

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ і НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**Лесько В.І.**

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ОБСЛУГОВУВАННЯ  
МАШИН**

**Конспект лекцій**

**ЧАСТИНА 2.**

для студентів спеціальностей: 133 «Галузеве машинобудування» по спеціалізації «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання»; 131 «Прикладна механіка» по спеціалізації «Інженерія логістичних систем» та напряму підготовки 6.010104 «Професійна освіта. Машинобудування».

Київ 2018р.

УДК 69.002.51

ББК 38.6-5

Рецензент: Ручинский М.М., доцент, канд. техн. наук

Затверджено на засіданні кафедри МОТП, протокол № 1 від 1 вересня 2018 року.

**В.І.Лесько.**

Експлуатація і обслуговування машин: Конспект лекцій. Частина 2. – К.: КНУБА, 2018. – 38 с.

Розглянуто основні положення експлуатаційної надійності машин, а також зміна технічного стану машин в процесі експлуатації. Описано основні положення систем технічного обслуговування і ремонту машин в сучасних умовах. Значна увага приділена організаційним структурам підприємств, що здійснюють технічну експлуатацію і ремонт будівельних машин.

Призначено для студентів спеціальності для студентів спеціальностей: 133 «Галузеве машинобудування» по спеціалізації «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання»; 131 «Прикладна механіка» по спеціалізації «Інженерія логістичних систем» та напряму підготовки 6.010104 «Професійна освіта. Машинобудування».

ББК 38.6-5

© В.І.Лесько

## Вступ

Технологія сучасного будівельного виробництва передбачає всебічне застосування будівельних машин, засобів малої механізації, обладнання. Однією з важливих задач є зниження частки важкої ручної праці за рахунок впровадження комплексної механізації будівництва.

Зараз в нашій державі працює великий парк будівельних машин вітчизняного і закордонного виробництва, який забезпечує можливість виконання будівельних робіт.

Однією з важливих задач вітчизняного будівельного комплексу є підтримання цього парку машин в працездатному стані і забезпечення надійної роботи машин при мінімальних витратах.

Ця задача вирішується шляхом організації технічної експлуатації машин, що містить систему технічних обслуговувань і ремонтів.

Знання основ організації технічного обслуговування, ремонту і експлуатації машин є необхідним для сучасного менеджера в галузі будівництва, оскільки на експлуатацію машин витрачається приблизно в десять разів більше матеріальних і трудових ресурсів ніж на їх придбання.

Отже, правильна організація системи технічних обслуговувань і ремонтів є важливою складовою розвитку народного господарства України і подолання економічної кризи.

# 1. Основи експлуатаційної надійності машин

## 1.1. Стан машини. Відмови і несправності

Технічний стан машини визначається її здатністю виконувати свої функції відповідно до закладених в машину характеристик при певному рівні витрат.

В процесі експлуатації в зв'язку із зношуванням, забрудненням, нагріванням, технічний стан машин поступово погіршується.

Для підтримання машин в працездатному стані застосовується система технічних заходів, де здійснюється технічне обслуговування і ремонт.

Працездатний стан машини – це стан, який характеризується її здатністю виконувати потрібні функції.

Протилежністю працездатному стану є непрацездатний стан – це такий стан машини, при якому вона не здатна виконувати хоч би одну із потрібних функцій.

Важливим поняттям є критичний стан машини.

Критичний стан – це стан машини, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків або інших несприятливих наслідків. Критерієм критичного стану є сукупність ознак машини, що відповідає нормативній або конструкторській документації.

При досягненні критичного стану машина, як правило, знімається з експлуатації.

В процесі експлуатації машини з різних причин можуть виникати відмови.

Відмова це подія, що полягає у втраті машиною здатності виконувати потрібні функції, тобто в порушенні працездатного стану.

Відмови бувають часткові і повні.

Часткові відмови призводять до неспроможності об'єкта виконувати частину з потрібних функцій.

Повні відмови призводять до повної неспроможності об'єкта виконувати жодну з потрібних функцій.

Причинами відмов може бути недосконалість конструкцій машини, технології її виготовлення або порушення умов експлуатації. Відповідно до цього відмови поділяються на конструкційні і виробничі.

Конструкційні відмови це відмови, що спричинені недосконалістю чи порушенням встановлених правил проектування або конструювання машини.

Виробнича відмова це відмова спричинена невідповідністю виготовлення об'єкта до його проекту або норм виробничого процесу.

Виробничі відмови пов'язані з неякісним виготовленням машини або її неправильної експлуатацією.

