	62	105	150
СМД-62	2100	65	110	160
А-01М	1700	52	110	160
Д-160	1250	47	100	140
Д-130	1070	40	85	120
Д-41	1750	35	77	110
Д-240	2200	31	70	100
Д-240Л, Д-50	1700	22	49	70
Д-65Н	1750	24	53	76

Таблиця 6.2 – Дані для оцінки залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи двигунів [7]

Двигун	Частота обертання, об/хв		Значення витрати картерних газів, л/хв
	колінчастого вала	вала відбирання потужності	

ЯМЗ-240Б	1900	1100	200	170	155	143	134
ЯМЗ-238НБ	1700	1000	180	153	139	128	120
СМД-62	2100	1028	160	137	124	114	108
А-01М	1700	576	160	133	119	108	101
А-41	1750	583	110	92	82	74	70
Д-130	1070	535	120	101	90	80	76
СМД-14	1700	536	90	75	66	60	56
Д-240, Д-240Л	2200	571	100	84	74	67	62
Д-50	1700	562	70	59	52	47	44
Д-50Л	1700	574	70	59	52	47	44
Д-65Н	1750	557	76	64	56	51	47
Д-37М	1600	533	85	71	63	57	53
Напрацювання двигуна з початку експлуатації, мото-години	Залишковий ресурс циліндро-поршневої групи, мото-години						
1000	0 125 250 375 500						
2000	0 250 500 750 1000						
3000	0 375 750 1000 1000						
4000	0 500 1000 1000 1000						

**Приклад.** Знайти залишковий ресурс циліндро-поршневої групи двигуна, якщо виміряне значення витрат картерних газів у двигуні СМД-62 дорівнює 121 л/хв, а напрацювання машини від початку експлуатації становить 2250 мото-годин.

З таблиці 6.2 знаходимо найближче до виміряного значення газів у двигуні СМД-62, що дорівнює 124 л/хв, і найближче значення напрацювання від початку експлуатації, що становить 2000 мото-годин. На перетині колонки взятої витрати газів (124 л/хв) з рядком встановленого напрацювання (2000 мото-годин) знаходимо залишковий ресурс, який дорівнює 500 мото-годин.

**Шуми, стуки, вібрації.** Прослуховують мембранними або електронними стетоскопами або електронним приладом ЕМДП-2. Його п'єзокварцевий датчик перетворює механічні коливання в електричний сигнал, який чутний у навушниках.

У двигуні відхилення від нормальної роботи будь-якого з'єднання має свою шумову характеристику: стук поршнів об циліндр, стуки корінних і шатунних підшипників, стуки у з'єднанні "поршневий палець-шатун", стук клапанів.

Крім того, під час ТО кривошипно-шатунного механізму перевіряють і підтягують шпильки головки блока.

## **6.5 Діагностування і ТО газорозподільного механізму**

Під час діагностування і ТО газорозподільного механізму перевіряють [5, 6]:

- щільність прилягання клапанів до гнізд;
- зазори між стрижнями клапанів і штовхачами;
- пружність пружин;
- кріплення головки блока;
- фази газорозподілу.

**Щільність** прилягання клапанів до своїх гнізд є одним з основних параметрів роботи газорозподільного механізму. Для встановлення цього параметра застосовують індикатор КИ-4887-11 і компресорно-вакуумну установку (рисунок 6.8). Обертанням колінчастого вала встановлюють поршень першого циліндра у верхнє мертве положення, що відповідає куту випередження подачі палива. Фіксують положення колінчастого вала, включивши будь-яку передачу.

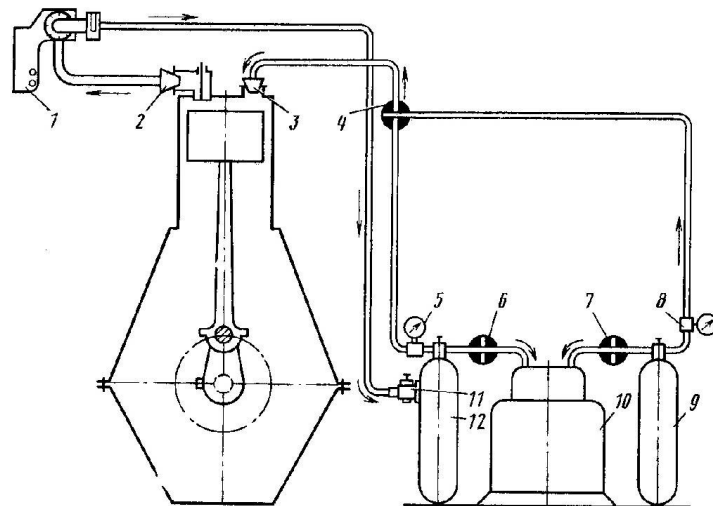
Отвори форсунок на всіх клапанах, окрім того, що перевіряють, закривають пробками. Вихідний патрубок індикатора 1 підключають до крана 11 ресивера 12. В отвір форсунки циліндра, що перевіряють, встановлюють наконечник 3 розподільного рукава. Повністю відкривають отвір індикатора та вихідну щілину обертанням крана 7.

При закритому розподільному крані 4 вмикають компресор 10 та утворюють у ресивері розрідження 0,06-0,07 МПа, а в ресивері 9 – тиск 0,20-0,25 МПа. Знімають фільтр очищення повітря і притискають конусний наконечник 2 впускного

трубопроводу індикатора 1 до випускної труби. Регулятором 8 встановлюють робочий тиск 0,20 МПа. Далі, відкривши кран 4, краном 6 вмикають подачу повітря до циліндра, який перевіряють. Тримаючи прилад у вертикальному положенні, визначають витіки повітря до циліндра, який перевіряється, аналогічно схемі (рисунок 6.8) визначення кількості газів, що прориваються до картера.

**Зазори** між стрижнями клапанів і штовхачами регулюють через 800...1200 год роботи у такій послідовності:

- перевірка пружності клапанних пружин;
- підтягування кріплення головки блока циліндрів і осей коромисел;
- перевірка зазорів і їх регулювання.



1 – індикатор витрат КИ-4887-11; 2, 3 – наконечники; 4, 6, 7, 11 – крани; 5 – вакуумметр; 8 – регулятор тиску; 9, 12 – ресивери; 10 – компресор

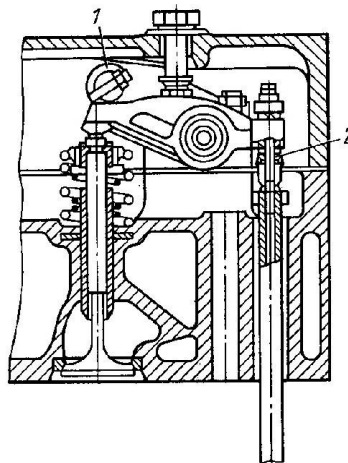
Рисунок 6.8 – Визначення нещільностей клапанів механізму газорозподілу [8]

Регулювання зазора газорозподільного механізму двигунів А-01 М (рисунок 6.9) проводиться в такому порядку. Відвертають контргайку і викруткою за допомогою гвинта регулювання 2 утворюють зазор. У зазор вставляють щуп товщиною 0,25 мм. Після цього фіксують гвинт 2 контргайкою, утримуючи його викруткою.

При регулюванні декомпресійного механізму (рисунок 6.9) треба встановити вал декомпресора таким чином, щоб вісь гвинта регулювання 1 була у вертикальному положенні. Для цього відвертають контргайку і гвинт 1 завертають доти, доки не зникне існуючий зазор. Потім гвинт 1 завертають ще на один оберт і фіксують контргайкою.

**Пружність пружин** перевіряють КИ-723. Зусилля стискування фіксують за шкалою приладу.

Кріплення головки блока має виконуватися рівномірно, у 3...4 прийоми. Остаточне затягування проводять динамометричним ключем. Через недостатнє затягування може руйнуватися прокладка і охолоджуюча рідина може потрапити в циліндри двигуна, а надмірне нерівномірне затягування гайок - до викривлення головки блока і її деформації.



- 1 – гвинт регулювання декомпресійного механізму;
- 2 – гвинт регулювання газорозподільного механізму

Рисунок 6.9 – Розподільний механізм двигуна А-01 М [8]

## 6.6 Діагностування і ТО системи змащування

У процесі діагностування і ТО системи змащування передбачена перевірка [5, 6]:

- рівня і тиску мастила;
- якості мастила і роботи фільтрів;

- стану вузлів з консистентними мастилами.

**Рівень і тиск мастила.** Інтенсивність пониження рівня мастила в картері двигуна є одним з найбільш інформативних показників його роботи. У міру роботи двигуна якість мастила погіршується, а його кількість зменшується. Втрати мастила не повинні перевищувати показник 3,5 % витраченого палива для карбюраторних двигунів і 5 % для дизельних.

Сторонніми домішками в моторній оливі є продукти окислення та механічні включення (пісок, частинки металу, пил).

Перевіряють тиск мастила, його рівень. При перевищенні рівня відбуваються перевитрати оливи, прискорення відкладання нагару на деталях, забризкування свічок. Недостатній рівень мастила призводить до зростання зносу деталей і перегріву двигуна.

Проводять доливання або заміну мастила, очищення фільтра грубого і заміну фільтра чистого очищення, промивання системи від смолистих відкладень (дихлоретаном або ацетоном – заливають у суміші з дизпаливом, робота на холостому ходу протягом 5 хв, потім зливають).

Тиск мастила в системі контролюють вбудованими манометрами. Причинами зниження тиску є забруднення системи; зростання в'язкості або низький рівень мастила в картері; порушення роботи редуційного клапана; зношування деталей масляного насоса та підшипників. Підвищення тиску може відбутися внаслідок засмічення системи і фільтрів, порушення роботи редуційного клапана.

**Якість роботи фільтрів** можна визначити візуально за кольором і прозорістю мастила. Для цього на мастиловимірвальний щуп або на білий папір беруть невелику пробу мастила. Світле, прозоре мастило – придатне, а темне і каламутне підлягає заміні.

Об'єктивно якість мастила оцінюють методом спектрального аналізу, коли пробу мастила спалюють у високотемпературному полум'ї і за допомогою спектрографа визначають вміст у ньому продуктів зносу. Результати піддають якісному і кількісному аналізу. Якісний аналіз полягає у виявленні спектральних ліній, які свідчать про наявність у мастилі

певних металів, а кількісний – у визначенні інтенсивності почорніння спектральних ліній.

Присутність в оливі заліза вказує на знос циліндрів, алюмінію – поршнів, хрому – кілець, свинцю – підшипників колінчастого вала. Кварц, оксиди алюмінію характеризують герметичність і якість роботи повітряного тракту, а також масляного фільтра. За динамікою змін кількості елементів, що входять до складу присадок оливо, оцінюють їхню придатність для подальшої експлуатації.

Залежно від умов експлуатації двигуна фільтри автомобілів необхідно міняти через кожних 2...4 тис. км пробігу.

**У вузлах, змащених консистентними мастилами** (у підшипниках вентилятора і водяного насоса), перевіряють стан чохлів, надлишки мастила видаляють. Крім того, треба у відповідності з інструкцією з експлуатації періодично поповнювати вказані вузли свіжим мастилом.

## **6.7 Діагностування і ТО системи живлення**

Якщо 25 % несправностей двигунів припадає на систему живлення, то близько 18 % з них – на **КАРБЮРАТОРИ**. Несправності цієї системи впливають на функціонування та економічні властивості двигуна, на напрацювання деталей циліндро-поршневої групи, легкість пуску і динаміку двигуна, на забруднення повітря окислом вуглецю.

Характерна несправність карбюратора – **ПЕРЕЗБАГАЧЕННЯ АБО ЗБІДНЕННЯ РОБОЧОЇ СУМІШІ**, тобто **ПОРУШЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ СУМІШІ**. Воно відбувається:

- через порушення рівня палива в поплавцевій камері;
- зміни прохідного перетину жиклерів унаслідок їх засмічення, осмолення або зносу;
- неправильне регулювання системи холостого ходу;
- засмічення або осмолення повітряних каналів;
- засмічення паливопроводів або фільтрів.

**Рівень палива** в поплавковій камері перевіряють без зняття карбюратора. За допомогою лінійки або прозорої трубки визначають рівень і регулюють його до потрібного.

**Пропускнун спроможнїсть** жиклерїв перевїряють шляхом пропускання через них певної кїлькостї води за встановлений час.

У режимї холостого ходу карбюраторних двигунїв видїляється багато вуглецю. А оскїльки при роботї в мїських умовах машини працюють у цьому режимї до 40 % загального часу, то пїдтримка оптимальної роботи системи живлення обумовлена як економїчними, так і екологїчними мїркуваннями. Регулювання повинне проводитися при правильно встановленому моментї запалення сумїшї в цилїндрах.

У механїчних системах управлїння подачею палива муфта випередження кута вприскування дозволяє регулювати початок уприскування, а гвинтова кромка плунжера паливного насоса високого тиску при поворотї змїнює кїлькїсть подачї палива залежно вїд частоти обертання колїнчастого вала і навантаження двигуна.

Все бїльшого поширення набувають системи електронного управлїння роботою дизеля, якї забезпечують вїдповїднїсть його найжорсткїшим вимогам за токсичнїстю вїдпрацьованих газїв при мїнїмальних витратах палива. Вони забезпечують подачу палива в цилїндр за часом і кїлькїстю залежно вїд комплексу показникїв: частоти обертання колїнчастого вала, температури повїтря, температури охолоджуючої рїдини і мастила, витрат повїтря, складу вїдпрацьованих газїв, положення акселератора і навантаження двигуна.

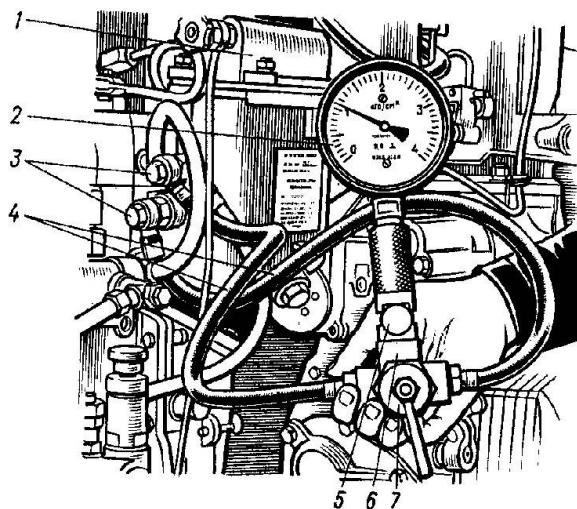
Потужнїсть двигуна зменшується, якщо тракт подачї повїтря є недостатньо герметичним. Необхїдно встановити причину пїдсосу повїтря. Перевїряють систему за допомогою бачка з мїрною трубкою, манометра і повїтряного насоса. У систему накачують паливо пїд тиском 0,29...0,49 МПа. За пїдтїканням палива виявляють порушення герметичностї.

У разї зменшення потужностї дизеля перевїряють також роботу системи паливоподачї низького тиску. Для цього виводять дизель на номїнальну частоту обертання, вигвинчують зливний вентиль і спостерїгають за струменем палива. Паливо має витїкати пїд тиском, а струмїнь має бути безперервним і не мати бульбашок повїтря. Якщо напїр слабкий, то переходять до перевїрки стану фїльтра тонкого очищення палива, перепускного клапана та пїдкачувального насоса. Для цього застосовують



пристрій КИ-4801 (рисунок 6.10). Пристрій складається з манометра 2, корпусу 6 з рукояткою, триходового крана 7, двох шлангів 4 з наконечниками та штуцерів 3. Рукоятка має вентиль 5 для видалення повітря.

Один з наконечників пристрою з'єднують з системою перед фільтром тонкого очищення, а інший – поза ним. Перевірку проводять при максимальній подачі палива. Послідовно переключають кран і вимірюють тиск за фільтром і перед ним. Перепад тиску до та після фільтра вказує на стан фільтра.



1 – фільтр тонкого очищення палива; 2 – манометр; 3 – штуцери; 4 – шланги, 5 – вентиль; 6 – корпус; 7 – триходовий кран

Рисунок 6.10 – Схема діагностування пристроєм КИ-4801 фільтра тонкого очищення палива, перепускного клапана та насоса, що підкачує [8]

Якщо тиск палива є нижчим за 0,04 МПа, то вивчають стан перепускного клапана. Двигун зупиняють, замість робочого клапана встановлюють контрольний і знов запускають двигун у попередній режим роботи. Якщо тиск за фільтром перевищує попередню величину, то слід замінити перепускний клапан.

Якщо тиск перед фільтром є меншим за 0,08 МПа, то це є ознакою незадовільної роботи насоса, що підкачує.

Форсунки піддають діагностуванню за допомогою пристрою КИ-9917 (рисунок 6.11). Цей пристрій з'єднують з форсункою.

При натисканні на важіль 1 плунжер нагнітає паливо з резервуара 5 через нагнітальний клапан, який відкривається, до паливопроводу високого тиску. При звільненні важеля плунжер під тиском пружини повертається до вихідного положення, і нагнітальний клапан закривається. У цей момент надплунжерний простір заповнюється новою порцією палива.

Завдяки паливу, що надійшло до паливопроводу високого тиску, і підвищенню тиску, при якому долається зусилля зтягування пружини форсунки, починається впорскування палива. Тиск початку піднімання голки розпилювача перевіряють за максимальним відхиленням стрілки манометра 4, для чого слід додержуватися частоти 35-40 переміщень важеля за хвилину.

Насоси (той, що підкачує, і високого тиску) перевіряють на стенді 1.СДТА-1.

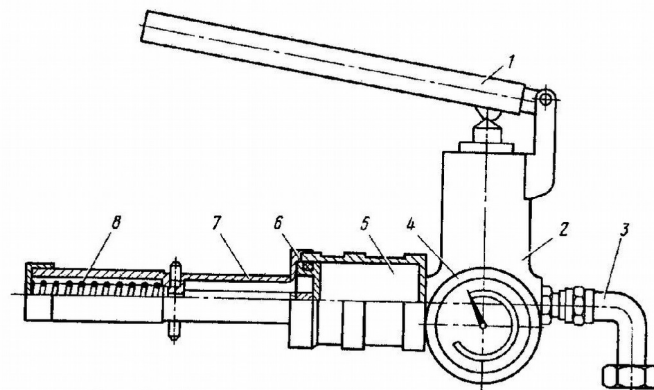


Рис. 7.5. Пристрій KI-9917

1 – важіль; 2 – корпус; 3 – паливопровід високого тиску; 4 – манометр; 5 – резервуар для палива; 6 – поршень; 7 – ручка; 8 – пружина

Рисунок 6.11 – Пристрій KI-9917 для перевірки форсунок [8]

## 6.8 Діагностування і ТО системи запалення

Перевіряють зазори між контактами переривника; свічки запалення; кут установки запалення [5, 6].

Від **зазора** між контактами переривника багато в чому залежить економічність, рівномірність, динаміка роботи двигуна.

При **ВЕЛИКОМУ ЗАЗОРІ** відбувається інтенсивний знос контактів, пропускання запалення при роботі на великих оборотах. При **МАЛОМУ ЗАЗОРІ** – вигорання і окислення контактів, перегрів котушки запалення.

Через зношування контактів переривника, граней кулачка, втулок, валика і осі рухливого контакту переривника порушується нормальне чергування іскор у свічках запалення та ін. – погіршується робота двигуна. В електронній (контактно-транзисторній) системі запалення контакти переривника практично не підгорають і працюють надійніше.

Розподільник струму – регулярно перевіряють зазор між пластинкою ротора і контактами кришки, зачищають контакти.

У **свічках запалення** очищають електроди від нагару, регулюють зазор, перевіряють герметичність і цілісність ізоляції. Теплова характеристика свічок повинна відповідати типові двигуна і умовам роботи.

При регулюванні **кута установки запалення** слід знати, що при дуже ранньому запаленні згоряння палива відбуватиметься з детонацією, при пізньому – знижується потужність двигуна і збільшується витрата палива.

Для комплексної перевірки технічного стану систем ДВЗ, у тому числі системи електроустаткування і системи запалення, застосовується автоматизована діагностична електронна установка КИ-13940.

## **6.9 Діагностування і ТО системи охолодження**

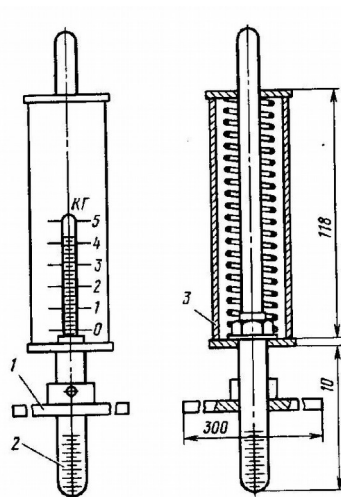
Характерними несправностями системи охолодження є [5, 6]:

- витікання охолоджуючої рідини;
- ослаблення натягнення ремня привода насоса;
- порушення герметичності і роботи клапана пробки радіатора;
- великі відкладення накипу на стінках системи;
- заклинювання клапана термостата.

Вказані несправності викликають перегрів або переохолодження двигуна. При "холодному" режимі падає потужність і економічність двигуна, збільшується інтенсивність зносу. Так, при зміні температури охолоджуючої рідини з 80 до

50 °С знос зростає в 1,8 разу, питома витрата палива – на 30 %, а потужність зменшується на 10 %.

Величину прогину паса визначають із застосуванням динамометричного пристрою (рисунок 6.12). Для вимірювання планку 1 накладають на зовнішню поверхню паса, а стрижень 2 має торкатися паса в його середній частині. Рукою натискають на динамометр 3 і за шкалою визначають величину прогину паса, яка для різних типів двигунів має бути в межах 8-25 мм [8].



1 – планка; 2 – стрижень; 3 – динамометр

Рисунок 6.12 – Динамометричний пристрій для перевірки натягу паса вентилятора [8]

Структурними параметрами системи охолодження є:

- стала температура охолоджуваних поверхонь двигуна;
- продуктивність водяного насоса;
- здатність теплообмінника, що охолоджує;
- герметичність системи охолодження;
- розрідження спрацьовування повітряного клапана;
- тиск спрацьовування парового клапана кришки теплообмінника.

Під час технічного обслуговування системи охолодження виконуються такі роботи:

- заправка охолоджуючої рідиною;
- перевірка герметичності;
- перевірка і регулювання ременів привода вентилятора;

- перевірка справності термостата;
- видалення накипу.

## 6.10 Діагностування і ТО електроустаткування

До електроустаткування відносять електродвигуни, стартери, приводи, генератори та акумуляторні батареї. На його частку припадає 10...20 % загальних відмов машин. Найпоширенішою відмовою електричних машин є пошкодження електричних обмоток (до 95 %).

Електроустаткування працює в умовах вібрації і підвищеної вологості. При цьому [5, 6]:

- слабшають і обгорають клеми контактів;
- з'являється іскріння щіток на колекторах і контактних кільцях;
- порушується комутація;
- ізоляція стає пористою і розшаровується;
- через потрапляння води крізь пошкодження відбувається зменшення опору ізоляції, що призводить до коротких замикань.

Технічне обслуговування електричних машин передбачає затягування клемних контактів, заміну щіток, регулювання підшипників, кріплення до базових деталей.

**Електричні двигуни і апарати.** Працездатність електричних двигунів і апаратів значною мірою залежить від температури навколишнього середовища. При температурі нижчою за 0 °С навантаження двигуна можна збільшити на 40 %. І навпаки, якщо стала температура двигуна перевищує граничну, то його ресурс знижується удвічі.

Загальний нагрів є ознакою перевантаженням двигуна або недостатньої вентиляції. Місцевий нагрів вказує на окремі дефекти електродвигуна. Так, нагрів станини свідчить про замикання між витками обмоток, яке супроводжується гулом і вібрацією.

Загальне діагностування електродвигунів проводиться шляхом вимірювання сили струму і визначення втрат холостого ходу в режимі короткого замикання. Вказані параметри перевіряють при підключенні електродвигуна до електромережі без з'єднання з механізмом навантаження. Отримані результати

порівнюються з нормативними значеннями. У режимі короткого замикання електродвигун підключають до мережі, а ротор повністю загальмовують. Результати вимірювань дозволяють оцінювати стан ротора і визначати силу пускового струму і початковий момент обертання двигуна.

Корпуси електропривода, пускової та захисної апаратури, металоконструкції, на яких встановлено силове електрообладнання, мають бути заземленими. Параметрами контролю стану захисного заземлення є напруга заземлювача та електричний опір заземлення. Опір заземлюючого пристрою має бути не більшим 4 Ом.

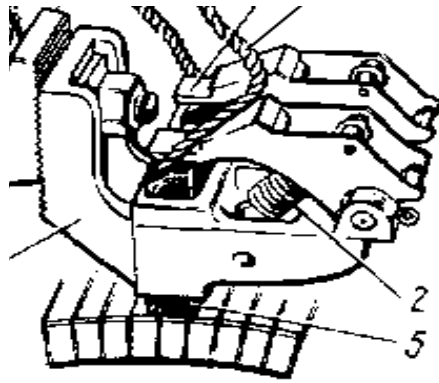
Під час роботи електродвигунів внаслідок зношування щіток і контактних кілець на поверхню ізоляції осаджується металічний пил, що може призвести до короткого замикання. Тому вузли щіток і контактних кілець потребують періодичного очищення від пилу, бруду та жирових плям.

Двигун має працювати без іскріння. Причиною іскріння щіток двигуна може бути порушення геометрії контакту щіток з колектором, наприклад значний знос і перекіс щіток (рисунок 6.13). Нові щітки слід ретельно приробити до поверхні та геометрії колектора.

Консистентне мастило підшипників електродвигунів слід замінювати через 6-12 місяців залежно від умов експлуатації, а поповнювати – через 3-6 місяців. Перед заміною мастил підшипник треба промити у відповідних розчинниках.

Загальний технічний стан електричних машин оцінюють:

- за нагрівом статора;
- станом ізоляції;
- іскрінням щіток;
- вібраціями і шумом.



2 – пружина притискна; 5 – щітка

Рисунок 6.13 – Щіткотримач електричних машин

Крім того, передбачені такі структурні параметри (ГОСТ 23435-79) [5]:

- потужність стартера і генератора;
- напруга вмикання реле зворотного струму;
- напруга, підтримувана регулятором напруги;
- крутний момент стартера;
- висота щіток стартера;
- зазор між підшипниками стартера та їхніми посадочними місцями;
- прогин ремня привода генератора;
- рівень і густина електроліту в акумуляторі;
- ступінь розрядження акумуляторних батарей.

**Акумуляторні батареї.** Діагностування акумуляторних батарей передбачає:

- перевірку рівня і густини електроліту;
- перевірку ступеня зарядженості елементів;
- перевірку відсутності короткого замикання пластин.

На працездатність акумуляторної батареї впливає ступінь її зарядженості. При тривалому зберіганні або експлуатації в розрядженому стані відбувається сульфатація, тобто на поверхні активного шару пластин осідають великі кристали  $PbSO_4$ . Цей дефект практично не усувається і призводить до зниження ємності батарей. Сульфатація дещо може бути усунена шляхом тривалого заряджання струмом до 0,04 ємності акумуляторних

батареї при густині електроліту не більше  $1,11 \text{ г/см}^3$  і наступному розряджуванні. Цей процес повторюють кілька разів.

Зарядженість акумуляторів визначають за густиною електроліту і напругою. При розряджуванні акумуляторних батарей густина електроліту знижується. Так, зниження густини на  $0,01 \text{ г/см}^3$  відповідає розрядженню акумуляторної батареї на 6%. Зарядженість елементів визначається напругою і перевіряється вилкою навантаження. Якщо акумулятор заряджений і справний, то напруга під навантаженням у кінці п'ятої секунди залишається в межах 1,7-1,8 В. При зниженні напруги за цей час на 1,4-1,5 В батарею слід зарядити струмом, що дорівнює 0,07-0,10 її ємності. Різниця в напрузі окремих елементів не повинна перевищувати 0,15 В.

Батарею, розряджену більш ніж на 25 % взимку і більш ніж на 50 % влітку, заряджають.

Заряджання відбувається струмом, величина якого становить 8-10 % номінальної ємності батареї. Підзаряджання батарей проводять доти, поки не почнеться явне виділення газу у всіх акумуляторах, а напруга і густина будуть залишатися незмінними протягом двох годин.

Довговічність акумуляторних батарей залежить:

- від температури електроліту;
- сили розрядного струму;
- інтенсивності струму саморозряджання;
- рівня та густини електроліту.

*Вплив температури електроліту.* Технічний стан акумуляторних батарей оцінюють за фактичною ємністю (рисунок 6.14). Вважається, що зниження температури електроліту на один градус спричиняє зменшення ємності акумуляторної батареї на 1,0-1,5 % [1].

Зменшення ємності батареї при зниженні температури пояснюється підвищенням густини електроліту і зменшенням його циркуляції в порах активної маси пластин. Тому при від'ємній температурі акумуляторні батареї слід утеплювати.

Крім того, у зимовий період уповільнюється процес заряджання, тому в цей час ємність батарей становить приблизно 70 % номінальної [1].



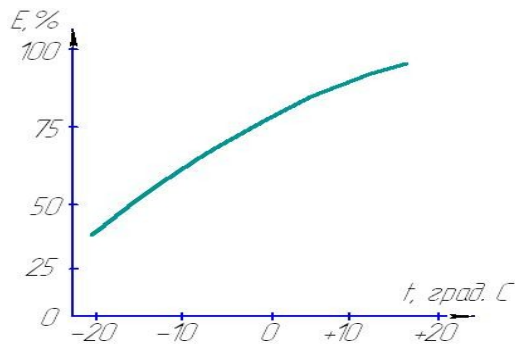


Рисунок 6.14 – Залежність ємності акумуляторної батареї  $E$  від температури  $t$  електроліту

*Вплив сили розрядного струму.* При збільшенні сили розрядного струму глибина проникнення електроліту в пластини зменшується і ємність батареї знижується (рисунок 6.15). Наприклад, при силі розрядного струму 300 А хімічним перетворенням піддається шар активної маси пластин завтовшки лише 0,1 мм.

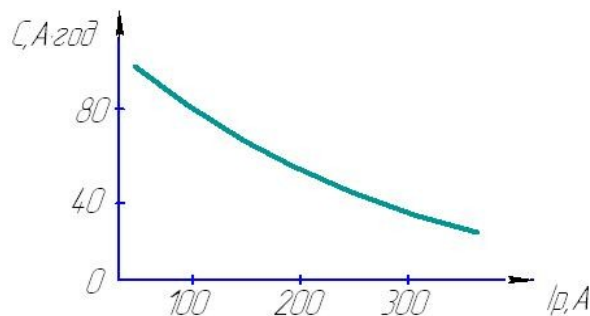
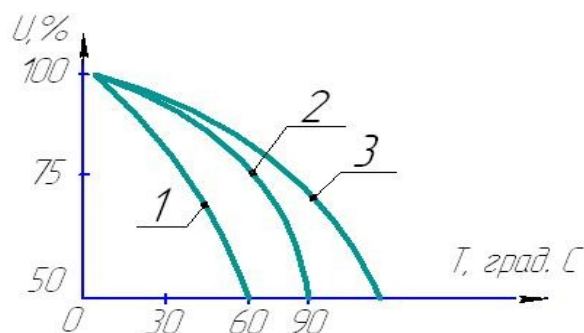


Рисунок 6.15 – Залежність ємності  $C$  батареї від сили розрядного струму  $I_p$

Збільшення навантаження збільшує силу розрядного струму, яка при запуску двигуна досягає 300 А, а інколи 600 А. При цьому ємність батареї різко падає, її ємність використовується лише на 25...30 %. Великий струм розряджання призводить до жолоблення пластин. Тому доцільно обмежувати час безперервної роботи (рисунок 6.16) стартера до 5 с, а повторне вмикання стартера рекомендується не раніше, ніж через 30 с. Чим менше перерви в роботі, тим швидше розряджаються батареї.

На початку експлуатації ємність батареї дещо збільшується за рахунок розроблення активної маси пластин, потім протягом тривалого періоду залишається постійною і лише до кінця терміну служби починає знижуватися (рисунок 6.17) через знос пластин.



1 – без перерви між пусками двигуна; 2 – те саме з перервою в 30 с; 3 – те саме з перервою в 90 с

Рисунок 6.16 – Залежність напруги  $U$  батареї від тривалості  $T$  запуску двигуна

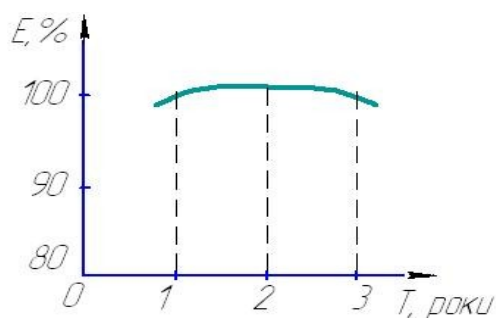


Рисунок 6.17 – Характер зміни ємності  $E$  протягом терміну  $T$  служби акумуляторної батареї

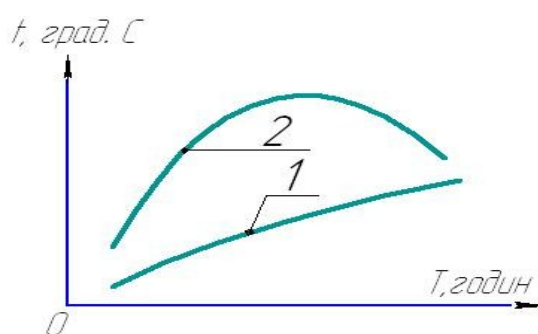
Знос пластин позначається в корозії і деформації ґрат, сульфатації пластин, випаданні активної маси з ґрат і накопиченні її на дні бачка.

Технічний стан батарей також впливає на температуру нагріву генератора (рисунок 6.18).

*Вплив струму саморозряду.* На величину струму саморозряду акумуляторних батарей впливають:

- ступінь окислення свинцю катодів під дією кисню, розчиненого у верхніх шарах електроліту;
- неоднорідність матеріалу ґрат і активної маси пластин;
- неоднакова густина електроліту;
- забруднення зовнішніх поверхонь батарей.

При температурі, меншій  $-5^{\circ}\text{C}$ , саморозрядження практично відсутнє, тому зберігати батареї в зимовий період треба у приміщеннях, які опалюються, нема необхідності. З підвищенням температури до  $+5^{\circ}\text{C}$  з'являється саморозрядження величиною  $0,2\dots 0,3\%$  ємності акумуляторної батареї за добу, а при температурах вищих за  $+30^{\circ}\text{C}$  – до  $1\%$  ємності батареї.



1 – батареї заряджена на  $75\%$ ; 2 – батарея заряджена на  $50\%$

Рисунок 6.18 – Характер зміни температури  $t$  корпусу генератора від напрацювання  $T$  і ступеня зарядженості акумуляторної батареї

Рівень електроліту знижується при високих температурах за рахунок випаровування води, тому доливати слід не електроліт, а дистильовану воду.

Густина електроліту при  $15^{\circ}\text{C}$  у повністю зарядженій батареї –  $1,25$  (для південних районів),  $1,27$  (для центрального),  $1,31$  – для північних взимку і  $1,27\text{ г/см}^3$  – влітку.

Різниця в густині електроліту в банках однієї батареї акумулятора не повинна перевищувати  $0,02\text{ г/см}^3$ . Ступінь розрядженості батареї визначають за величиною найменшої густини в одній з банок акумулятора.

Зниження густини від номінальної на  $0,04\text{ г/см}^3$  вказує на ступінь розрядження батареї на  $25\%$ , а на  $0,08\text{ г/см}^3$  – на  $50\%$ .

Номінальна густина електроліту нормується при 15 °С. При відхиленні температури електроліту від номіналу на  $\pm 15$  °С вносять поправку на  $\pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>.

Глибину розрядження акумуляторної батареї визначають за формулою

$$A = \frac{V_3 - V_{II}}{V_3 - V_P} \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

де  $V_3, V_P$  – густина електроліту повністю зарядженого і повністю розрядженого акумулятора,  $(V_3 - V_P) \approx 0,16$  г/см<sup>3</sup>;

$V_{II}$  – поточне значення густини електроліту.

Таким чином, для підвищення довговічності акумуляторних батарей слід дотримуватися таких правил:

- утеплювати їх при експлуатації в низьких температурах;
- скорочувати до мінімуму тривалість вмикання стартера двигуна з перервами між вмиканням не менше 30 с;
- зберігати батареї при температурі 0...-5 °С;
- дотримуватись номінальної щільності електроліту;
- при зниженні рівня електроліту доливати дистильовану воду;
- стежити за чистотою зовнішніх поверхонь акумуляторної батареї.

## **6.11 Діагностування і ТО елементів системи управління**

Елементи системи управління машин поділяються:

- на механічні;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- електричні;
- комбіновані.

Серед механічних систем машин розглянемо фрикційні муфти, гальма, рульове управління.

### **6.11.1 Діагностування і ТО фрикційних муфт**

Від роботи фрикційних муфт залежать безвідмовність і швидкість виконання операцій, надійність і сталість передачі потужності, плавність вмикання і вимикання, безшумність роботи машини.

Фрикційні муфти бувають: смуговими, дисковими і конусними. Мета їх обслуговування – забезпечення надійного, швидкого і плавного вмикання руху механізмів машин.

Основними робочими елементами муфт зчеплення і гальм є фрикційні диски, які працюють у широкому діапазоні температур. Коефіцієнт тертя гальмівної пари становить 0,35 – 0,45, а швидкість зношування в умовах роботи будівельних машин – 25 – 125 мкм/год [9]. Під час роботи температура поверхонь дисків тертя досягає 350...400 °С. Оскільки при нагріві від 20 до 300 °С коефіцієнт тертя фрикційних матеріалів зменшується на 40 % [9], підвищені температури сприяють буксуванню дисків і їхньому інтенсивному зношуванню (рисунок 6.19).