Відмови можуть відбуватися раптово або систематично.

Раптова відмова відбувається внаслідок певного збігу обставин, і її дуже важко спрогнозувати і запобігти.

Систематична відмова однозначно пов'язана з певною причиною, яку можна усунути тільки після модифікації проекту або виробничого процесу, правил експлуатації, документації чи інших факторів.

Різновидом відмов є збій.

Збій це самоусувна або одноразова відмова, яку незначним втручанням усуває оператор.

Крім відмов в процесі експлуатації машин можуть виникати несправності. В деяких випадках вони можуть бути наслідками відмов.

Несправності можуть бути повними, критичними, частковими, значними і незначними.

Повна несправність характеризується повною нездатністю машини виконувати всі потрібні функції. В цьому випадку машина потребує ремонту.

Критична несправність це така, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших несприятливих наслідків.

Часткова несправність викликає нездатність машини виконувати частину потрібних функцій.

Значна несправність порушує хоча б одну з потрібних функцій машини.

Незначна несправність не порушує жодну з потрібних функцій машини.

Як правило, незначна несправність або дефект пов'язані з допоміжними системами машини.

Несправності можуть бути наслідками перевантаження машини, зношування її окремих елементів, недосконалістю конструкцій або порушенням правил експлуатації.

Для досягнення машиною високих техніко-економічних показників, запобіганню відмов і несправностей необхідно вміти прогнозувати і регулювати її технічний стан.

## **1.2. Надійність машини та її складові**

Надійність – це властивість машини зберігати у визначених межах значення всіх параметрів, які характеризують її здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Надійність є однією з найголовніших властивостей технічних виробів і значною мірою визначає їх якість.

Під якістю продукції розуміють сукупність властивостей, що визначають ступінь її придатності для використання за призначенням.

Якість є надзвичайно складною і комплексною проблемою і має технічні, економічні, соціальні та інші аспекти. Ця проблема детально розглядається в спеціальних курсах.

Суть надійності як складової якості машини полягає в зберіганні основних експлуатаційних параметрів машини упродовж певного часу.

Без певного рівня надійності всі інші параметри машини втрачають своє значення.

Надійність закладається в процесі проектування і виготовлення машини.

В процесі експлуатації надійність машин знижується внаслідок зносу, корозії, забруднення, розрегулювання, старіння матеріалів (детальніше див. р. 2).

Для підтримання надійності машини застосовується система технічних обслуговувань і ремонтів, причому витрати на технічні заходи значно перевищують вартість машини.

Наприклад, для екскаватора Э-652 ці витрати більші за вартість машини в 17 разів, для тракторів “Беларусь” у 60 разів, для вантажних автомобілів у 20-30 разів.

За повний термін служби екскаватора Э-652 на всі види ремонту витрачається 12т литва, 5,5 т прокату, 0,4 т кольорових металів що приблизно дорівнює масі самого екскаватора.

Зараз більше 1/3 верстатного парку нашої держави та кожний четвертий робочий зайнятий ремонтом. На ремонт тракторів витрачається в 4 рази більше виробничих потужностей ніж на випуск нових.

Такі великі витрати на експлуатацію машин є наслідком їх недостатньої надійності і свідчить про велике загальнодержавне значення цієї проблеми.

Розглянемо економічний аспект надійності машин.

Прибуток від застосування машини є функцією часу і може бути виражений формулою:

$$V(t) = V_p(t) - V_b - V_e(t),$$

де  $V(t)$  – прибуток від експлуатації машини;

$V_p(t)$  – доход від роботи машини у функції часу;

$V_e(t)$  – експлуатаційні витрати у функції часу;

$V_b$  – витрати на придбання машини.

Період часу, при якому  $V(t) = 0$  називається терміном окупності капітальних вкладень.

Цей період часу  $t = T_{ок}$  характеризується залежністю:

$$V_b + V_e(t) = V_p(t).$$

Починаючи з цього моменту машина починає приносити доход.