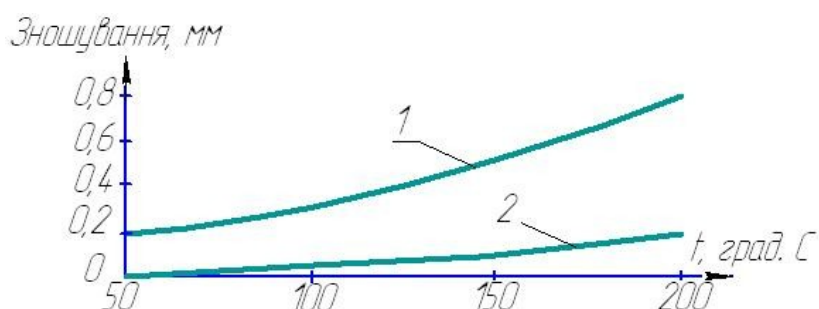


Рисунок 6.19 – Залежність швидкості зношування фрикційних елементів муфт від температури їхньої поверхні [2]

Частка відмов елементів трансмісії від загальної кількості відмов машин становить більше 30 % [2]. Тому довговічність дисків тертя багато в чому визначається діями оператора і залежить від якості регулювання і технічного стану механізму.

Ступінь нагріву дисків залежить від тривалості буксування і кутових швидкостей ведучих і ведених деталей. Найбільш важкі умови – при зрушенні з місця.

Умови робіт дисків тертя характеризуються двома періодами (рисунок 6.20). Спочатку на ділянці  $0...t_1$  диски тертя

зближуються. У кінці цієї ділянки кутова швидкість двигуна  $\omega_B = \text{const}$ , а кутова швидкість веденої частина муфти  $\omega_D = 0$ .

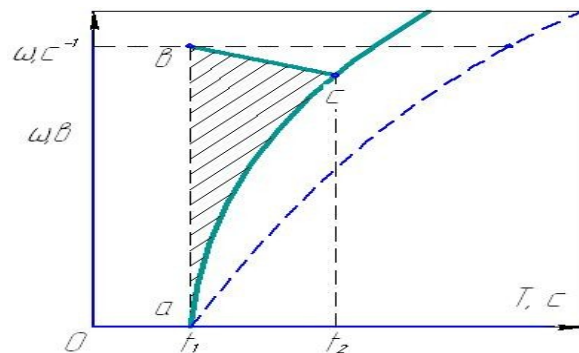


Рисунок 6.20 – Залежність швидкості зношування дисків муфт зчеплення від часу  $T$  вмикання муфти [2]

На ділянці  $t_1 \dots t_2$  машина рушає з місця. Після зіткнення дисків (точка "a") кутова швидкість приводних дисків зменшується, а ведених збільшується. У момент  $t_2$  вказані швидкості вирівнюються (точка «с»). Період  $t_1 \dots t_2$  характеризується пробуксовуванням дисків і виділенням великої кількості тепла. Пробуксовування дисків відбувається до моменту  $t_2$ .

Площа трикутника "abc" залежить від кутових швидкостей  $t_1$  і  $t_2$ , тобто від параметрів, які визначають виділення певної кількості теплоти під час пробуксовування дисків. Чим меншими є швидкість і час пробуксовування ( $t_2 - t_1$ ), тим меншою є температура поверхні дисків і тим меншим буде їх зношування.

Варіант, коли тривалість буксування дисків збільшена, показаний на рисунку пунктирною лінією.

Тривалість пробуксовування ( $t_2 - t_1$ ) можна зменшити в певних межах. При різкому відпусканні педалі зчеплення момент обертання на веденому валу муфти може значно перевищити величину моменту двигуна за рахунок кінетичної енергії мас, що обертаються. Динамічні навантаження, які виникають при цьому, ведуть до руйнування робочих поверхонь фрикційних дисків, що негативно впливає на довговічність муфти.

При роботі фрикційних муфт виникають такі несправності [3, 10]:

- знос і забруднення;

- перекіс і нерівномірне прилягання;
  - пробуксовування, неповне вимикання, перегрів, вібрації.
- КОНТРОЛЮЮТЬ такі структурні параметри [3]:
- зазор між фрикційними поверхнями, який вимірюють щупами;
  - рівномірність прилягання фрикційних поверхонь;
  - величину вільного ходу (при вмиканні муфти вона має бути не більше 20 %, а при вимиканні – 30 % повного ходу);
  - знос фрикційних елементів (зношені замінюють новими, замаслені – промивають бензином або іншим розчинником).
- Виходячи з досвіду експлуатації будівельних і дорожніх машин, рекомендуються [9] такі величини зазорів муфт:
- |                    |               |
|--------------------|---------------|
| для конусних ..... | 1,5 – 2,0 мм; |
| дискових .....     | 1,0 – 1,5 мм; |
| стрічкових .....   | 2,0 мм.       |

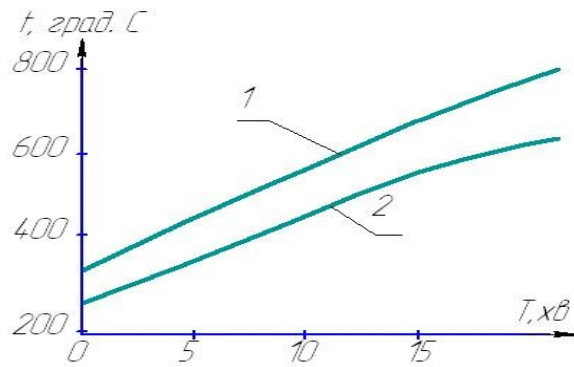
### 6.11.2 Діагностування і ТО гальм

Робота гальм супроводжується інтенсивним зношуванням фрикційних елементів гальм зі швидкістю 25...125 мкм/г. Тому ресурс гальмових накладок і стрічок складає 1 – 2 тис. год залежно від питомого навантаження, швидкості відносного переміщення деталей, температури їхніх поверхонь, частоти і тривалості вмикання.

Температура поверхні залежить від частоти і тривалості вмикання (рисунок 6.21). При частих і довготривалих вмиканнях гальма відбувається інтенсивний нагрів фрикційних накладок до 300...700 °С і прискорюється їхній знос.

Мета ТО – забезпечити гальмівний момент, достатній для надійної зупинки вантажу, машини.

Недостатній гальмівний момент механізму піднімання крана призводить до збільшення тривалості циклу, зниження продуктивності, інколи до мимовільного опускання або навіть падіння вантажу. При русі машини недостатній гальмівний момент збільшує гальмівний шлях, що може призвести до аварії або нещасного випадку.



1 – при періодичності вмикання 0,5 хв; 2 – те саме 2,5 хв

Рисунок 6.21 – Залежність температури  $t$  поверхні фрикційних накладок гальм від тривалості  $T$  гальмування при періодичності вмикання гальма

Догляд за гальмами аналогічний догляду за фрикційними муфтами.

Контроль технічного стану гальм вантажопідйомних механізмів проводиться за такими показниками:

- довжина гальмівного шляху;
- уповільнення (прискорення гальмування);
- гальмовий момент.

Для вантажних автомобілів **довжину** гальмівного шляху вимірюють на сухій горизонтальній ділянці дороги з твердим і рівним покриттям, гальмуючи машину на швидкості 30 км/год. Довжина гальмівного шляху, м,

$$l = \frac{V^2}{254 \cdot \varphi}, \quad (6.2)$$

де  $V$  – швидкість, км/год;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

Довжина гальмівного шляху для автомобіля при початковій швидкості 30 км/год має бути 9,5...11,0 м, а для трактора при швидкості 20 км/год – 6,6-7,8 м [6, 11].

**Уповільнення** при гальмуванні контролюють акселерометром, принцип роботи якого полягає у фіксації шляху переміщення інерційної маси відносно корпусу приладу, закріпленого на рамі машини. При швидкості 30 км/год



нормативне уповільнення на сухій горизонтальній ділянці шляху має бути не меншим  $4,2 \text{ м/с}^2$  [11].

**Гальмовий момент** вимірюють на стенді КИ-4998, який через ролики передає на колеса обертальний момент певної величини. Гальма коліс повинні погасити обертання роликів при встановленому кутовому переміщенні.

### **6.11.3 Діагностування і ТО рульового управління**

Технічний стан рульового управління має велике значення для безпеки і зручності управління. Через знос рульової тяги, черв'ячних пар, підшипників виникають надмірні зазори в рульовому механізмі і можливе неконтрольоване переміщення керованих коліс, що особливо небезпечно під час руху з великими швидкостями.

Метою обслуговування рульового управління є контроль:

- вільного ходу (люфту) рульового колеса (для транспортних машин він має бути не більше  $10...15^\circ$ );
- зусилля його повороту (повинно бути  $40...60 \text{ Н}$ ).

Зазори в шарнірах тяги і в з'єднаннях механізму усувають шляхом затягування різбових пробок. Осьові зазори в підшипниках черв'яка регулюють прокладками під кришку картера. Правильність регулювання перевіряють судячи з зусилля повороту рульового колеса.

### **6.12 Діагностування і ТО гідросистем**

Метою виконання технічного обслуговування гідросистем машин є забезпечення нормативного тиску в системі, усунення перетікання і витоків робочої рідини.

Елементами гідросистеми машин є запобіжні і перепускні клапани, дроселі, розподільники, гідропідсилювачі, а також елементи силових передач. Серед останніх виділимо гідромотори, гідронасоси та гідророзподільники.

На вказані елементи гідросистем припадає до 50 % відмов, а витрати на їх обслуговування складають 25...50 % спільних витрат на обслуговування.

Порушення регулювань клапанів і знос золотникових пар призводить до змін тиску, перерозподілу потоків робочої рідини, зносу ущільнень, витоків. Знос пар тертя елементів гідросистем, витікання і забруднення робочих рідин, порушення герметичності призводять до зниження робочих швидкостей і продуктивності силових передач.

**Запобіжні клапани** діагностують за тиском спрацьовування, фіксуючи його приладом при повільному підвищенні тиску в нагнітальній лінії. Фактичний тиск спрацьовування клапана не повинен перевищувати нормативний не більш ніж 3...7 %.

**Перепускні клапани** діагностують за кількістю робочої рідини, що відводиться в бак через клапан. Якщо вона відрізняється від витрат у напірній магістралі більш ніж на 5 л/хв, то клапан – несправний.

**Золотникові пари** діагностують за об'ємом внутрішніх перетоків. Прилад КИ-1097 вмикають по черзі на виходи секцій гідророзподільника, який піддають перевірці. Спочатку заміряють подачу  $Q_{\min}$  (фактичну) при мінімальному тиску спрацьовування золотника, а потім заміряють подачу  $Q_n$  (фактичну) при номінальному тиску в гідросистемі. Об'єм перетоків по секціях розподільника знаходять за відповідними залежностями. Набуті значення перетоків порівнюють з допустимими та ухвалюють рішення щодо технічного стану.

Регулювання клапанів апаратури управління гідроприводом відбувається шляхом відповідного стиснення їхніх пружин.

**Витоки** в елементах гідросистеми усувають затягуванням або заміною ущільнень.

Діагностику і контроль технічного стану гідросистем проводять за допомогою приладів КИ-1097 і КИ-5473.

Контроль технічного стану гідропривода силових передач складається з перевірки:

- сталості стану вивішеного робочого устаткування;
- тривалості і плавності виконання окремих операцій;
- температури і величини витоків робочої рідини;
- рівня і чистоти робочої рідини та наявності спінювання в баку;
- загального к.к.д. системи.

Інтенсивність зношування деталей гідропривода і їх довговічність залежать:

- від температури робочої рідини;
- ступеня і характеру забруднення робочої рідини;
- стану фільтруючих пристроїв.

Нормальними умовами при експлуатації машин вважаються такі, при яких температура навколишнього середовища складає  $20 \pm 10$  °С, відносна вологість повітря  $60 \pm 20$  %, атмосферний тиск  $1000 \pm 67$  ГПа [12].

Особливо негативно на довговічність гідропривода впливають низькі температури робочої рідини або висока в'язкість рідини при низьких температурах: при цьому відбуваються деформації деталей гідропривода, зміна посадок, зазорів і фізико-механічних властивостей матеріалів – підвищується інтенсивність зношування.

Крім того, при низьких температурах підвищується в'язкість робочої рідини, насоси працюють з низьким к.к.д. в умовах підвищеного розрідження на всмоктуванні. При цьому робоча рідина насичується повітрям.

З підвищенням температури робочої рідини вище оптимальної знос деталей гідросистеми також збільшується. У таких умовах в'язкість рідини знижується, рідинне тертя змінюється на напівсухе, у точках контакту поверхонь виникає значна температура, яка призводить до окислення вуглеводневих утворень і відкладення на стінках гідросистеми смолистих речовин.

Наявність повітря сприяє утворенню піни, а також явищу кавітації, що викликає інтенсивний знос гідродвигунів, розподільників, клапанів. Падіння тиску в нагнітальних магістралях знижує зусилля на штоках гідроциліндрів. У роботі насосів спостерігаються ривки, робочі органи рухаються сповільнено, з "просіданнями".

Втрати тиску в системі при зниженні температури робочої рідини від  $+20$  до  $-30$  °С збільшуються в 2...3 рази (рисунк 6.22), а кількість відмов - у 1,5...2,0 рази.

Тривалість розігрівання робочої рідини до настання теплової рівноваги складає 0,5...2,0 год і залежить від

температури повітря, об'єму гідросистеми та її конструкції (рисунок 6.23).

При роботі гідропривода має бути відсутньою піна в баку, а температура робочої рідини повинна бути 30...70 °С.

Основною причиною відмов гідропривода (90 % загальної величини) є **забруднення** робочої рідини, а розмір механічних часток бруду впливає на інтенсивність зношування деталей. Наприклад, зменшення в системі частинок бруду з 20 до 5 мкм призводить до зростання ресурсу аксіально-поршневих насосів у 10 разів, а інших елементів гідропривода – у 7 разів [11, 12].

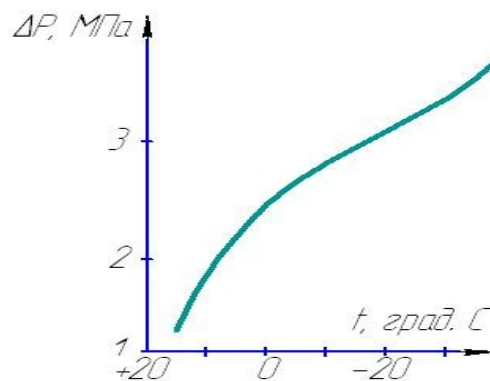


Рисунок 6.22 – Залежність втрат тиску  $\Delta P$  в гідросистемі від температури  $t$  робочої рідини

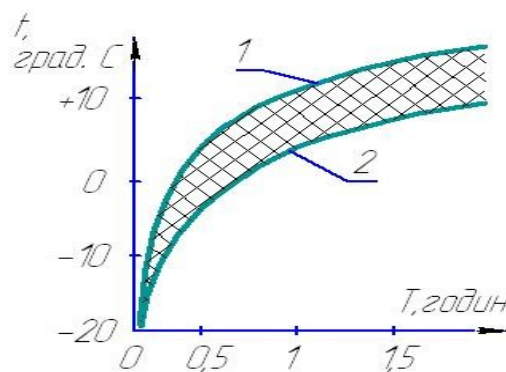


Рисунок 6.23 – Тривалість  $T$  розігріву робочої рідини до моменту настання теплової рівноваги

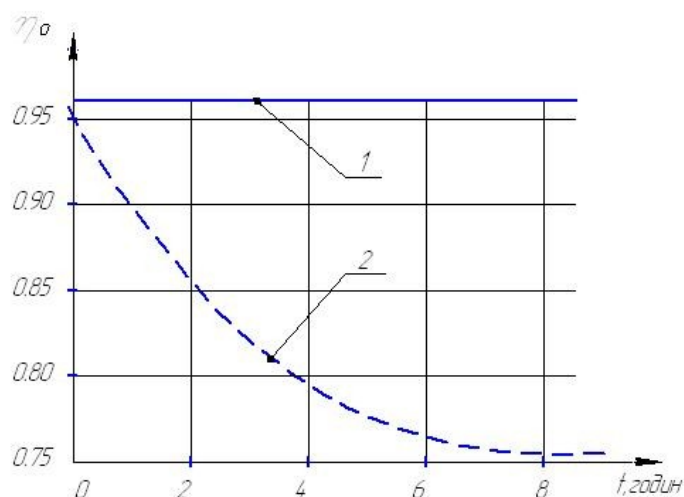
Концентрація бруду у робочій рідині гідросистеми в новій машині, або машині після ремонту постійно зростає. Спочатку

вона становить 3 %, у процесі роботи зростає до 10 %, а після заміни або поповнення в експлуатаційних умовах досягає відповідно 37 і 50 % [13].

Для промислового гідропривода рідина вважається чистою, якщо забруднення за масою не перевищує 0,05 %, тобто 50 мг/л [11]. Забруднення робочої рідини призводить до суттєвих втрат к.к.д. насосів (рисунок 6.24).

Загальне діагностування гідропривода проводиться за тривалістю робочого циклу, величинами змін об'ємного к.к.д. та гідравлічної потужності.

Якщо тривалість циклу перевищує номінальну на 20 %, то гідросистема вважається несправною.



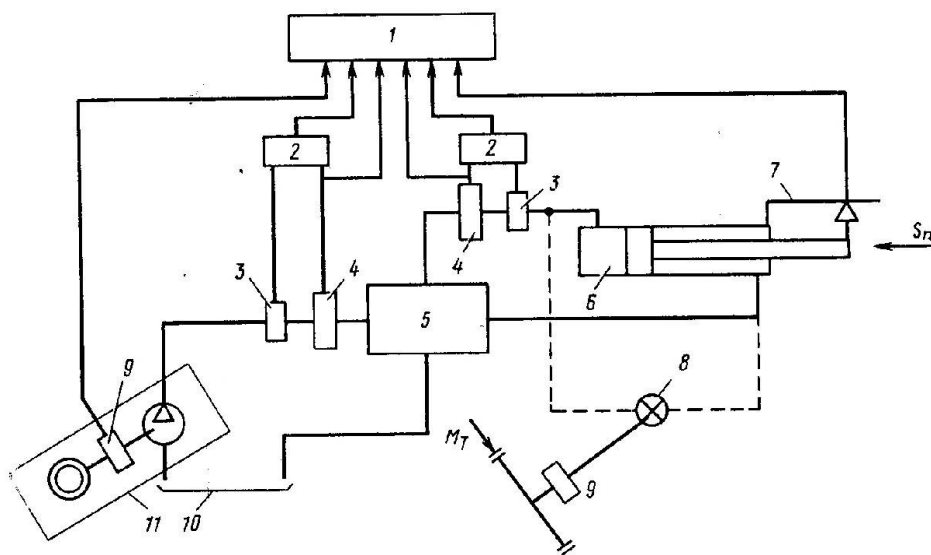
1 – робота з очищеною робочою рідиною; 2 – робота з рідиною, забрудненою частинками 2-30 мкм

Рисунок 6.24 [12] – Зміна к.к.д. насоса внаслідок забруднення робочої рідини

**Об'ємний к.к.д.** для насосів і гідродвигунів визначається як відношення величини витрат робочої рідини до частоти обертання приводного вала або до швидкості висування штока гідроциліндра. Те саме для гідророзподільників – відношення об'єму рідини, що надходить, до об'єму рідини, яка виходить з гідророзподільника.

Величину зміни об'ємного к.к.д. і гідравлічної потужності діагностують за схемою, що наведена на рисунку 6.25.

Об'ємний к.к.д. вимірюють частотою обертання приводного вала (датчиками 9); об'ємом і тиском робочої рідини (датчиками 3 і 4); витратами і тиском рідини, яка проходить через гідророзподільник (або швидкість пересування штока) – датчиком 7. Гідрравлічну потужність визначають множенням витрат робочої рідини на її тиск у блоках множення 2.



1 – блок перетворювачів; 2 – блок множення; 3 – датчики тиску; 4 – датчики витрат; 5 – розподільник; 6 – гідроциліндр; 7 – датчик лінійного переміщення; 8 – гідромотор; 9 – датчик обертань; 10 – бак; 11 – насос;

$S_n$  – засилля навантаження;  $M_T$  – момент гальмування

Рисунок 6.25 – Схема для діагностування гідропривода за величиною змін об'ємного к.к.д. і гідрравлічної потужності

Для вимірювання витрат рідини застосовуються витратоміри типів КИ-1097Б або РСС.

За відсутності спеціальної апаратури в умовах експлуатації рекомендуються перевіряти:

- циркуляцію рідини в гідросистемі: відсутність циркуляції при увімкненому насосі (рівень рідини – достатній) вказує на несправність насоса;

- наявність піни і підтікання рідини, що вказує на розгерметизацію системи;

- шуми в гідроприводі, які вказують на пошкодження запобіжних і перепускних клапанів;
- місця локалізації нагріву гідропривода (наприклад, несправність насоса супроводжується нагрівом його корпусу, а також прилеглих до нього елементів на відстані 10-20 см).

Насоси контролюють за об'ємним коефіцієнтом корисної дії

$$к.к.д. = \frac{Q_{\phi}}{Q_n} \cdot 100\%, \quad (6.3)$$

де  $Q_{\phi}$  та  $Q_n$  – фактична та паспортна подача робочої рідини.

Гідромотори контролюють: 1) за об'ємним к.к.д.; 2) гідравлічною потужністю, що розвивається, яка визначається як величина витрат, помножена на тиск. Витрати і тиск вимірюють приладами КИ-1097.

Насоси (шестерінчасті), що мають при номінальному тиску об'ємний к.к.д. менше 0,65, а аксіально-поршневі – менше 0,80, підлягають ремонту.

Гідроциліндри діагностують за герметичністю, витокami мастила по штоку і внутрішніми перетоками. Заміряють тривалість руху штока, і якщо вона більше нормативної, то це означає, що ущільнення надмірно зношені.

### 6.13 Діагностування і ТО пневмосистем

Прикладами пневмосистем є привод гальм і фрикційних муфт.

Метою виконання діагностування і ТО пневмосистем є запобігання розгерметизації і підтримка нормативного тиску стиснутого повітря.

Під час технічного обслуговування пневмосистем виконують такі роботи:

- спуск конденсату;
- очищення сапунів і фільтрів;
- контроль і відновлення герметичності з'єднань;
- контроль і регулювання компресорів, регуляторів тиску, манометрів, запобіжних клапанів.

Необхідно щодня випускати **конденсат** і оливу з ресиверів, а в сильні морози – по 2...3 рази за зміну. Наявність у конденсаті великої кількості оливи свідчить про несправність компресора. Крім того, необхідно перевіряти кріплення корпусу компресора і шківів, натягнення приводного паса компресора і момент затягування гайок головки блока (120...170 Нм).

**Герметичність** пневмосистеми перевіряють при вимкненому двигуні і при тиску в системі 0,05-0,06 МПа. Якщо стрілка манометра не рухається ні в разі вмикання гальм, ні в разі їх вимикання, то система герметична.

Якщо стрілка "падає" при вимкнених гальмах – система визнається негерметичною. Якщо стрілка "падає" при ввімкнутих гальмах – розгерметизовано гальмові камери.

Компресори перевіряють за часом заповнення всієї пневмосистеми стиснутим повітрям до номінального тиску (не більше 2 хв).

Регулятори тиску перевіряють тиском шляхом вмикання і вимикання компресорів і в разі відхилення їх від норми – настраюють.

Запобіжні клапани перевіряють тиском спрацьовування, відхилення якого від нормативного не повинно перевищувати 1,0 МПа.

Манометри перевіряють шляхом підключення еталонного манометра і порівняння його показань з показаннями манометра, який піддається перевірці. Різниця в показаннях має бути не більшою за 0,03 МПа.

## **6.14 Діагностування і ТО механічних передач і шарнірних з'єднань**

У будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машинах застосовуються механічні, гідравлічні, електричні, пневматичні і комбіновані передачі.

Умови роботи механічних передач характеризуються [10]:

- величиною навантажень;
- діапазоном зміни навантажень і швидкостей.

Для всіх видів зубчастих (циліндрових і конічних), а також черв'ячних передач контролюють бокові зазори і биття.



Правильність зчеплення перевіряють перевіркою на фарбу. Зазор вимірюють щупом, індикатором, м'яким дротом.

Метою технічного обслуговування зубчастих передач є підтримка плавності передачі обертального моменту, усунення причин наднормативного нагріву і шуму. ТО зубчастих передач включає зовнішній огляд, визначення технічного стану, кріпильно-регулювальні роботи, усунення відмов.

Сумарний кутовий зазор зубчастої передачі складається з кутових зазорів всіх складальних одиниць. Він необхідний для компенсації неточностей розмірів при виготовленні і складанні передач, а також для температурних деформацій при нагріві зубчастих коліс у процесі роботи. Зменшення зазора в процесі роботи не дозволяє компенсувати ці явища, а збільшення викликає зростання динамічних навантажень і підвищений знос зубчастих коліс.

Кутові люфти заміряють за допомогою люфтомірів.

Температуру **нагріву** корпусів редукторів і коробок передач визначають за допомогою датчиків температури. Підвищення температури більше 50 °С вказує на недостатній рівень мастила в картері, його забруднення, витоки, зношування прокладок.

**Акустичний контроль** стану зубчастих передач проводять прослуховуванням стетоскопом – мембранним або електронним "екранас". Залежно від характеру шумів розпізнають наднормативний знос, дефекти зубців, величину кутового зазора.

Після зливання мастила картер необхідно промити дизпаливом або іншими рідинами.

У відкритих зубчастих передачах відпрацьоване мастило слід видалити та нанести нове. Відрегульована і змащена зубчаста передача має працювати плавно, без биття, з одноманітним рівним шумом.

Інтенсивність зношування зубчастих редукторів залежить:

- від швидкості навантажень і температури режиму роботи (рисунки 6.26-6.27);
- кількості мастила;
- наявності і розмірів абразивних частинок у мастилі.

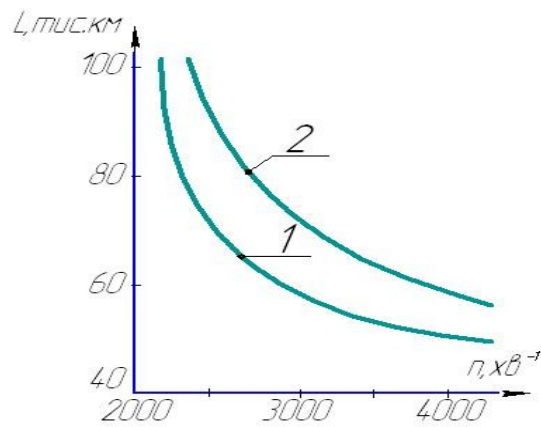


Рисунок 6.26 – Залежність терміну служби  $L$  коробки передач (1) і заднього моста (2) автомобіля від частоти  $n$  обертання колінчастого вала

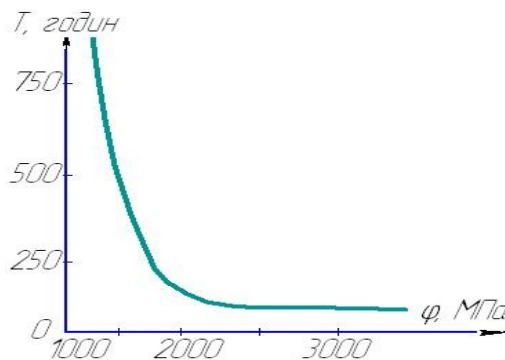


Рисунок 6.27 – Залежність ресурсу шестерень  $T$  від контактних напружень  $\varphi$

Довговічність **шарнірних з'єднань** залежить:

- від твердості і розміру абразивних частинок;
- величини і характеру динамічних навантажень.

Найбільш інтенсивне зношування шарнірних з'єднань спостерігається в період припрацювання – 4...6 год (рисунок 6.28).

Таким чином, ефективним засобом збільшення довговічності механічних приводів в експлуатації є перш за все захист шарнірів від потрапляння абразиву.

Метою проведення **ТО ланцюгових передач** є:

- зниження швидкості зношування ланцюга і зірочок привода;
- зменшення динамічних навантажень.

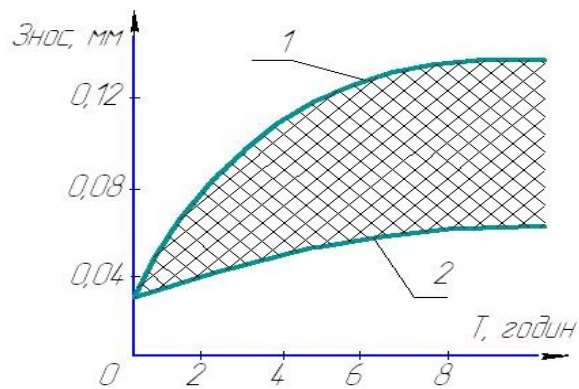


Рисунок 6.28 – Залежність зносу шарніра "сталь-бронза" від часу роботи при моменті інерції від  $2,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  (крива 1) до  $22,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  (крива 2)

Ланцюги під час роботи витягуються, провисають через знос роликів, втулок і пластин. У результаті зона зчеплення наближається до вершин зубів, передача стає нерівномірною, ланцюг рухається ривками. Це може призвести до розриву ланцюга або скидання його з зірочки.

ТО ланцюгових передач містить такі заходи [3]:

- перевірка стріли прогину (допускається 2 % міжосьової відстані – для горизонтальних; 0,6 % – для вертикальних);
- перевірка паралельність валів передачі;
- перевірка положення і стан робочих зірочок;
- зміна кроку передачі в разі збільшеного зносу і витягування (допускається 0,9...7,6 % номінальної величини).

**Стріла провисання  $f$**  (рисунок 6.29) не повинна перевищувати 2 % довжини  $A$  міжцентрової відстані. Стрілу прогину визначають в середній частині передачі за допомогою лінійки.

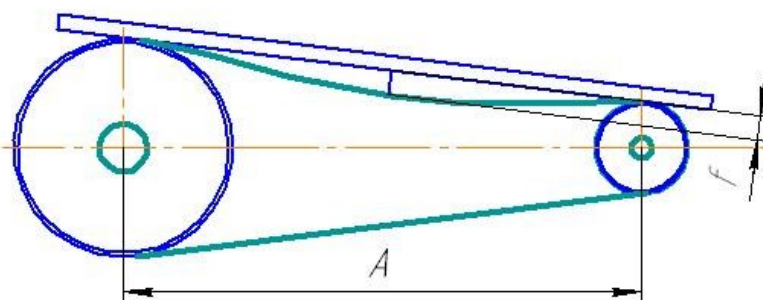


Рисунок 6.29 – Перевірка стріли провисання ланцюга

**Паралельність валів** визначають вимірюванням відстані між ними, а положення зірочок – за допомогою прикладання до них лінійок або натягнутих струн. Відхилення від збігу площин зірочок передачі має бути не більшим, ніж  $\pm 0,5$  мм.

При визначенні середнього **кроку** ланцюга вимірюється довжина десяти ланок (рисунок 6.30) з урахуванням зазора, який існує між крайніми роликками і втулками на ділянці, що вимірюється. Для цього крайні роликки зміщуються в один бік за допомогою спеціального клина і рухомої губки штангенциркуля.

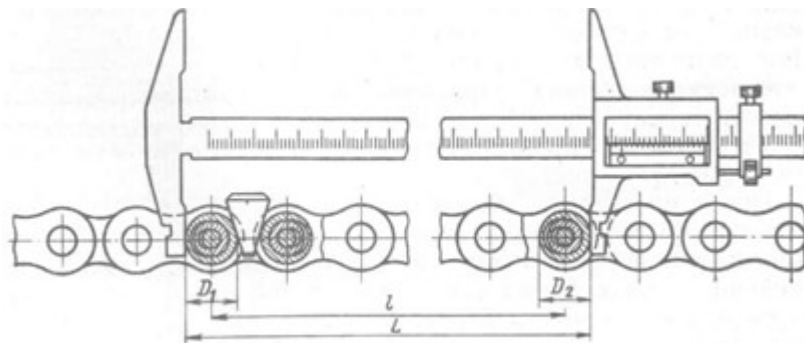


Рисунок 6.30 – Вимірювання кроку ланцюга

Спосіб змащування передачі залежить від швидкості руху ланцюга:

- при швидкості 4...5 м/с використовують консистентні мастила;
- при 4...8 м/с – краплинне змащення;
- при 6...12 м/с – змащення зануренням (нижня частина гілки ланцюга занурюється на глибину, що дорівнює висоті пластин (ланки)).

Метою проведення ТО пасових передач є [3, 9]:

- контроль витягування пасів (рисунок 6.31);
- контроль паралельності валів і перекіс шківів;
- контроль прослизання ременів у шківах і посадки шківів.

Вказані порушення призводять до биття та інтенсивного зношування пасів, підвищення динамічних навантажень.

**Натягування пасів** перевіряють у статичному стані, судячи зі стріли  $y$  провисання. Оптимальне зусилля натягування паса

$$P_0 = \sigma \cdot F, \quad (6.4)$$

де  $\sigma$  – допустиме напруження матеріалу паса;  
 $F$  – площа перетину паса.

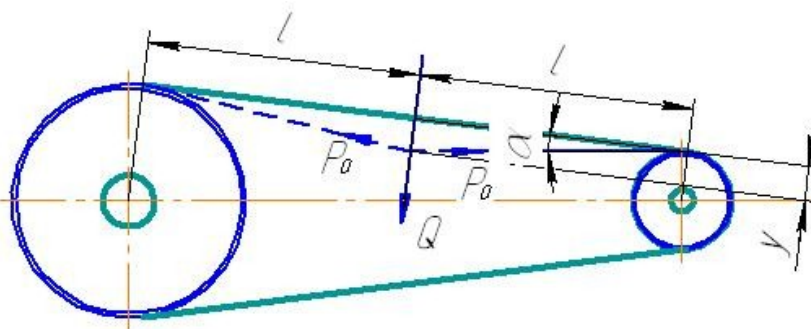


Рисунок 6.31 – Схема натягування пасової передачі

Залежність між величиною оптимального зусилля натягування  $P_0$  та стрілою прогину  $y$  паса має вигляд

$$y = \frac{Q \cdot l}{2\sigma \cdot F}, \quad (6.5)$$

де  $Q$  – зусилля навантаження, що діє на пас;

$l$  – половина довжини паса (рисунок 6.31).

Величину навантаження  $Q$  контролюють із застосуванням динамометричного пристрою або шляхом підвішування до паса вантажу певної маси.

Збільшення натягування паса проти оптимальної величини призводить до підвищеного зносу паса і підшипників, зменшення – до биття паса. Натягування регулюють пересуванням одного зі шківів або за допомогою механізму натягування.

### 6.15 Діагностування і ТО ходової частини

Ходова частина будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машин працює у важких умовах (динамічні навантаження, значні коливання температур, абразивне середовище). Це призводить до зносу елементів гусеничних стрічок, шворнів, втулок, ресор, підшипників вузлів та ін.

Ходова частина машин може бути виконана на гусеничному або на пневмоколісному ході.

*Для машин з гусеничним ходом* слід забезпечувати плавне, без ривків пересування машини. Великому зношуванню піддаються провусини і пальці гусениць, тому збільшується крок гусеничних ланцюгів, послабляється їхнє натягнення. У результаті машина рухається ривками, зростають динамічні навантаження на ходову частину, збільшується швидкість зношування. Це призводить до скидання гусениць під час руху або на розворотах.

Під час діагностування машин з гусеничним ходом контролюють [3, 6, 10] знос і натягнення гусениць, а також стан підшипникових вузлів.

**Знос і натягнення гусениць.** Інтенсивність зношування гусеничного ходу залежить від виду ґрунту регіону виконання робіт. Так, ресурс роботи гусениць на абразивних пісчаних ґрунтах у 2...4 рази менше, ніж на суглинках.

Для визначення зносу заміряють загальну довжину десяти ланок ланцюга і порівнюють з допустимою. Вимірюють рулеткою або (точніше) пристроєм КИ-8913.

Заміряють зношені пальці, ланки замінюють при товщині провусини менше 3 мм.

Надмірне натягнення гусениць призводить до збільшення на 7...9 % потужності на пересування і до інтенсивного зношування. Натягнення встановлюють за провисанням ланок верхнього ланцюга, провисання має бути в межах 0,1...0,2 відстані між опорними роликками ланцюга. Регулюють натягнення переміщенням натяжного колеса за допомогою механічних або гідравлічних натяжних пристроїв.

**Підшипникові вузли** (коліс, котків, опор) виходять з ладу через порушення герметичності, зносу і руйнування ущільнень. Їх обслуговують і регулюють аналогічно вузлам трансмісії.

*Для машин з пневмоколісним ходом* важливим є стабілізація руху і зменшення швидкості зношування керованих коліс.

Характерними несправностями ходової частини таких машин є послаблення болтових з'єднань, знос шворневих з'єднань, підшипників і їхніх гнізд, нерівномірний знос протекторів, втрата пружності ресор, амортизаторів. У результаті виникають зміна кутів встановлення коліс управління,

інтенсивний знос шин, ускладнення їх управління, збільшуються сили опору коченню і втрати потужності.

Під час проведення ТО ходової частини контролюють:

- зазори у шворневих з'єднаннях і підшипникових вузлах;
- тиск у шинах і ступінь зношування їхнього протектора;
- параметри розбіжності і балансування коліс;
- радіальні і осьові зазори шворнів коліс;
- кріпильні з'єднання, стан і рівень мастил.

**Зазори** в осьових шворнях заміряють щупами, а в радіальних – приладом КІ-4892.

**Тиск** у шинах суттєво впливає на їхню довговічність (рисунок 6.32).

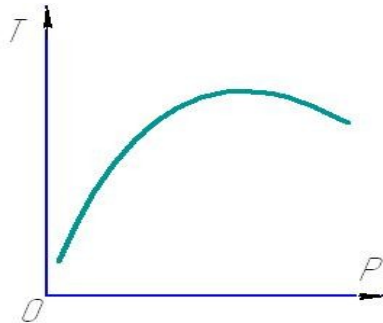


Рисунок 6.32 – Вплив тиску  $P$  у шинах на довговічність  $T$  шин машини [2]

При зниженому тиску шина деформується і нагрівається, що веде до розшаровування протектора. Так, при підвищенні температури шини від 0 до 100 °С міцність гуми знижується у 2...3 рази, а міцність зв'язків між гумою і каркасом у 1,5...2,0 рази. Крім того, на 5...10 % збільшуються витрати палива.

При підвищеному тиску в шинах збільшується навантаження на їхній каркас. Так, збільшення тиску в шинах на 10 і 30 % відповідно викликає підвищення напружень у каркасі на 18 і на 52 %.

Тиск у шинах вимірюють манометром МД-214. Відхилення від норми  $\pm 0,02$  МПа.