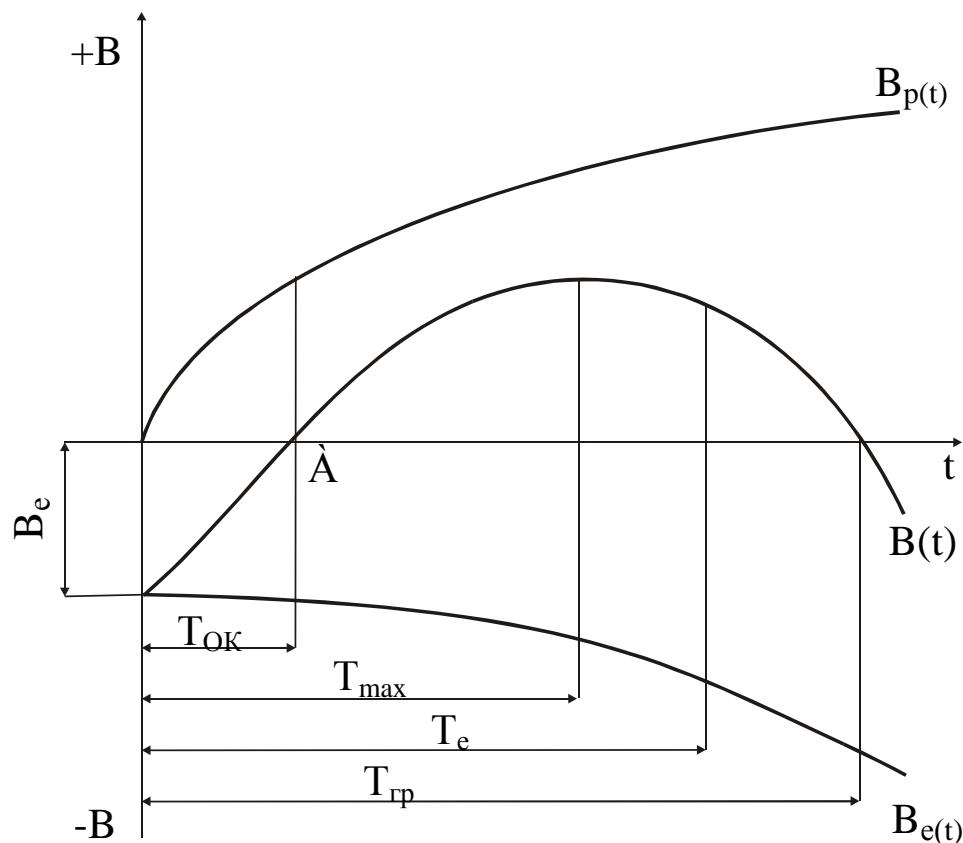


Рис. 1.1. Зміна економічної ефективності в часі

Цей дохід збільшується до моменту часу  $T_{\max}$ , після чого починає падати. Після моменту часу  $T_{\text{гр}}$  експлуатація машини починає бути збитковою.

Чим менше термін окупності і чим більше граничний час експлуатації тим вища надійність машини.

Показником надійності з цих позицій може бути коефіцієнт:

$$K_e = \frac{B_b + B_e(t)}{T_e},$$

де  $T_e$  – час експлуатації.

Слід завжди прагнути до зменшення цього коефіцієнта, який виражає середні витрати на придбання і експлуатацію машини за одиницю часу (рік, годину).

Ці витрати можуть бути зменшені за рахунок підвищення надійності машини.

Отже можна зробити висновок, що підвищення надійності машин є значним резервом економіки, джерелом її зростання і подолання економічної кризи.

Надійність є комплексною властивістю, що містить такі складові: безвідмовність, довговічність, ремонтоздатність і збереженість.

**Безвідмовність машини** – це властивість машини виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу або наробітку.

Наробіток машини вимірюється в натуральних показниках, характерних для тієї чи іншої машини. Для екскаватора це метри кубічні розробленого ґрунту, для автомобіля – кілометри і т. д. Для визначення безвідмовності застосовуються різні методи, при цьому показники розглядаються як випадкові величини цієї складової надійності.

Основним показником цієї складової надійності є ймовірність безвідмовної роботи, тобто ймовірність того, що протягом заданого наробітку відмова машини не виникне.

Кожна машина містить певну кількість складних одиниць, які при оцінках надійності розглядаються окремо.



Ймовірність безвідмовної роботи виражається формулою

$$P(t) = \frac{N_0 - \sum_{i=1}^n H_i}{N_0},$$

де  $N_0$  – кількість елементів машини;

$(\sum_{i=1}^n H_i)$  – загальна кількість елементів, що мали відмови на відрізок наробітку  $t$ .

Ще одним показником безвідмовності є інтенсивність відмов, тобто умовна густина ймовірності виникнення відмови машини, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникала.

Інтенсивність відмов виражається формулою:

$$\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t)\Delta t}, \text{ 1/од. наробітку,} \quad (1.1)$$

де  $N(t)$  і  $N(t + \Delta t)$  – кількість працездатних елементів машини на момент часу  $t$  і  $t + \Delta t$  відповідно;

$\Delta t$  – деякий досить малий відрізок часу.