Висота протектора впливає на тягове зусилля і стійкість машини під час руху. Граничні параметри зношування протектора вказуються у відповідних інструкціях і довідниках.

Відхилення від норми параметра **розбіжності коліс** призводить до прослизання елементів протектора і посиленого їхнього зношування (рисунок 6.33). При цьому збільшення кута сходження спричиняє інтенсивне зношування зовнішньої кромки, а зменшення – внутрішньої. Залежно від типу машини номінальні величини сходження мають бути в інтервалі 4-10 мм, а граничне відхилення не повинно перевищувати  $\pm 2$  мм. Сходження визначають лінійкою КІ-650 або на стенді КИ-4872. Регулювання виконують зміною довжини поперечних тяг.

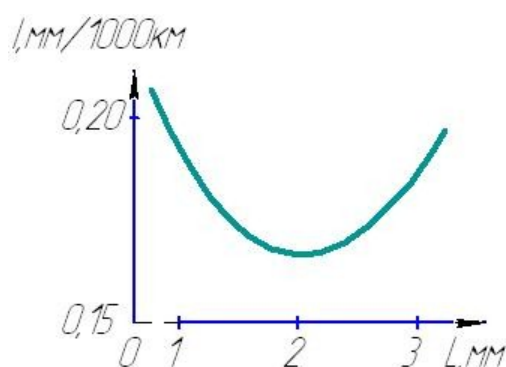


Рисунок 6.33 – Залежність інтенсивності  $I$  зношування шин від величини розбіжності  $L$  коліс машини [2]

Особливо різко скорочується пробіг шин при русі поганими дорогами і при установленні здвоєних шин з неоднаковим зносом протектора і тиском у шинах. Крім того, на їхню довговічність впливає клімат, контакт з паливом і мастилом, якість монтажу і демонтажу, своєчасна перестановка, регулювання підшипників коліс.

Лінійкою КИ-650 вимірюють відстань між внутрішніми поверхнями покришок у двох положеннях (поворотом коліс на 180 град). Регулюють – довжиною поперечної рульової тяги.

У разі однобічного зносу шин переставляють колеса з передніх осей на задні і з правої сторони на ліву.

## 6.16 Діагностування і ТО підшипників

**Підшипники кочення.** Через знос тіл кочення і бігових доріжок збільшуються радіальні та осьові зазори, виникають



перекоси валів, витікає та забруднюється мастило, виникають вібрації і шум, підвищується температура.

Контролюють [3, 10]:

- температуру і шум;
- зазори;
- стан мастил.

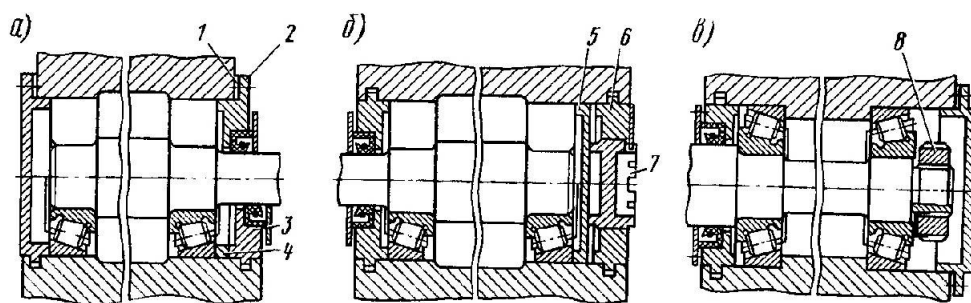
Температура підшипника має бути в межах 30...50 °С, але із збільшенням зазорів, перекосів валів і погіршенням змащування температура збільшується понад 60...70 °С.

Симптомами ненормальної роботи підшипників є глухий переривчастий шум – бракує мастила, скрегіт – зруйнований сепаратор або тіла кочення.

Збільшений зазор викликає перекіс валів, вібрації, шум, нагрівання, зменшений – перегрів, схватування і заклинювання тіл кочення. Зазори заміряють індикаторами годинникового типу ІЧ.

Регулювання підшипників кочення [3, 10] залежить від способу їх встановлення і виконується за допомогою:

- торцевої кришки 2 (рисунок 6.34, а), яка прикріплюється до корпусу, а для регулювання зазора застосовуються кільця 4, що встановлюються між кришкою 3 і зовнішнім кільцем підшипника;
- кришок 5 (рисунок 6.34, б), які притискаються до зовнішнього кільця підшипника гвинтовим упором 7;
- гайки регулювання 8 (рисунок 6.34, в), що зміщує уздовж вала внутрішнє кільце підшипника.



а – спосіб регулювання торцевими кришками; б – те саме кришками з гвинтовими упорами; в – те саме гайками; 1 – металічні прокладки для регулювання; 2 – торцева кришка; 3 – кришка закладна; 4 – кільце для регулювання; 5 – притискна кришка; 6 – закладна кришка; 7 – гвинтовий упор; 8 – гайка для регулювання

Рисунок 6.34 – Способи регулювання підшипників кочення [8]

У конічних і радіально-упорних підшипниках регулюють радіальні зазори, а осьові – у всіх підшипниках. Зазори регулюють за допомогою прокладок з латуні або з жерсті завтовшки 0,05...0,5 мм, регулюючих кілець гайок, гвинтових упорів та ін.

Підшипники регулюються так, щоб забезпечити їхнє вільне обертання без люфта. Посадка підшипників має надійно з'єднувати їх з валами. При вільній посадці на валу підшипник підлягає заміні.

Мастило призначається залежно від швидкості і температури підшипника - від моторних і трансмісійних олив до консистентного мастила (призначається підприємством-виробником).

Мастила подаються до підшипників централізовано або за допомогою мастильниць. Консистентні мастила набивають у порожнину корпусу на 2/3 вільного об'єму підшипника при частоті обертів до 1500 об/хв і на 1/3 об'єму - більше 1500 об/хв.

**Підшипники ковзання.** Контроль підшипників ковзання полягає в перевірці величини зазора, стану вала і поверхонь тертя, наявності мастила. Також перевіряють працездатність мастильниць і стан мастильних каналів.

Від величини зазорів багато в чому залежить змащувальний режим підшипника, а саме товщина, несуча здатність і сталість мастильної плівки. Рекомендована величина зазорів встановлюється підприємствами-виробниками.

Величину зазорів контролюють щупами та індикаторами. Правильність регулювання підшипників визначають перевіркою на фарбу.

## **6.17 Діагностування і ТО робочих органів**

Робочі органи будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машин реалізують основні виробничі функції, від їхнього технічного стану залежать продуктивність і якість роботи.

Мета проведення ТО [3]:

- підтримка працездатності зубів, ножів, шнеків, крюків, захоплювачів, тобто устаткування, що безпосередньо контактує з матеріалом, який переробляється;

- запобігання руйнуванню металоконструкцій стріл, рукоятей, відвалів, ковшів.

При виконанні зовнішнього огляду робочі органи ті їхні елементи очищують від бруду, пилу, іржи.

Оглядають стан зубів, передніх стінок ковшів екскаваторів, скреперів і навантажувачів, ножів бульдозерів, автогрейдерів і щибенеочисних машин, гаків підвісок кранів. Встановлюють ступінь їхнього зносу, поломки, надійності кріплення. Особливу увагу звертають на стан металоконструкцій стріл, мостів, рукоятей, стан болтів і зварних з'єднань.

Під час роботи машин ріжучі елементи їхніх робочих органів зношуються зі швидкістю до 200...250 мкм/год, що призводить до зниження продуктивності, зростання опору різанню, тривалості виконання операцій.

Послаблення болтових з'єднань призводить до того, що болти перестають працювати на розтягування, у них виникають напруження вигину і зрізу. При простукуванні таких з'єднань вони видають звук, що деренчить.

Дефекти основного металу і зварних швів встановлюють візуально, а також, за необхідності, за допомогою ультразвукових дефектоскопів УДМ-1М, УДМ-3М або магнітно-порошкової дефектоскопії за допомогою приладів ПДМ-70 і ДМП-2.

При порушенні фарбового покриття місця іржі зачищають, ґрунтують і зафарбовують або покривають антикорозійним матеріалом.

Найбільш типовими елементами вантажопідйомних машин, технічний стан яких має загальне значення, є підвіска гака, траверса, сталеві канати, барабани, гальма, ходові колеса, кранові рейки, металоконструкції.

**Підвіску гака** перевіряють на відсутність деформацій і тріщин у всіх перетинах, включаючи хвостовик, справність стопора гайки, стан підшипників, щік, осі, траверси, стопорних планок і їхніх болтів (рисунок 6.35). Гаки, які є зношеними по висоті вертикального перетину на 10 %, підлягають заміні.

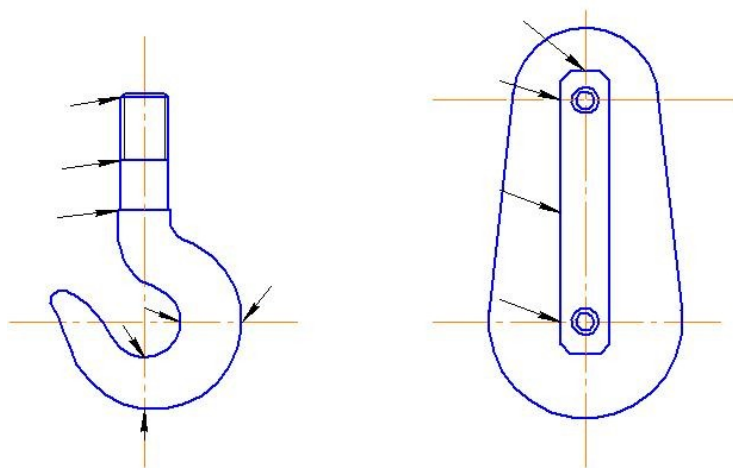


Рисунок 6.35 – Перевірка гака і шік підвіски гака (місця, які підлягають особливій перевірці, відмічені стрілками)

**Траверса** підлягає заміні при зношуванні осі більш ніж на 3 %, а вантажні ланцюги – при зношуванні ланок на 10 % початкового діаметра. Заміняють окремі ланки з тріщинами, деформаціями. Ланцюг, у якого пошкоджено 5 % ланок, має бути замінений.

**Сталеві канати** очищують, оглядають, змащують, перевіряють кріплення на барабані. Стан канатів оцінюють за кількістю обірваних дротів, ступенем їхнього зносу і кількістю обривів пасм. Кількість обірваних дротів для канатів хрестового звивання допускається удвічі більшим, ніж для канатів однобічного звивання.

При зменшенні діаметра каната внаслідок зношування і корозії на 7 %, а також через розрив сердечника або зминання канат підлягає заміні незалежно від стану дротів.

Для канатів особливо відповідального призначення (піднімання людей, небезпечних вантажів) цю норму знижують у два рази. При зношуванні і корозії на 40 %, або при хоча б одному обірваному пасмі, канат бракують. Збраковані канати не ремонтують, а замінюють новими.

**Барабан** очищають, оглядають, перевіряють кріплення каната, його канатоємність і змащують. Виявляють знос канавок нарізки барабанів, тріщини. Допустиме зношування профілю канавок – до 2 мм. При зменшенні товщини стінки більш ніж на

20 % її початкового розміру або наявності тріщин барабан підлягає заміні.

**Гальма.** Від роботи гальм залежать безпека робіт, тривалість циклу і величина динамічних навантажень на конструкцію. Основним показником їхньої роботи є величина гальмового моменту.

Гальма мають оглядатися щодня. Хід штовхачів має бути в межах 0,75-1,00 номінальної величини. Пружина, тяги і важелі мають бути без пошкоджень і тріщин. Струмопровідні дроти повинні бути ізольованими і захищеними гнучкими рукавами. Електромагніти мають працювати безшумно, а їх температура повинна бути не вищою 120 °С. Гранично допустима температура гальмового шківів – 200 °С.

Максимально допустимий знос накладок гальм і робочої поверхні гальмового шківів становить відповідно 50 і 25 % їхньої номінальної товщини.

Гальма механізму пересування мають забезпечувати шлях гальмування крана до 1 м. Гальма механізму піднімання повинні утримувати вантаж масою на 25 % більшою за вантажопідйомність крана протягом 10 хв.

У канатних **блоків** перевіряють стан осей, реборд і струмків. Блоки з тріщинами і відколами реборд експлуатувати не дозволяється. При зношуванні стінок струмка понад 20 % і обода під його дном понад 40 % блоки підлягають заміні.

У **ходових коліс** контролюють знос реборд і поверхонь кочення. Необхідно добиватися зменшення зносу реборд точним установленням коліс, підтриманням у гарному стані рейкових шляхів, змазуванням реборд і бічних поверхонь головок рейок. При зносі реборд на 50 % їхньої номінальної товщини колесо має бути заміненим. Заміну проводять комплектами, маючи на увазі те, що довжина кола в будь-якій парі коліс не повинна відрізнитися більш ніж на 0,3 мм (або 0,1 мм за діаметром).

Твердість робочої поверхні ходових коліс і реборд має відповідати вимогам нормативних документів.

Роботи стосовно **кранових рейок** полягають у контролі відхилення їхнього розташування від проектного положення, нівелюванні шляху згідно з вимогами і Правилами, встановленими нормативними документами. Наприклад,

граничний температурний зазор між рейками при їхній довжині 12,5 м при температурі 0 °С має бути не більшим 6 мм. Осадка колії під ходовими колесами не має перевищувати 1 мм на 10 кН сили тиску. Взаємне зміщення торців рейок у плані і по висоті – не більше 2 мм.

Гранична величина зносу рейок – 15 % номінального розміру профілю. За наявності будь-яких тріщин, відколів матеріалу головки або підошви рейки выбраковуюються.

## **6.18 Діагностування і ТО металоконструкцій машин**

Металоконструкції машин працюють в умовах динамічних навантажень і значних вібрацій, що призводить до появи в них втомних тріщин. Тріщини в металоконструкціях машин найчастіше з'являються в місцях:

- різкої зміни перетинів елементів, зміни ширини і товщини листів, їхніх обривів;
- примикання накладок, ребер, діафрагм, косинок;
- на кінцях зварних швів і місцях із зміною їхньої товщини і форми;
- у стикових швах і швах, що є перпендикулярними до зусилля в елементі;
- у швах з технологічними дефектами (непроварами, несплавами по кромках, підрізами кромок, напливами, шлаковими включеннями, порами, пропаленнями, кратерами).

Типові місця появи тріщин у металоконструкціях мостових кранів показані на рисунку 6.36.

Стан металоконструкцій машин оцінюють:

- за стрілою прогину крана – визначають методом нівелювання. Нормативи залишкових деформацій наведені в довідниках;
- наявністю та параметрами тріщин, послабленням різьбових з'єднань;
- ступенем корозійного пошкодження – оглядають нижні пояси і стінки в місцях їх примикання до поясів.

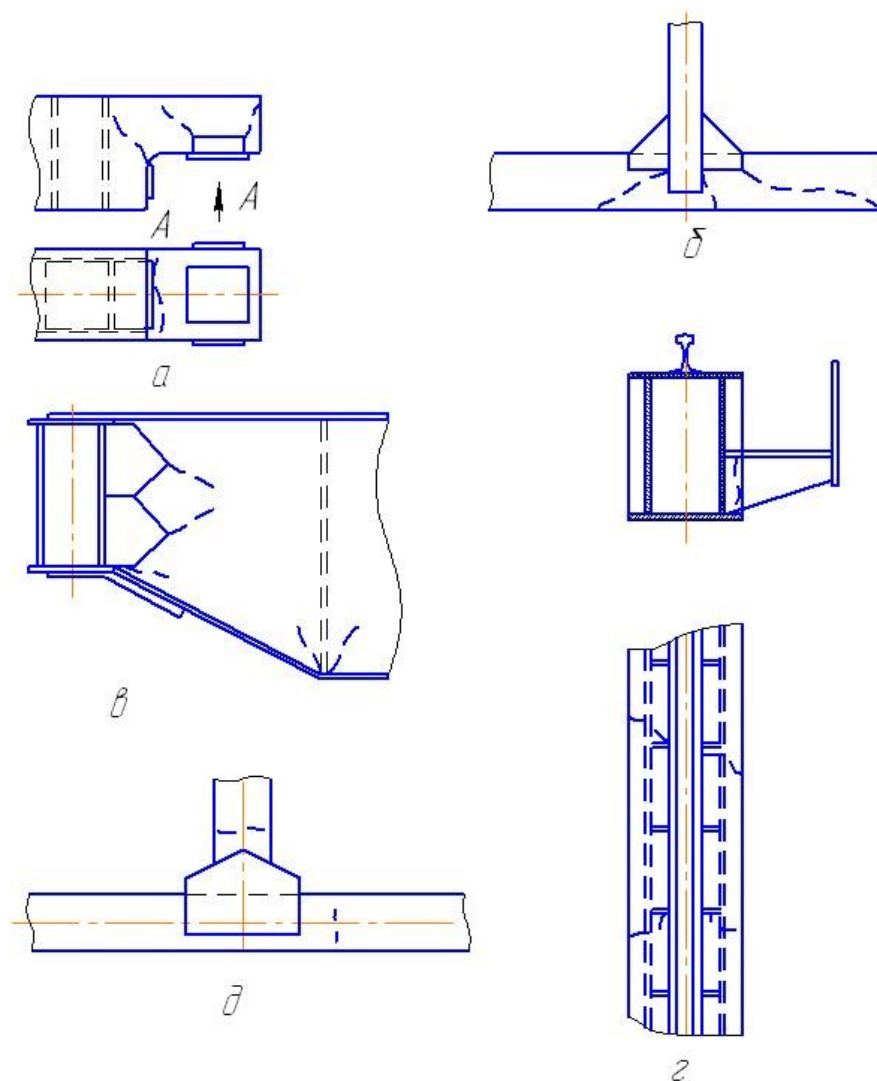


Рисунок 6.36 – Типові місця появи тріщин у металоконструкціях мостових кранів (пояснення – у тексті)

Контролюють наявність і прохідність дренажних отворів у коробчатих балках. За їх відсутності і тривалих термінах експлуатації кранів перевіряють товщину вказаних елементів з висвердлюванням у них отворів.

Технічний стан металоконструкцій визначається **методами безруйнівного контролю**, передбачених ГОСТ 18353-79 [14, 15]. Найбільш поширеними серед них є ультразвукові, капілярні, магнітні, візуально-оптичні та електропотенційні, метод визначення коерцитивної сили матеріалів і акустико-емісійного контролю металоконструкцій.

**Ультразвукові методи** побудовані на реєстрації пружних хвиль, які штучно збуджуються в об'єкті, який досліджується.

Для цього застосовують ультразвукові дефектоскопи серій УДМ-1М, УДМ-3М, ДУК-66П, УД-10ЦА, п'єзоелектричні перетворювачі яких генерують ультразвукові імпульси, направлені на об'єкт. На фоні відбитків цих імпульсів, які надходять від зворотної сторони елемента металоконструкції, фіксуються також відбитки можливих внутрішніх дефектів (раковин, тріщин, розшарувань). Основним недоліком цих методів є нездатність розпізнавати мікротріщини, які розташовані на поверхні об'єктів.