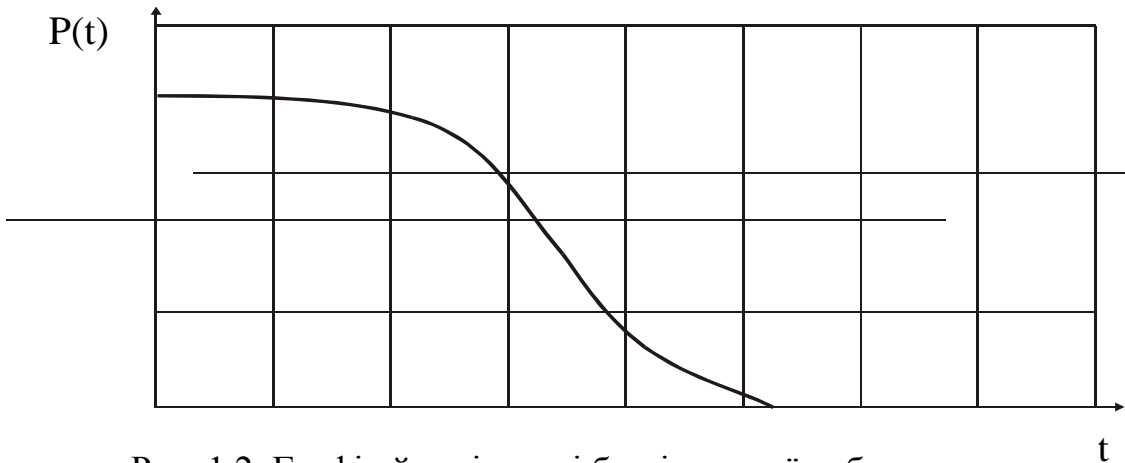


Рис. 1.2. Графік ймовірності безвідмовної роботи

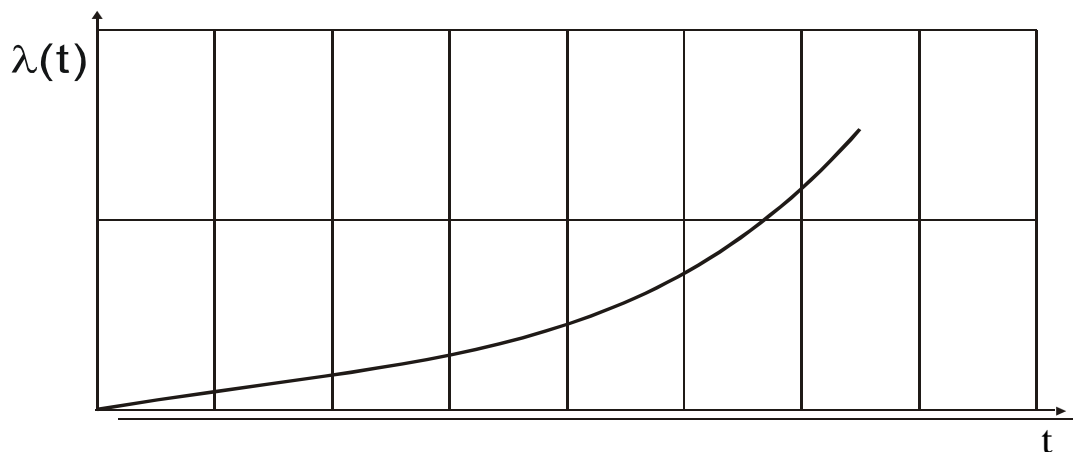


Рис. 1.3. Графік інтенсивності відмов

Між імовірністю безвідмовної роботи та інтенсивністю відмов існує залежність.

Імовірність безвідмовної роботи за інтервали часу  $t$  і  $t + \Delta t$  може бути записана у вигляді:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0} ,$$

$$P(t + \Delta t) = \frac{N(t + \Delta t)}{N_0} .$$

Звідки:

$$N(t) = P(t)N_0,$$

$$N(t + \Delta t) = P(t + \Delta t)N_0.$$

Підставимо ці значення в формулу **(1.1)**:

$$\lambda(t) = \frac{N_0 P(t) - N_0 P(t + \Delta t)}{N_0 P(t) \Delta t} .$$

Після розкриття дужок і скорочень:

$$\lambda(t) = -\frac{P(\Delta t)}{P(t) \Delta t} .$$

Якщо  $\Delta t \rightarrow 0$ , то можна записати:

$$\lambda(t) = -\frac{dP(t)}{dt} \frac{1}{P(t)} .$$

Звідки

$$\lambda(t) dt = -\frac{dP(t)}{P(t)} . \quad (1.2)$$

Інтегруючи ліву і праву частини диференціального рівняння **(1.2)** в межах від 0 до  $t$ , одержимо:

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln P(t)$$

Звідки:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Якщо взяти  $\lambda(t) = \text{const}$  при експоненціальному законі розподілу, то

$$-\int_0^t \lambda dt = -\lambda t.$$

Звідки

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Або після розкладання правої частини в ряд:

$$P(t) \cong 1 - \lambda t. \quad (1.3)$$

Формула (1.3) показує залежність між імовірністю безвідмовної роботи й інтенсивністю відмов в найпростішому випадку.

Важливими параметрами безвідмовності машини є її середнє напрацювання на відмову:

$$l_{сер} = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} l_i,$$

де  $l_i$  – напрацювання  $i$ -го елемента машини на відмову.

Для визначення цього параметра необхідно провести випробування машини до відмови всіх її елементів від першого до останнього.

**Довговічність** – це властивість машини виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при визначеній системі технічного обслуговування і ремонту.

Граничний стан – це такий стан машини, за яким подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна або відновлення її працездатності неможливе чи недоцільне.

Основними показниками довговічності є ресурс і термін служби.

Ресурс – це напрацювання в натуральних показниках від початку експлуатації машини (або після її капремонту) до виникнення граничного стану.

Термін служби – це календарна тривалість роботи машини від початку її експлуатації (або після її капремонту) до виникнення граничного стану.

Ресурс і термін служби фактично є випадковими величинами, тому, як правило, використовується їх середнє значення, що визначається як математичне сподівання цих параметрів.

Ресурс і термін служби визначається фізичним і моральним старінням машини.

В будь-яких умовах експлуатації є оптимальний термін служби, після якого продовження експлуатації недоцільно, так як різко зростає кількість відмов і збільшується витрати на технічні відчислення.

Оптимальний термін служби машини визначається мінімальними витратами за весь термін її експлуатації.

Цільова функція має вигляд:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{М}} + aL + bL^n,$$

де  $C_{\text{М}}$  – витрати на придбання машини;  $L$  – напрацювання в одиницях продукції за термін служби;  $a$  – експлуатаційні витрати на одиницю продукції;  $bL^n$  – прогресуючі витрати на технічне обслуговування і ремонт;  $b$  – витрати на технічні обслуговування і ремонти, що припадають на одиницю наробітку;  $n$  – показник степеня, що враховує зростання кількості і об'єму технічних обслуговувань і ремонтів.

Загальні витрати на одиницю продукції:

$$C = \frac{C_{\text{М}}}{L} + a + bL^{n-1}. \quad (1.4)$$

Для знаходження оптимального значення  $L$  візьмемо похідну від функції (1.4) і прирівняємо її до нуля

$$-C_{\text{М}}L^{-2} + B(n-1)L^{n-2} = 0$$

звідки

$$L = \sqrt[n]{\frac{cm}{b(n+1)}}. \quad (1.5)$$

Показник степеня є статистичною величиною, яка може бути апроксимована квадратичною параболою.

Тоді вираз (1.5) набуде вигляду

$$L = \sqrt{\frac{Cn}{b}} \quad (1.6)$$

Аналіз формули (1.6) показує, що оптимальний термін збільшується із збільшенням вартості машини і зменшується при збільшенні витрат на технічне обслуговування і ремонти, які визначаються надійністю машини.

**Збережність** – це властивість машини зберігати у заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність машини виконувати потрібні функції, під час і після зберігання та транспортування.

Збережність визначає граничні терміни перебування машини в консервації або граничні відстані транспортування власним ходом, після яких машина може експлуатуватись без ремонту.

Основний параметр – середній термін збережності, який визначається як математичне сподівання терміну збережності.

Збережність залежить від інтенсивності перебігу процесів старіння елементів машини під впливом навколишнього середовища.

На збережність машин впливає якість консервації і обслуговування машини в процесі зберігання, а також властивості конструкційних і експлуатаційних матеріалів.

**Ремонтопридатність** – це властивість машини бути пристосованою до підтримання і відновлення стану, в якому вона здатна виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування і ремонту.

Основними показниками ремонтності є середні тривалість і трудомісткість відновлення, які визначаються як математичне сподівання часу і трудомісткості технічних обслуговувань і ремонтів, необхідних для повернення працездатного стану машини після відмови.