**Капілярні методи** побудовані на здатності спеціальних рідин проникати в мікротріщини на поверхні металоконструкцій. Поверхня, що досліджується, змочується керосином і для покращення контрастності прояви дефектів посипається тертою крейдою, тальком або спеціальним люмінофором, які здатні світитися під ультрафіолетовим світлом. Для цього застосовуються стаціонарні (КД-20Л) або мобільні (КД-21Л, КД-31Л) освітлювачі.

Капілярні методи здатні виявити мікротріщини довжиною до 0,03 мм, глибиною до 0,01 мкм і розкриттям 1,0 мкм. Їхніми перевагами є простота і зручність застосування, але вони не дозволяють виявляти глибину тріщин і внутрішні дефекти.

Приховані внутрішні дефекти визначаються **магнітними методами**, які реєструють магнітні поля розсіювання навколо дефектів металу. Застосовуються три різновиди цього методу: ферозондовий, індукційний і магнітно-порошковий.

Ферозондовий метод визначає магнітне поле розсіювання катушкою зі сталевим сердечником, через яку пропускають змінний струм частотою 50-200 Гц. Цим методом виявляються дефекти на глибині до 10 мм від поверхні.

Індукційний метод реєструє аномалії магнітного поля розсіювання, яке утворюється між полюсами електромагніту. ЕДС, яка фіксується при цьому, після підсилення сигналу передається на реєстратор або монітор. Цей метод виявляє тріщини з розкриттям більше 1,0 мм, довжиною більш ніж 0,5 мм і глибиною від 0,01 до 2,00 мм.

**Візуально-оптичні методи** дозволяють виявляти дефекти металоконструкцій у ході візуального обстеження за допомогою оптичних засобів (дзеркал, лінз, мікроскопів, ендоскопів). Вони є



досить продуктивними і не потребують складного обладнання, але через низьку чутливість не здатні виявляти мілкі поверхневі дефекти, а також не придатні для виявлення внутрішніх дефектів. Точність цих методів залежить від кваліфікації спеціалістів.

**Електропотенційні методи** побудовані на реєстрації потенціалів, що виникають на поверхні, яка досліджується, при проходженні струму. Дефекти матеріалу металоконструкцій викликають зростання падіння напруги електричного сигналу.

## **6.19 Діагностування і ТО механізмів і деталей конвеєрів**

У складі конвеєрів у першу чергу слід перевірити технічний стан стрічок, роликоопор, барабанів, тягових ланцюгів, вантажонесучих елементів (пластин, ковшів).

Під час проведення ТО стрічки оглядають, перевіряють правильність роботи, проводять регулювання або ремонт. При цьому контролюють:

- пошкодження і якість очищення стрічки;
- прилягання стрічки до роликів;
- правильність ходу стрічки, її завантаження і розвантаження;
- відсутність заштибовки і надмірного провисання між роликоопорами;
- відсутність небезпеки буксування.

Особливо небезпечно експлуатувати стрічки при послабленому натягненні. При цьому виникають завали, розсип вантажу, збільшуються кути перегину стрічки на роликоопорах, що підвищує енерговитрати і знижує термін служби стрічки.

Послаблення натягнення веде до буксування стрічки. При тривалому терті може статися її займання.

Щоб уникнути цього, необхідно:

- 1 Контролювати натягнення стрічки і стежити за її центруванням.
- 2 Перевіряти і налагоджувати пристрої для очищення стрічки і барабанів.
- 3 Не допускати забивання.
- 4 При значному витягуванні потрібно виконати перестановку (скорочення) стрічки.

Роликоопори працюють в умовах значної запиленості, тому при неякісному ущільненні підшипників можливе їх забруднення і заклинювання. Конвеєр з роликами, які не обертаються, експлуатувати не можна через скорочення терміну служби стрічки, збільшення опору руху і витрат енергії.

Дефлектори (відхиляючі ролики) повинні обертатися легко. Несучі ролики повинні торкатися стрічки по всій її довжині.

У барабанах перевіряють стан підшипників (за шумом і нагрівом) і футерування, основними пошкодженнями якого є знос та обриви. Нагрів підшипників може викликатися їхніми пошкодженнями, забрудненням, відсутністю мастила, перекосом осей.

У тягових ланцюгах і зірочках виявляють тріщини і величину зносу, порушення посадок, рухливості роликів і катків. Послаблені болтові з'єднання затягують.

Якщо натягувальний пристрій не забезпечує належного натягнення ланцюга, слід видалити його ланку, яка дорівнює або є кратною відстані між робочими органами (ковшами, підвісками). Якщо вихід ланцюга з зачеплення внаслідок зносу зубів є ускладненим, то зірочку потрібно замінити.

У вантажонесучих елементах контролюють: 1) залишкові деформації; 2) надійність кріплення до тягового елемента; 3) знос.

Вантажонесучі елементи деформуються і відриваються при зачепленні з нерухомими елементами кожуха, простяганні їх через завали, падінні на них важких шматків вантажу. При цьому знижується їхня транспортуюча здатність, зношується жолоб й самі елементи. Тому робота з деформованими вантажонесучими елементами недопустима, їх слід замінювати або виправляти.

## Література до розділу 6

1 Колесник, П.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] / П.А. Колесник, В.А. Шейнин. – М.: Транспорт, 1985. – 325 с.

2 Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем [Текст]: учеб. для вузов / В.А. Зорин. – М.: Академия, 2009. – 208 с.

3 Фролов, П.Т. Эксплуатация и испытания строительных машин [Текст]: учеб. для студ. спец. "Строит. и дорож. машины и оборудование" / П.Т. Фролов, И.В. Петров, М.С. Балаховский. – М.: Высш. шк., 1970. – 391 с.

4 Бервинов, В.И. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов [Текст]: учеб. пособие / В.И. Бервинов, Е.Ю. Доронин, И.П. Зенин. – М.: Учеб.-метод. центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2008. – 332 с.

5 ГОСТ 23435-79. Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://standartgost.ru/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%2023435-79>.

6 Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов [Текст]: учеб. для сред. проф. образов / С.Ф. Головин, В.М. Коншин, А.В. Рубайлов и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 464 с.

7 Діагностика і технічне обслуговування будівельних машин. Практикум [Текст]: навч. посібник / С.К. Полянський, А.С. Жерновий, В.І. Лесько, С.Х. Тинченко; за ред. С.К. Полянського. – К.: Либідь, 1995. – 312 с.

8 Ровках, С.Е. Техническая эксплуатация и ремонт машин транспортного строительства [Текст]: учеб. для техникумов / С.Е. Ровках, Л.А. Фейгин. – М.: Транспорт, 1985. – 335 с.

9 Полянський, С.К. Техническая эксплуатация машин в строительстве [Текст] / С.К. Полянський, Г.И. Линецкий, Е.В. Москвин. – К.: Будівельник, 1979. – 240 с.

10 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов /

А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

11 Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Рубайлов, Ф.Ю. Керимов, В.Я. Дворковой и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Академия, 2007. – 512 с.

12 Гринчар, Н.Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин [Текст]: учеб. пособие / Н.Г. Гринчар. – М.: Учеб.-метод. центр по образов. на железнодорож. транспорте, 2007. – 301 с.

13 Макаров, Р.А. Диагностика строительных машин [Текст] / Р.А. Макаров, А.В. Соколов. – М.: Стройиздат, 1984. – 324 с.

14 ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost14718.html>.

15 Криворудченко, В.Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта [Текст] / В.Ф. Криворудченко, Р.А. Ахмеджанов. – М.: Маршрут, 2005. – 436 с.

## 7 ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ

### 7.1 Вплив чинників зовнішнього середовища на роботу машин

Чинники зовнішнього середовища (температура, вологість і запиленість повітря) діють на машину і оператора, тому ефективність системи "людина-машина" знижується.

В умовах роботи машин при **високій температурі** зменшується в'язкість дизпалива, змащувальних матеріалів, робочих і технічних рідин, погіршується охолодження двигунів, прискорюється старіння гумотехнічних та ізоляційних матеріалів. При **низькій температурі** збільшується в'язкість рідин і мастил, відбувається замерзання конденсату в пневмосистемах, твердіння і руйнування гумотехнічних виробів, знижується ударна в'язкість сталей.

При **підвищеній вологості** робочої зони машин прискорюється корозія, знижується опір ізоляції, обводнюється паливо і технічні рідини. У разі **зниженої вологості** відбувається загустіння змащувальних рідин, висихання ущільнень, з'являються тріщини в ізоляційних матеріалах.

Внаслідок дії **сонячної радіації** зменшується коефіцієнт тертя фрикційних матеріалів, прискорюються процеси старіння полімерних покриттів.

Через дію **вітра** погіршується стійкість і швидкість машин. Крім того, відбувається висихання матеріалів, збільшується тепловіддача елементів машини. Вважається [1], що збільшення швидкості вітру на 1 м/с за інтенсивністю охолодження дорівнює зниженню температури повітря на 10 %.

При проектуванні машин необхідно враховувати особливі умови їхньої роботи. Взагалі існуючі типи машин поділяються на три групи:

- а) для роботи в умовах помірного клімату;
- б) роботи на широтах з північним кліматом;
- в) роботи в тропічних широтах.

Звичайно, на території України переважно випускаються машини першої групи. Але в багатьох випадках виникає необхідність їх пристосування до роботи в особливих умовах. Крім того, у районах з помірним кліматом нерідкі суворі зими і жарка погода влітку. Тому необхідно знати рекомендовані наукою і практикою прийоми експлуатації машин саме в цих умовах.

## **7.2 Експлуатація машин в умовах низьких температур**

Експлуатація машин при низьких температурах характеризується певним негативним впливом на роботу як машин, так і людей. Так, продуктивність екскаваторів взимку зменшується в 1,4...1,5 разу, відмови двигунів збільшуються на 50 %, металоконструкції руйнуються в 2,5...3,0 рази частіше, експлуатаційні витрати зростають на 50 % [2].

Погіршується самопочуття машиністів і водіїв, швидко настає стомлення. Охолодження організму людини супроводжується втомою, а звідси – зниження продуктивності, уповільнення реакції, зростання травматизму та аварій.

Зниження продуктивності викликано мерзлим ґрунтом, підвищеною жорсткістю доріг, великою кількістю снігу.

Робота в умовах низьких температур призводить до порушень взаємодії елементів машин [1]:

- відбувається загущення мастил, що ускладнює роботу двигунів внутрішнього згоряння, знижується його к.к.д., зростає зношування пар тертя;

- збільшується в'язкість палива, погіршуються його випарювання, якість розпилювання та здатність до прокачування. У паливі і в оливах починають виділятися краплини води, утворюються кристали льоду, порушується робота фільтрів. Подальше зниження температури призводить до кристалізації в паливі парафінів, внаслідок чого погіршується продуктивність насосів майже до закупорки паливопроводу;

- зменшується ефективна потужність двигунів через те, що значна частина потужності двигунів (до 50 %) витрачається на подолання внутрішнього опору. Наприклад, зусилля протягування одного поршня дизельного двигуна через циліндр при зміні температури від + 20 °С до – 40 °С збільшується майже в 100 разів [3];

- ускладнюється підтримка оптимального температурного режиму двигуна. Зниження температури охолоджуючої рідини до 45 °С призводить до зменшення потужності двигуна на 5...6 % (для дизелів) і на 8...9 % (для карбюраторних двигунів), а витрата палива зростає на 6...7 % та 15...20 % відповідно. При цьому у двигунах зростають темпи зношування пар тертя, прискорюється утворення смолянистих і окисних речовин і відкладення нагару і смол на стінках циліндрів;

- низька температура повітря, що надходить до камери згоряння, призводить до порушення пропорцій паливоповітряної суміші, до підвищених витрат палива, до ускладнення запуску двигуна. Погіршуються умови роботи електросистем машин (запалювання, запуску та ін.);

- охолодження електроліту в акумуляторних батареях зменшує їхню електричну ємність. Зниження ємності акумуляторних батарей відбувається через підвищення їхнього внутрішнього опору внаслідок підвищення в'язкості електроліту і погіршення його циркуляції в порах активної маси пластин. Зниження температури на 1 °С спричиняє зменшення на 1-2 % ємності акумуляторної батареї, тобто внаслідок зниження температури повітря з +15 °С до -15 °С ємність батареї зменшується приблизно на 40 % [3];

- згущування робочих рідин у гідросистемах ускладнює їхнє перекачування, матеріал ущільнень стає більш крихким, що викликає розриви ущільнень і призводить до зменшення робочих швидкостей, ударів та ін. Керування роботою гідросистем стає ненадійним;

- температурні деформації призводять до порушення оптимальних зазорів, зростають втрати від тертя і темпи зношування елементів машин;

- при низьких температурах погіршується еластичність сталі, що викликає крихке руйнування металоконструкцій. Внаслідок зростання динамічних навантажень при роботі на мерзлих ґрунтах рами, стріли, відвали, ковші піддаються перевантаженням у 2-10 разів [3]. Руйнування конструкцій у таких умовах викликане **холодноламкістю**, тобто явищем переходу сталі при температурах, нижчих за -20 °С з в'язкого до

крихкого стану. Місця зароджування руйнувань зосереджені в зонах термічного впливу зварних з'єднань металоконструкцій.

**Заходи щодо забезпечення працездатності машин при низьких температурах [4]:**

1 Сезонна підготовка технічних систем машини.

2 Перехід на зимові сорти ТЗМ.

3 Використання систем, що полегшують запуск ДВЗ.

4 Утеплення робочих місць машиністів.

5 Обмеження робочих режимів машин.

Необхідної підготовки потребують такі системи:

- двигун (утеплення моторного відсіку, установлення додаткових шторок);

- пневмосистема (усунення витоків, попередження утворення льодових пробок);

- електрообладнання (утеплення акумуляторів, доведення густини електроліту до  $1,29...1,31 \text{ г/см}^3$  при температурі  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ );

- система охолодження (заправка антифризом, утеплення);

- паливна система (утеплення бака і паливопроводів);

- трансмісія і ходова частина (заміна мастил на зимові сорти);

- гідросистема (утеплення за допомогою тканин і войлоку бака, гідроакумуляторів, розподільників, трубопроводів, застосування зимових сортів робочих рідин);

- пневмосистема (видалення водяного конденсату і осадів компресорної оливи).

**Для полегшення запуску двигунів внутрішнього згоряння застосовують такі способи [1]:**

1 Запуск двигуна з попередньою тепловою підготовкою, який складається:

- з розігрівання гарячим повітрям;

- проливання гарячою водою;

- обігрівання рідинними підігрівачами;

- обігрівання електрообігрівачами, теплоелектронагрівачами.

2 "Холодний" запуск двигуна, який може відбуватися за допомогою:

- пускових пристроїв (введенням у циліндри легкозаймистих рідин);

- спеціальних рідин і мастил;



- зовнішніх джерел енергії (пересувних випрямних установок і акумуляторних візків).

### **Експлуатація машин при високих температурах [4]**

Існують райони з піщано-пустинними районами, де температура повітря досягає + 50 °С, ґрунту – + 70 °С, а металевих частин на сонці – до + 85 °С.

Сильні зatoryжні вітри зі швидкістю 9...10 м/с викликають пилові хмари.

Висока температура повітря, його розрідженість і запиленість особливо негативно позначаються на роботі двигунів. У трубопроводах утворюються парові пробки, у карбюраторах обідняється суміш, погіршуються антидетонаційні властивості бензину. Потужність двигуна при температурі +50 °С зменшується на 6 % (у карбюраторного) і 9 % (у дизельного).

Порушується тепловий режим роботи двигуна, що призводить до інтенсивного зносу циліндро-поршневої групи, а інтенсивне забруднення фільтрів – до підвищення зносу циліндро-поршневої групи.

### **Заходи, що проводяться при роботі машин в умовах підвищеної температури:**

1 Заміна мастил і рідин на літню групу, електроліту – на менш густий.

2 Установлення додаткових радіаторів.

3 Щоденне очищення фільтрів, двигунів, акумуляторів.

4 Шарніри закривають чохлами з брезенту.

5 Встановлення кондиціонерів та ін.

### **Заходи і засоби забезпечення роботи машин в темний час доби [4]**

Експлуатація машин у 2 – 3 зміни, короткий світловий день взимку призводять до необхідності працювати в темний час доби.

При цьому необхідно забезпечити видимість робочого устаткування, зони обслуговування машини, шляхів їхнього переміщення.

Через погане освітлення знижується продуктивність і якість роботи, також це може стати причиною аварій і нещасних випадків.

Заздалегідь, тобто в денний час, необхідно ознайомити машиністів з місцем і об'ємом робіт, шляхами проходження, небезпечними місцями, розташуванням світлових точок.

Встановлюють огорожі небезпечних місць, роблять розмітку місця роботи і переміщень.

Засоби освітлення залежать від виду машин і характеру робочого процесу.

Для роботи пересувних машин джерела світла розміщують на самих машинах, а стаціонарні не використовують через великі витрати.

Освітлення для роботи стаціонарних машин проводять світловими точками, розміщеними на робочому майданчику. Кар'єри, місця відсипання ґрунту, бетонозмішувальні вузли освітлюють прожекторами від пересувних електростанцій або пересувними освітлювальними установками.

Освітлення має бути таким:

- 1) щоб світло не сліпило машиніста;
- 2) світло має бути бічним, забезпечуючи хорошу оглядовість робочої зони;
- 3) забезпечувати підвищену освітленість у місцях завантаження і обслуговування механізмів (щити управління, місця завантаження бетономішалок, каменедробарок і т. п.).

## **Література до розділу 7**

1 Колесник, П.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] / П.А. Колесник, В.А. Шейнин. – М.: Транспорт, 1985. – 325 с.

2 Бардышев, О.А. Техническая эксплуатация машин на Севере [Текст] / О.А. Бардышев, Н.Г. Гаркави, Н.Г. Тесленко. – Л.: Стройиздат, 1981. – 184 с.

3 Лозовой, Д.А. Эксплуатация землеройных машин в зимнее время [Текст] / Д.А. Лозовой, В.А. Запускалов, А.А. Покровский, Ю.М. Трушин. – Л.: Стройиздат, 1978. – 120 с.

4 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов /

А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

5 Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / С.М. Ашеко, Ф.М. Ващилов, М.Е. Ильин и др.; под ред. А.В. Каракулева. – М.: Транспорт, 1979. – 264 с.

## 8 ЗБЕРІГАННЯ МАШИН

### 8.1 Заходи, що забезпечують зберігання машин

Значна частина будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машин використовується сезонно. Довго не працюючі машини, якщо їх не підготувати до зберігання, приходять у неробочий стан через корозію, старіння, деформації. Тому зберігання машин у неробочий період – важливий елемент технологічного процесу експлуатації машинного парку.

**Збереженість** є однією з характеристик надійності машин, це здатність машин безперервно зберігати справний і працездатний стан під час і після зберігання.

Правила зберігання машин і їхніх складових частин регламентуються, зокрема, ГОСТ 27252-87 та ГОСТ 7751-85.

Заходи з забезпечення збереження машин [1] умовно поділяються на дві групи. **Перша група заходів** забезпечується проектувальниками та виробниками, а **друга** – споживачами.

Основним показником здатності машини зберігатися є **коефіцієнт зберігання**

$$K = 1 - A_o - \frac{A_x}{A_o}, \quad (8.1)$$

де  $A_o$  і  $A_x$  - значення параметра технічного стану до і після зберігання.