Ці показники визначаються за формулою

$$T_b = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n t_i ,$$

де  $t_i$  – час або трудомісткість усунення  $i$ -ої відмови;  $m$  – кількість відмов.

Важливим показником є ймовірність відновлення, тобто ймовірність того, що час відновлення працездатного стану об'єкта не перевищить заданого значення.

Ремонтопридатність машини визначається зручністю доступу до об'єктів ремонту, легкознімністю агрегатів і деталей, ступенем їх взаємозамінності і уніфікації.

Зручність доступу повинна забезпечуватись переважно для елементів машини, що мають низький ресурс і потребують частішої заміни або ремонту.

Легкознімність – це зручність і низька трудомісткість заміни агрегату або деталі. Легкознімність повинна забезпечуватись зручністю доступу і простим кріпленням елементів.

Взаємозамінність – це можливість встановлення на машину стандартних або серійно виготовлюваних агрегатів і деталей.

Уніфікація – скорочення кількості типів агрегатів і деталей в конструкції машини.

Ремонтопридатність забезпечується під час проектування машини.

### 1.3. Комплексні показники надійності

Ефективність роботи машин прямо пропорційна застосуванню їх робочого часу. А робочий час залежить від надійності машин, яка визначає простої в технічних обслуговуваннях і ремонтах.

Тривалість простоїв залежить від кількості відмов (безвідмовності) і тривалості їх ліквідування (ремонтопридатності).

Для оцінки цих властивостей сумісно існує комплексний показник – коефіцієнт готовності.

Коефіцієнт готовності – це імовірність того, що машина виявиться працездатною у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання машини за призначенням не передбачено.

Коефіцієнт готовності для однієї машини, якщо після відмови ремонт виконується негайно

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_0 + T_B},$$

де  $T_0$  – наробіток машини на відмову в одиницях часу;  $T_B$  – середній час відновлення.

Середній коефіцієнт готовності для парку машин:

$$K_{\Gamma_n} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N \sum_{i=1}^m T_i \text{ роб}},$$

де  $\sum_{i=1}^n t_i$  – загальний час перебування всіх машин в працездатному стані;

$\sum_{i=1}^m T_i \text{ роб}$  – тривалість функціонування машин, що складається з тривалості роботи і тривалості ремонтів;

$N$  – кількість машин у парку.

Коефіцієнт готовності не враховує час перебування машини в технічному обслуговуванні.

Більш загальним комплексним показником, що враховує всі види простоїв машини з технічних причин, є коефіцієнт технічного використання.

Коефіцієнт технічного використання – це відношення математичного сподівання сумарного часу перебування машини в працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування машини у працездатному стані та у простоях, зумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом.

Коефіцієнт технічного використання для однієї машини

$$K_{ТВ} = \frac{t_{роб}}{t_{роб} + t_{ТО} + t_{Р}},$$

де  $t_{роб}$  – робочий час машини;  $t_{ТО}$  – час технічного обслуговування;  $t_{Р}$  – час перебування в ремонті.

Середній коефіцієнт технічного використання для парку машин

$$K_{ТВn} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N \sum_{i=1}^n T_{екс}},$$

де  $\sum_{i=1}^n T_{екс}$  – тривалість експлуатації машини, що складається з тривалості роботи, технічних обслуговувань і ремонтів. Фактичні значення показників готовності і технічного використання парку машин значною мірою оцінюють не тільки досконалість машини, а і систему їх технічної експлуатації.

## **2. Вплив умов експлуатації на стан машин**

### **2.1. Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей**

При конструюванні і виробництві машин закладаються певні експлуатаційні показники, які забезпечують виконання машиною заданих функцій, тобто задаються функціональні, а також інші її якісні властивості,

що оцінюються відповідними параметрами. До функціональних параметрів можна віднести, наприклад, тягове зусилля трактора, потужність двигуна, питому витрату палива.

У процесі експлуатації машини на її елементи (спряження і деталі) діють шкідливі явища і руйнівні процеси, які призводять до погіршення функціональних властивостей, змінюючи їх технічний стан. Рівень технічного стану машини характеризує її здатність або нездатність виконувати задані функції і оцінюється порівнянням фактичних значень параметрів із заданими у технічній документації.

Руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує машина, зовнішнім середовищем, природою матеріалу тощо.

До основних видів руйнівних процесів можна віднести: тертя і зношування деталей, пластичне деформування, явище втомлюваності, корозію.

Крім того, деталям машин властиве старіння – самостійний перехід з нестабільного стану в стабільний. Воно пов'язане з переміщенням атомів у металі, тобто зі зміною кристалічної структури матеріалу. У випадку старіння спостерігається деформація деталей, особливо відчутна для великогабаритних, складних за конструкцією і відповідальних деталей. Ось чому при виробництві машин такі деталі, як блок циліндра двигуна і корпуси агрегатів трансмісії, піддають попередньому (до обробки) природному (на повітрі) або штучному (прискореному за рахунок підвищення температурних умов) старінню з тим, щоб після механічної обробки не було деформацій, які викликають похибки в геометрії оброблених поверхонь.

Старіння полімерів є процесом деструкції, тобто розпадом макромолекул під впливом різних факторів (температури, світла). Внаслідок старіння деталі з полімерних матеріалів втрачають свої фізико-механічні властивості, переважно еластичність, внаслідок чого не можуть виконувати своїх функцій.

Діючи на деталь, руйнівні процеси змінюють її розміри, форму та фізико-механічні властивості, утворюють різні дефекти, призводять до несправності вузлів, агрегатів і машин (рис. 2.1).



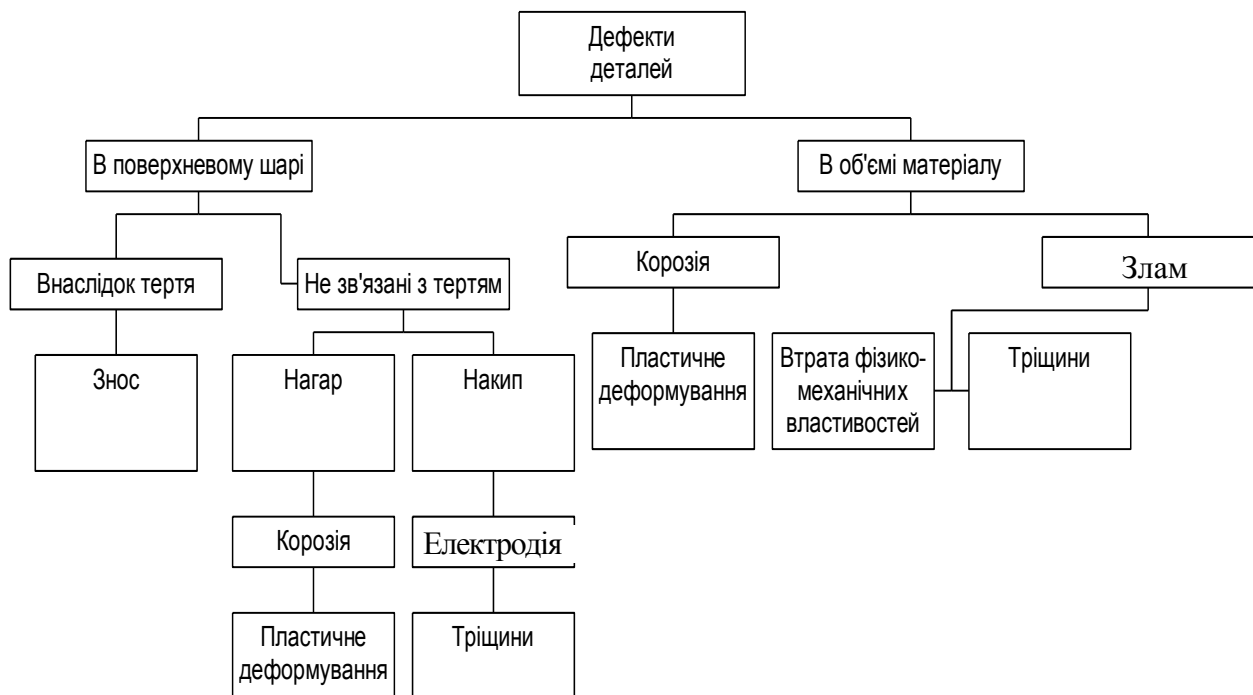


Рис. 2.1. Класифікація дефектів

## 2.2. Основи науки про тертя і зношування

Зовнішнє тертя (тертя) – це опір відносному переміщенню, який виникає між двома тілами у зонах контакту їх поверхонь.

За наявністю відносного руху розрізняють тертя спокою і тертя руху, а за характером відносного руху – тертя ковзання, тертя кочення і тертя кочення з проковзуванням.

Сила тертя – це сила опору відносному переміщенню одного тіла по поверхні іншого під дією зовнішньої сили, тангенціально спрямованої до загальної межі між цими тілами.

Найбільшою є така сила тертя спокою, перевищення якої призводить до переміщення одного тіла по поверхні іншого.