Завданням заходів, що забезпечують зберігання машин, є збереження якомога вищого показника  $K$  при заданих ресурсах і чинниках зовнішнього середовища. Серед цих заходів виділяють дві групи:

**а) організаційні**, які передбачають:

1) створення бази для зберігання і протикорозійного захисту машинного парку;

2) складання плану і схеми розміщення машин за типами на місцях зберігання;

3) організацію і комплектування робочих місць для проведення робіт з консервації і зберігання;

4) облік приймання-видачі машин на зберігання і випуск;

5) створення спеціалізованих ланок зі зберігання машин;

6) контроль за протипожежною безпекою робіт на майданчику для зберігання машин;

**б) технологічні заходи складаються:**

1) з очищення, миття і сушки машин;

2) консервації агрегатів, зняття вузлів, що вимагають складського зберігання;

3) герметизації порожнин і роз'ємних частин;

4) доставки машин до місць зберігання і установлення їх на підставки;

5) технічного обслуговування машин під час зберігання;

6) зняття зі зберігання та розконсервування машин, установлення знятих раніше вузлів;

7) регулювання і настроювання агрегатів і машин.

Перед постановкою машин на зберігання перевіряють їхній технічний стан і обов'язково проводять чергове ТО.

Залежно від тривалості розрізняють три **види зберігання** [1]:

1 **Міжзмінне** – з перервою в роботі до 10 днів.

2 **Короткочасне** – від 10 днів до 2 місяців.

3 **Тривале** – більше 2 місяців.

Короткочасне зберігання машин можна здійснювати на місці їх використання, а довготривале – тільки на спеціально обладнаних дворах. До короткочасного зберігання машини готують відразу ж після закінчення робіт, а до довготривалого – не пізніше 10 днів з моменту закінчення робіт.

Для короткочасного зберігання машини встановлюють комплектно, тобто без зняття з них окремих агрегатів, вузлів і деталей.

Перед постановкою машини на зберігання слід провести її чергове ТО. Протягом терміну зберігання машини повинні

залишатися в справному і працездатному стані з тим, щоб в заданий час і з мінімальними витратами їх можна було б підготувати до роботи.

## 8.2 Руйнуючі чинники і захист машин від них

Руйнуючими чинниками в період збереження машин є такі [2]:

- корозія;
- деформації;
- старіння (наприклад, вузлів енергопостачання);
- розкладання (гума, деревина).

**Корозія** – причина найбільших втрат технічних властивостей машин. Це поверхнєве пошкодження металу в результаті його взаємодії з навколишнім середовищем. Вона протікає у вигляді хімічного або електрохімічного процесу, самовільно виникаючого на межі розділу металу з газом або рідиною. Інтенсивність корозії залежить від характеру середовища, властивостей металу, умов експлуатації машин.

Найбільш розповсюджені конструкційні матеріали машин - вуглецеві і низьколеговані сталі. Окисний шар, що утворюється на поверхні сталі товщиною 0,0015...0,0025 мкм, не має захисних властивостей, як в алюмінію. Він крихкий, швидко руйнується і корозія розвивається вглиб деталі.

За характером руйнування металу розрізняють **суцільну** – загальну і **місцеву** – локальну корозію.

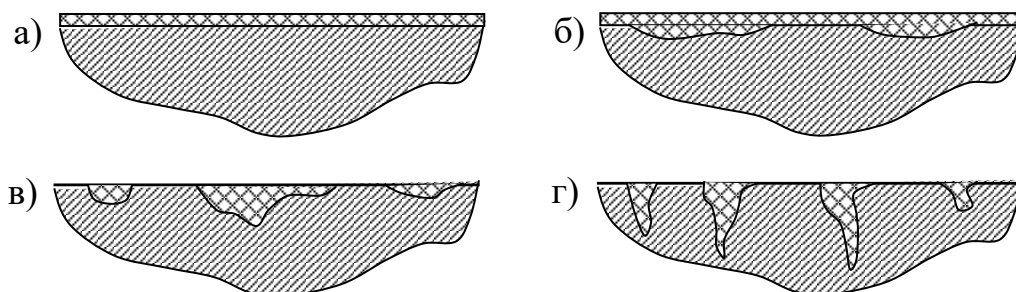
При **суцільній** корозії фронт руйнування розповсюджуються паралельно поверхні деталі з однаковою швидкістю (рівномірна корозія), або з різною швидкістю (нерівномірна) через різний ступінь їх шорсткості, наявність внутрішніх напруг, деформації.

**Місцева** корозія з'являється на окремих ділянках деталей і конструкцій плямами, які переходять у виразки – глибокі раковини і западини (рисунок 8.1).

Особливо небезпечною є пітингова корозія, коли метал руйнується на порівняно малій ділянці зі швидкістю, яка в 4-5

разів перевищує таку саму на навколишній поверхні [2]. Такі місця іржі, як концентратори напруг, з часом переростають у джерело суцільної тріщини деталі.

Місцева корозія спостерігається на деталях і конструкціях з дефектами захисного покриття (рукояті, стріли, мости, оперення машин).



а – рівномірна; б – нерівномірна;  
в – виморочна; г – точкова пітингова

Рисунок 8.1 – Види корозії металів машин

**Хімічна корозія** є результатом хімічної дії на метал газів, кислот та ін. Вона є характерною для циліндро-поршневої групи, вихлопних трактів ДВЗ, паливних баків.

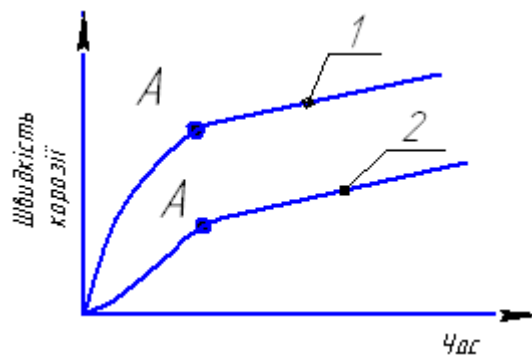
**Електрохімічна корозія** виникає в електролітах і протікає інтенсивніше, ніж хімічна. Електроліти утворюються з конденсату на поверхнях деталей атмосферних водяних парів і розчинених у них кислот і лугів, присутніх у газах, пилі, ґрунті.

Передумовами електролізу є неоднорідність поверхні металу через наявність у металі різних хімічних елементів, деформацій структурних ґрат, різниці внутрішніх напружень. Це призводить до появи в металі точок з різними електричними потенціалами.

Мікрогальванічні пари, які виникають при цьому, за наявності струмопровідного середовища починають діяти. Електроліз супроводжується руйнуванням поверхні металу. Інтенсивність цього процесу залежить від вологості повітря і його забрудненості газами, частинками мінеральних солей.

Найбільша швидкість процесу спостерігається при відносній вологості повітря 80 % [2].

Встановлено, що після початкових змін процес корозії стабілізується (рисунок 8.2) у точці А і далі характеризується приблизно лінійною залежністю.



1 – деталь №1; 2 – деталь №2

Рисунок 8.2 – Графік залежності інтенсивності корозії від часу [2]

Середня швидкість проникнення корозії для сталі – 200 мкм/год. Вона зростає при підвищенні вологості, забрудненнях повітря, від дії вітрів, сонячної радіації.

Основними заходами покращення коефіцієнта збереження машин є захист металоконструкцій шляхом консервації, фарбування та герметизації внутрішніх порожнин.

Наступним руйнуючим чинником є **деформації**, яких зазнають ресори, пружини, механічні амортизатори, шини, сальники та інші деталі, які тривалий час знаходяться під статичним навантаженням в неробочому стані одержують залишкові деформації, втрачають пружність і при подальшій експлуатації швидко виходять з ладу. Щоб зберегти механічні характеристики несучих елементів на нормальному рівні, при зберіганні передбачають їх розвантаження від ваги машини.

**Старінню** піддаються джерела енергопостачання машин (генератори, акумуляторні батареї, що включені в електричні мережі). Через окислення контактів, сульфатацію пластин і саморозрядження акумуляторні батареї поступово втрачають напругу. Для збереження довшої працездатності акумулятори і генератори відключають від електромереж, а при тривалому

зберіганні – знімають з машин і зберігають у спеціальних приміщеннях.

**Розкладання** зазнає гума технічних виробів ущільнень, манжет, сальників, приводних пасів, шлангів гідросистем, шин. Під впливом сонячних променів гума самовулканізується, стає крихкою, розтріскується. Волога крізь тріщини потрапляє до корда та інших тканин основи, викликаючи їхнє гниття. Такі вироби втрачають еластичність, тому їх необхідно ізолювати від сонячних променів.

Дерев'яні деталі при підвищенні вологості набухають, а під дією вітру і сонця – розсихаються. Чергування цих процесів призводить до утворення тріщин, скупчення в них вологи і подальшого гниття дерева. Збереження їх добиваються просоченням і фарбуванням.

Для зберігання машин обладнують машинні двори. Обгороджування для машинних дворів можуть бути різними: з бетонних плит заввишки до 2 м по усьому периметру; з дротяної сітки на залізобетонних стовпах. Із зовнішнього боку обгороджування виконують обваловування (роблять рів глибиною 0,45 м).

Для електроосвітлення машинного двору використовують низьковольтну повітряну електромережу напругою 220-380 В. У центрі машинних дворів встановлюють щоглу з прожекторами, а по периметру встановлюють опори для ліхтарів вуличного освітлення.

На машинному дворі обладнують протипожежні щити (2-3 шт.), оснащені лопатами, баграми, вогнегасниками, ящиками з піском, або розміщують пожежні резервуари місткістю 50... 150 м<sup>3</sup>.

Місця зберігання машин слід розташовувати не ближче ніж на 50 м від житлових, складських або виробничих приміщень. На майданчику мають бути відмічені місця стоянки і проїзди. Мінімальна відстань між машинами в одному ряду має бути не менше 0,7 м, а відстань між рядами – не менше 6 м.

Машини, що зберігаються під навісом і на відкритих майданчиках, необхідно перевіряти не рідше одного разу на місяць, а після сильного вітру, дощу і снігопаду – не пізніше наступного дня. Машини, що зберігаються в закритих



приміщеннях, і зняті з машини вузли, що зберігаються на складах, перевіряють один раз на два місяці. Деталі з гуми і текстилю через кожні три місяці перевіряють і перекладають, а за необхідності дезинфікують, досуха протирають і обробляють тальком.

### **8.3 Підготовка та основні умови зберігання машин**

Загальні вимоги до методів консервації і умов зберігання встановлені ГОСТ 25646-95 [3] і ГОСТ 27252-87 [4]. При постановці на зберігання машину очищають, миють і оберігають її елементи від псування. Облік машин, що знаходяться на зберіганні, ведуть у спеціальному журналі, а після розконсервації основні відомості заносять у паспорт.

Машини під час зберігання можуть розміщуватися:

- у приміщеннях, що опалюються, або без опалення;
- під навісами;
- на відкритих майданчиках.

Покриття місць зберігання машин має бути рівним і твердим (асфальт, бетонне покриття, щебінь). Колісні машини встановлюються на дерев'яні або металеві підставки, що розвантажують колеса і ресори, а гусеничні - на лежні.

На зберігання ставиться нова техніка і техніка, що була в експлуатації, справна і повністю комплектна. На міжзмінне і короткочасне зберігання машини ставляться безпосередньо після закінчення робіт, а на тривале – не пізніше 10 днів з моменту закінчення робіт.

**Міжзмінне зберігання машин** може проводитися безпосередньо на місці роботи. Воно передбачає від'єднання акумуляторних батарей з електромережі і ізоляцію внутрішніх порожнин (оглядових пристроїв, заливної горловини, отворів сапунів) від атмосферних чинників.

Підготовку машин до **короткочасного і довготривалого зберігання** виконують на експлуатаційних базах або на пунктах ТО.

Перед постановкою на зберігання проводять чергове ТО, а потім консервацію за допомогою змащувальних консерваційних мастил.

Перед **короткочасним** зберіганням циліндри ДВЗ і паливні насоси консервуються; паливні баки заливають свіжим паливом, а системи охолодження – антифризом. При короткочасному зберіганні машини на пневмоколісному ході слід підвищити тиск у шинах більше від нормального, а при зберіганні більше 10 днів - встановити машину на підставки і зменшити тиск у шинах до 70-80 % нормального.

Перед **тривалим зберіганням** проводять такі роботи [5]:

1 Видалення з систем води та інших замерзаючих рідин.

2 Змащення вузлів у відповідності з картою змащення.

3 Повна заміна мастил у двигунах. Для попередження корозії циліндрів у них заливають небагато мастила та обертають колінчастий вал. У циліндри закладають спеціальні вологопоглинаючі патрони, циліндри герметизують. Ремінь двигуна послаблюють. Двигун закривають брезентом або папером.

4 Зняття найбільш відповідальних і вразливих до корозії агрегатів, обладнання гідро- і пневмосистем, контрольно-виміральної апаратури, генераторів, стартерів, електродвигунів, акумуляторів і здача їх на зберігання в спеціально обладнані приміщення при температурі 5-15 °С і 50 % вологості. Установлення машин на підставки або прокладки з зазором не менше 10 см між підлогою і нижньою частиною машини.

5 Захист фарбованих поверхонь шаром воскової пасти (за необхідності), а нефарбованих – захисним лаком.

6 Зливання з трансмісії та інших передач старих мастил, промивання і заправка свіжими.

7 Розвантаження пружин, ресор і амортизаторів, а також змащення, заправка та захист цих вузлів промасленим папером або брезентом.

8 Зачищення місць корозії, покриття їх мастилами або фарбування. Нефарбовані зовнішні поверхні сталевих деталей покривають консервуючим матеріалом.

9 Постановка колісних машин на козли, а гусеничних – на бруски або дошки.

10 Герметизація отворів трубопроводів заглушками або пробками з масло-бензостійкої гуми (полімерного матеріалу).

**Герметизація** (ізоляція) внутрішніх порожнин дуже ефективна. В ізольованих від навколишнього середовища порожнинах штучно створюється знижена (до 60 %) вологість повітря, при якій процес корозії істотно сповільнюється.

Герметизацію проводять за допомогою тканини, паперу, липкої стрічки – заклеюють щілини і отвори. Вузькі щілини – мастиками.

Шини, шланги гідросистем та інші гумотехнічні вироби оберігають від дії сонячних променів і вологи захисними речовинами. Найчастіше застосовують алюмінієву фарбу АКС - суміш масляного лаку з алюмінієвою пудрою. Шланги можна обгорнути ізолюючим матеріалом – парафіною стрічкою, поліетиленовою плівкою.

Металеві нефарбовані частини (відвали, ковші, ножі, шнеки) покривають від корозії дешевими лаками на основі кам'яновугільних смол – лаками, розчиненими в бензині будівельними бітумами та ін.

На пофарбованих частинах зачищають місця іржі, ґрунтують фенолоформальдегідними ґрунтовками, що добре захищають поверхню від проникнення повітря і мають хорошу адгезію, а потім покривають атмосферостійкою гліфталевою емаллю (типу ГФ) або перхлорвініловою (ВХГ, ВХЛ).

У процесі зберігання машин проводять такі роботи:

1 Контроль утримання машин.

2 ТО, а за наявності об'єктів Держміськтехнагляду – ще й технічне засвідчення.

**Контроль утримання** передбачає перевірку зберігання машин, що містяться на відкритих майданчиках і під навісом. Проводиться не рідше одного разу на місяць, а після негативних погодних умов (сніг, дощ, вітер) – негайний огляд, перевірка комплектності та умов зберігання.

ТО виконують згідно з планом-графіком. Роботи включають у себе:

- очищення машин і місць їх стоянки від пилу та снігу;
- перевірку стійкості і відсутність перекосів рам машин, що знаходяться на підставках;
- відновлення цілісності антикорозійного покриття;
- перевірку герметизації і стану захисних пристроїв.

У сезонне обслуговування додатково включають заміну мастил, рідин, палив.

Роботи річного обслуговування проводять літом. Вони включають всі роботи з ТО, а також додатково:

- зливання відстою, заміну відпрацьованих мастил, рідин, олив;
- перевірку стану гумотехнічних виробів і заміну в разі необхідності;
- перевірку дії важелів і педалей управління, повертання коліс для відновлення мастила в зубчастих передачах.

Машини, що перебувають на обліку в Держміськтехнагляді, перед постановкою на довготривале зберігання мають пройти повний технічний огляд.

Після закінчення термінів зберігання машини готують до використання. Для цього проводять роботи:

- із зняття машин з підставок;
- очищення і розконсервування агрегатів і металоконструкцій;
- зняття пристроїв, що були застосовані при герметизації;
- монтаж раніше знятого устаткування;
- заправку;
- перевірку роботи вузлів і агрегатів, їх регулювання.

#### **8.4 Зберігання запасних частин і експлуатаційних матеріалів**

**Для зберігання двигунів внутрішнього зберігання необхідно:**

- попередити корозію циліндрів і клапанних гнізд;
- видалити паливо, просушити систему живлення;
- взимку зливати воду або антифриз і просушувати систему охолодження. Для цього двигун має працювати 2...7 хв при відкритій пробці радіатора до припинення виділення пари з горловини радіатора;
- видалити з циліндрів продукти згоряння шляхом обертання колінчатого вала без подачі палива і при знятих форсунках або свічках. Для попередження корозії в кожен циліндр вливають підігріте до 50...70 °С моторне мастило.

#### **Зберігання акумуляторних батарей**

Акумуляторні батареї працюють в особливо важких умовах – при значних перепадах температури (від + 40 до – 30 °С), в умовах атмосферних опадів, ударів, вібрацій. Це обумовлює появу пошкоджень і відмов у вигляді тріщин у баках і місцях герметизації, витікання електроліту, корозії вивідних клем.

При встановленні акумуляторних батарей на зберігання їх оглядають, перевіряють комплектність, миють, прочищають вентиляційні отвори в пробках, перевіряють рівень електроліту. При зберіганні акумуляторних батарей необхідно підтримувати оптимальний температурний режим (відсутність різких перепадів).

Акумуляторні батареї, які були в експлуатації, зберігають у зарядженому стані. Заряджають акумуляторні батареї 1 раз на 3 місяці та перевіряють їх заряд при кожному ТО.

Після виконання робіт з ТО результати вносять у "Журнал перевірок технічного стану машин при зберіганні".

### **Зберігання електроустаткування**

Перед зберіганням все електроустаткування необхідно перевірити. Очищають контакти, зазори у свічках і в переривнику. Пошкоджені ділянки електропроводки покривають ізоляцією.

Колектори та щітки генератора і стартера очищають і обдувають стиснутим повітрям. При зберіганні машин на відкритому майданчику генератори, стартери і фари знімають з машин і зберігають на складі.

### **Зберігання гумотехнічних виробів [5]**

Автомобільні покришки, камери, шланги, транспортерні стрічки, ремені та прокладки зберігають у затемнених приміщеннях при температурі від – 5 до + 25 °С з добовими коливаннями температури не більше 10 °С при відносній вологості повітря 50...70 %.

Гумотехнічні вироби промивають у теплій мильній воді (на 10 л води 50...100 г мила і 100 г тринатрійфосфату), витирають насухо. Якщо гумотехнічні вироби піддаються стисканню, їх пересипають тальком. Через 3 місяці зберігання вироби провітрюють і перекладають так, щоб вони стикалися між собою іншими своїми поверхнями.

### **Зберігання сталевих канатів**

Канати очищують від бруду та слідів корозії. Перевіряють їх придатність до експлуатації. Зношені і відбраковані місця канатів вирубують, а придатні змащують канатними мазями (ГИК) і збирають у бухти або намотують на барабан. Для змазування можна застосовувати мазь, що складається з 90 % прес-солідолу і 10 % бітуму. Стан сталевих канатів при зберіганні контролюють з періодичністю два рази на рік.

## Література до розділу 8

1 Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / С.М. Ашеко, Ф.М. Ващилов, М.Е. Ильин и др.; под ред. А.В. Каракулева. – М.: Транспорт, 1979. – 264 с.

2 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

3 ГОСТ 25646-95. Эксплуатация строительных машин. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost810.html>.

4 ГОСТ 27252-87. Машины землеройные. Консервация и хранение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost11884.html>.

5 Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов [Текст]: учеб. для сред. проф. образ. / С.Ф. Головин, В.М. Коншин, А.В. Рубайлов и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 464 с.

6 Техническое содержание и эксплуатация аварийно-восстановительных автомотрис [Текст] / под ред. И.В. Илюхина. – М.: ГОУ, 2008. – 295 с.

## 9 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ БАЗИ І ПОСТАЧАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 9.1 Види експлуатаційних баз

Експлуатаційна база – один з підрозділів виробничого підприємства, мета якого полягає в забезпеченні високого рівня працездатності машинного парку підприємства.

Функцією експлуатаційних баз є тимчасове і тривале зберігання, ТО і Р машин, зберігання і відпускання експлуатаційних матеріалів, миття і очищення машин.

Результативність роботи експлуатаційних баз залежить від зовнішніх і внутрішніх чинників.

Зовнішніми (некерованими) чинниками є об'єми; властивості; терміни; клімат; пора року і доби; умови, у яких машини повинні виконувати свої робочі функції; чисельність машин, що підлягають експлуатації і обслуговуванню.

Внутрішніми (або керованими) чинниками виступають виробнича потужність бази з робочої сили і технологічного устаткування; територія і приміщення; засоби і устаткування, необхідні для реалізації цілей експлуатаційної бази.

Експлуатаційні бази поділяються на стаціонарні і тимчасовостаціонарні. Стаціонарні бази створюються тоді, коли машини працюють постійно на невіддалених пунктах.

Приклади: 1) бази на лінійних підприємствах колійного господарства залізниць; 2) бази на територіальних будівельних організаціях, що тривало виконують роботи на об'єктах, розміщених на обмеженій території.

Стаціонарні експлуатаційні бази мають капітальні будівлі і стаціонарне устаткування, а також додатково можуть мати пересувні засоби для проведення ТО і Р на машинах, які вимагають значних робіт з монтажу-демонтажу або мають малі швидкості транспортування (баштові, козлові та інші крани, складні машини інших типів).

Тимчасовостаціонарні експлуатаційні бази, у тому числі польові парки машин, створюються в організаціях, які виконують

роботи з будівництва доріг, ліній енергопостачання, зв'язку, трубопроводів. Вони у своїй структурі мають переважно пересувні засоби ТО і Р. Час функціонування таких баз на одному місці – від декількох місяців до кількох років.

Експлуатаційні бази підприємств залізниць (дирекцій, ПМС, МЧ та ін.) інколи називають майстернями. До їх складу входять ремонтно-механічні майстерні; гаражі; майданчики; залізничні шляхи для зберігання машин; заправні пункти; склади для зберігання паливно-мастильних та інших матеріалів.

## 9.2 Виробничий процес і структура експлуатаційних баз

Обслуговування машин на експлуатаційних базах в основному відбувається за одним з двох варіантів (рисунок 9.1).

Перший варіант застосовується для справних машин. Після повернення на базу такі машини перед постановкою на стоянку проходять контроль технічного стану. У разі виявлення несправностей машини направляються на технічне обслуговування або на поточний ремонт.

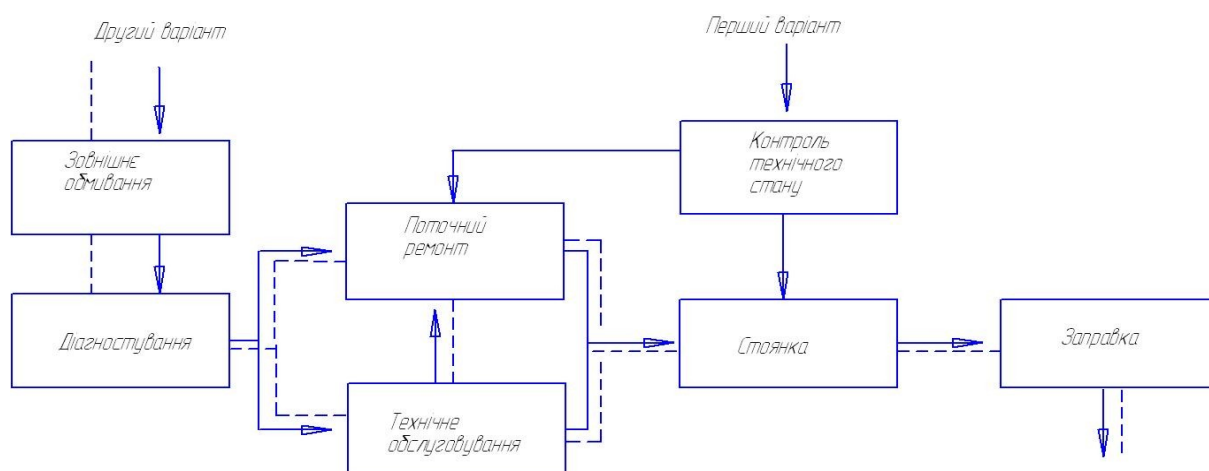


Рисунок 9.1 – Технологічний процес обслуговування машин на експлуатаційній базі [1, 2]

Другий варіант розрахований для машин, що потребують поточного ремонту або ремонту, пов'язаного з раптовою відмовою. Після зовнішнього обмивання і діагностування вони піддаються технічному обслуговуванню або ремонту.

Структура експлуатаційних баз передбачає такі елементи:



- 1 Контрольний пункт на в'їзді-виїзді машин.
- 2 Майданчик для зовнішнього огляду і миття з пристроєм для очищення стічної води.
- 3 Заправний пункт і склад зберігання матеріалів.
- 4 Майданчики для проведення робіт ЕО.
- 5 Закриті приміщення, навіси і відкриті майданчики для міжзмінного зберігання машин.
- 6 Приміщення або майданчики для проведення ТО, технічного діагностування і поточних ремонтів.
- 7 Ремонтно-механічна майстерня.
- 8 Майданчики для зберігання машин, що чекають на ремонт, і для виконання дрібних ремонтних робіт.
- 9 Закриті склади, навіси і відкриті майданчики матеріалів, запасних частин і агрегатів, знятих з машин, що перебувають на тривалому зберіганні.
- 10 Насосна станція і резервуари для накопичення і пом'якшування води.
- 11 Протипожежний резервуар або водоймище; трансформаторна підстанція; котельня; компресорна; адміністративні і побутові приміщення.
- 12 Пересувні засоби з виконання ТО і Р.
- 13 Дороги на території бази і навантажувально-розвантажувальні майданчики.

### **9.3 Постачання експлуатаційних матеріалів**

Умовою своєчасності і комплектності забезпечення підприємств матеріалами і деталями є план підприємства (наприклад, річний план). Для забезпечення безперервності експлуатації машин необхідно створювати запаси матеріалів і запасних частин.

Запас – комплект деталей, що зберігається, вузлів і матеріалів, які можуть знадобитися для усунення відмов машин. Запас може бути індивідуальним (розміщеним на машині і призначеним тільки для обслуговування саме її) і груповим.

При створенні запасів прагнуть того, щоб їх розмір весь час знаходився на оптимальному рівні, а витрати на них були б мінімальними. До витрат на підтримку запасів включаються

комерційні витрати (відсотки, страхування); витрати на зберігання (вміст складів, операції з переміщення запасів); витрати на попередження старіння і псування запасів.

Існують транзитний і складський способи постачання. Транзитний є таким, коли деталь від виробника безпосередньо подається на машину. Застосовується на підприємствах, що проводять ремонт із застосуванням деталей, що виготовляються власними силами.

Складський спосіб постачання – це такий, при якому підприємство отримує деталі і вузли від інших організацій.

Вибір способу зберігання ґрунтується на економічних і часових критеріях.

#### **9.4 Визначення потреби і управління запасами експлуатаційних матеріалів**

Потреба у предметах постачання на планований період часу визначається планами завантаження машин; нормами витрат предметів постачання на одиницю роботи машини або на одиничне ТО і Р.

Потреба у предметах постачання визначається:

1) методом прогнозування – за основу беруть довідникові дані про терміни служби окремих деталей і вузлів;

2) методом, що базується на досвіді минулого часу (за основу беруть витрати за минулий рік);

3) об'ємно-вартісним методом, при якому до уваги береться не лише спільна кількість предметів, витрачених торік, але і "вартісна активність" окремих предметів (при цьому менше контролюють дешеві деталі, а більше – дорогі, враховуючи ступінь їх важливості і вірогідність потреби в них на планований період часу).

Наприклад, метод, що базується на досвіді минулого, побудований на використанні даних про режим роботи і надійність машини за минулий період. У цьому методі оптимальна потреба  $\Pi$  у запасах тих чи інших агрегатів (експлуатаційних матеріалів) для машин визначається як [3]

$$\Pi = \frac{M \cdot t_{nl} \cdot D_{об}}{t_{напр} \cdot D_{напр}} \cdot \varphi, \quad (9.1)$$

де  $M$  – кількість працюючих агрегатів (машин);

$t_{пл}$  – планове напрацювання агрегату (машини), мото-години;

$D_{об}$  – тривалість періоду обороту агрегату, доба;

$t_{напр}$  – середнє напрацювання на заміну або ремонт агрегату, мото-години;

$D_{напр}$  – тривалість періоду, на який розраховується потреба, доба;

$\varphi$  – коефіцієнт запасу, що враховує відхилення часу середнього напрацювання та періоду обороту агрегату.

Приклад. Визначити місячну потребу  $\Pi$  у складському запасі агрегату, середній ресурс якого становить  $t_{пл} = 2100$  мото-годин. На підприємстві з вказаним агрегатом працює 37 машин. Планове місячне напрацювання агрегату  $D_{об} = 150$  діб. Тривалість обороту агрегату – 22 доби, коефіцієнт запасу  $\varphi = 1,15$ .

За формулою (9.1)

$$\Pi = \frac{37 \cdot 150 \cdot 22}{2100 \cdot 30} \cdot 1,15 = 1,92.$$

Таким чином, місячна потреба підприємства у вказаному агрегаті (величина складського запасу) становитиме дві одиниці.

Предмети постачання поділяються:

1) на штучні предмети – деталі, вузли, шини, стрічки, бухти, ремені;

2) предмети безперервного витрачання – паливо, технічні рідини, мастила та ін.

Створення запасів обходиться дуже дорого. У структурі оборотних коштів підприємств виробничі запаси складають до 70 %.

## Література до розділу 9

1 Бардышев, О.А. Организация обслуживания техники на транспортных стройках Севера [Текст] / О.А. Бардышев, Н.Г. Гаркави, А.М. Ратнер. – М.: Транспорт, 1982. – 272 с.

2 Каракулев, А.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Каракулев, М.Е. Ильин, О.В. Маркеданец. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

3 Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов [Текст]: учеб. для сред. проф. образов. / С.Ф. Головин, В.М. Коншин, А.В. Рубайлов и др.; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 464 с.

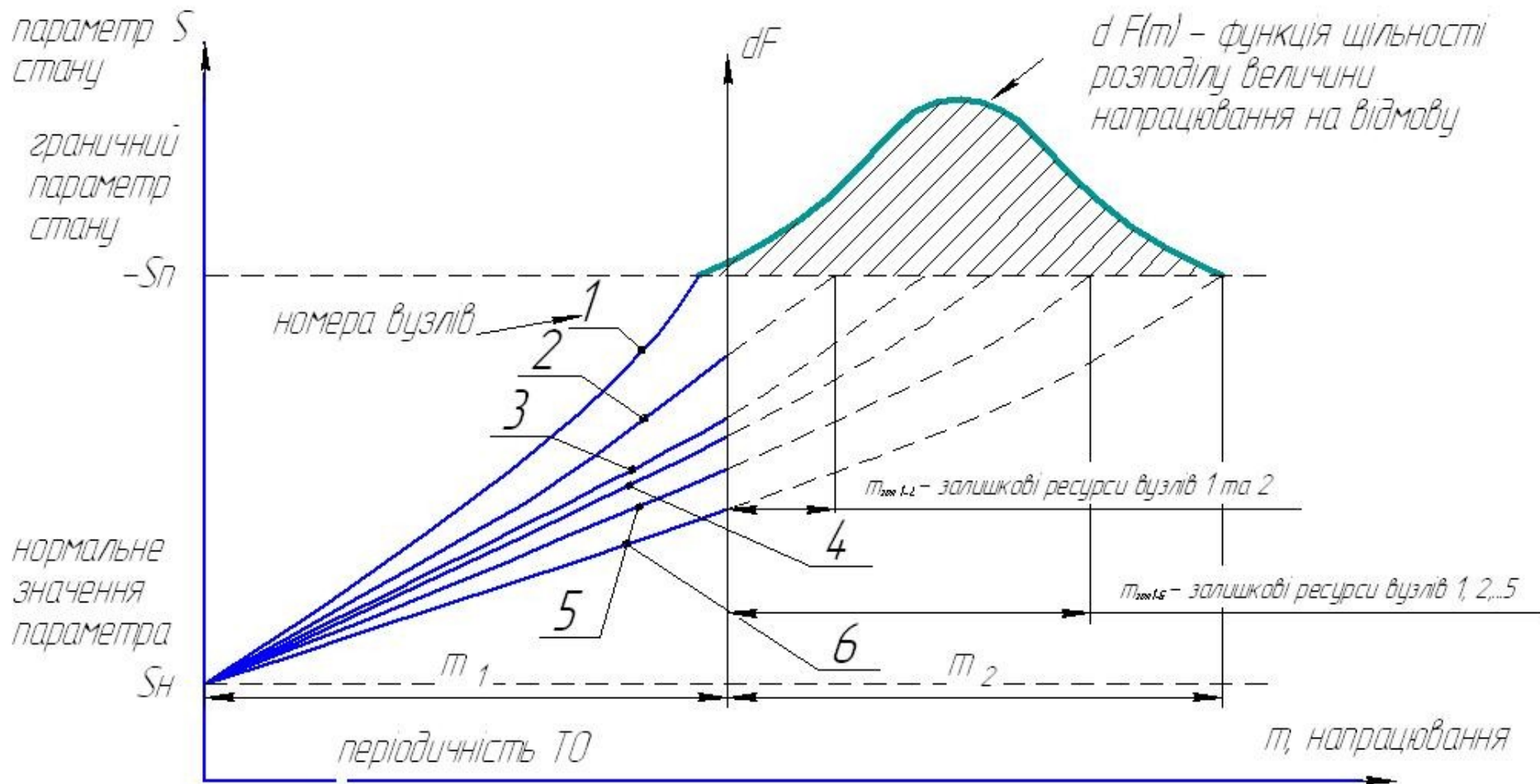


Рисунок 4.2 – Графік зміни параметра стану  $S$  при  $T_0$ , яке виконується з установленою періодичністю

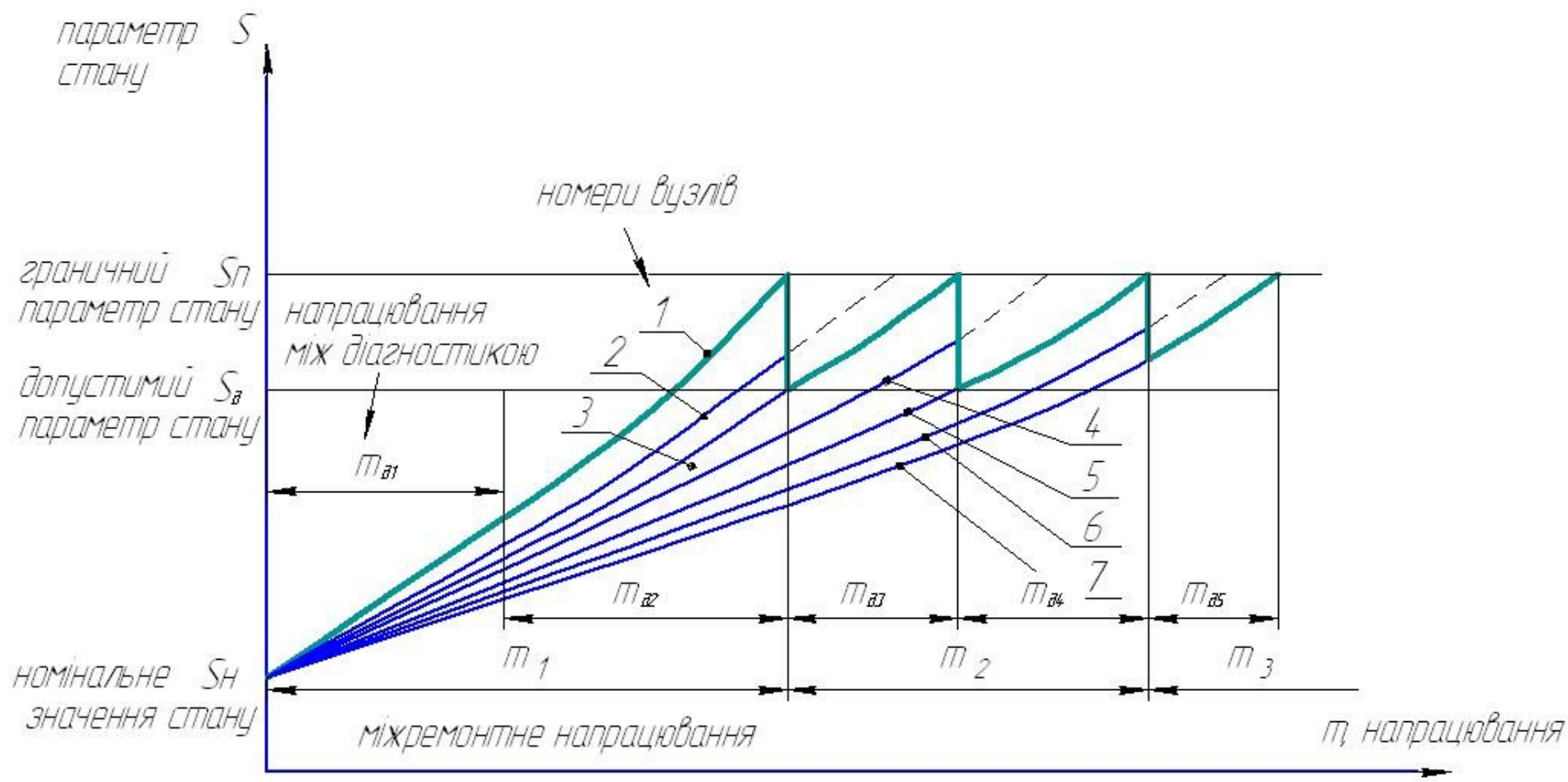


Рисунок 4.3 – Графік зміни параметра стану  $S$  при ТО, яке виконується за результатами контролю технічного стану