Коефіцієнтом тертя є відношення сили тертя до нормальної сили, яка притискає тіла одне до одного.

Коефіцієнт зчеплення – це відношення найбільшої сили тертя спокою до нормальної сили, яка притискає тіла одне до одного.

Зношування – це процес відокремлення матеріалу з поверхні тертя тіла і (або) збільшення його залишкової деформації під час тертя, яка виявляється у поступовій зміні форми і (або) розмірів тіла.

Знос – результат зношування, який визначається у встановлених одиницях (довжини, об'єму, маси тощо).

Швидкість зношування – це відношення величини зносу до інтервалу часу, протягом якого відбувалося зношування.

Інтенсивність зношування – це відношення величини зносу до шляху тертя, на якому відбувалося зношування.

Стійкість проти зношування – властивість матеріалу протидіяти зношуванню в певних умовах тертя, яка оцінюється величиною оберненої швидкості зношування або інтенсивності зношування.

Тертя – невід’ємний процес, який супроводжує роботу кожного механізму, обладнання, машини. У підшипниках, поршневих системах, зубчастих передачах та інших спряжених парах тертя призводить до зношування поверхонь і значних енергетичних втрат. За деякими оцінками до 1/3 світових енергетичних ресурсів витрачається на подолання тертя. Більше 80% машин втрачають свої функціональні властивості внаслідок тертя в рухомих з’єднаннях.

Тертя і зношування – дві сторони одного явища, обумовленого взаємодією двох контактуючих тіл під час їх руху одне відносно одного. Тертя включає в себе силову характеристику цього явища (сила і коефіцієнт тертя) зношування, пов’язане з руйнуванням поверхонь тертя.

Наука про тертя пройшла довгий шлях свого розвитку і формування. Перші відомі дослідження для вивчення тертя були проведені Леонардо да Вінчі у 1508 р. Він же відкрив закон, що сила тертя пропорційна навантаженню:

$$F = fN,$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя, який дорівнює 0,25.

Майже через 200 років (у 1699 р.) французький фізик Амонтон своїми дослідженнями підтвердив закон Леонардо да Вінчі, встановивши, що коефіцієнт тертя не залежить від розміру поверхні, а величина його становить 0,3.

У ранніх роботах переважали чисто механічні уявлення про тертя. В основу вивчення була покладена механічна взаємодія елементарних нерівностей тертьових поверхонь. При цьому розглядалися шорсткі поверхні твердих і абсолютно жорстких тіл.

З розвитком науки про будову речовини була висунута гіпотеза і розвивались ідеї про молекулярні сили взаємодії. Відповідно до цієї гіпотези вважалось, що тертя обумовлено подоланням сил молекулярного зчеплення, яке виникає між твердими тілами. А сила тертя збільшується зі

зменшенням шорсткості, оскільки у випадку тіснішого наближення поверхонь збільшується молекулярне зчеплення між ними.

У 1778 р. Ш. Кулон запропонував формулу, яка характеризує подвійну природу тертя:

$$F = A + \mu N,$$

де  $A$  – характеристика зчеплюваності двох тіл, яка не залежить від навантаження;  $\mu$  – коефіцієнт пропорційності.

Але в інженерній практиці продовжували застосовувати закон Леонардо да Вінчі – Амонтона. У міру нагромадження знань про тертя закон все більше втрачав силу, оскільки з'ясувалось, що коефіцієнт тертя визначається не тільки природою матеріалів, але й такими факторами, як шорсткість, розмір поверхні, стан поверхневих плівок тощо.

Подальші дослідження призвели до комбінованих молекулярно-механічних теорій тертя. Найбільше поширилась молекулярно-механічна теорія тертя, побудована на основі певної, раніше заданої моделі контактуючих поверхонь твердих тіл, розроблена І. В. Крагельським (1949 р.).

В основу зовнішнього тертя двох тіл покладено взаємодію поверхневих зв'язків, їх роботу і руйнування, які призводять до зношування поверхонь.

Внаслідок хвилястості і шорсткості поверхонь площа фактичного їх контакту завжди становить невелику частку (0,1 – 0,01%) номінальної площі контакту і складається з множини плям.

За моделлю І.В. Крагельського існує п'ять видів порушення фрикційних зв'язків, які супроводжуються певними явищами і процесами залежно від сил молекулярної (адгезійної) взаємодії і глибини впровадження (деформації).

1. Пружне деформування матеріалу виступами контртіла спостерігається, коли діюче навантаження і адгезія не призводять до виникнення в зоні контакту напружень, які перевищують границю текучості. Руйнування матеріалу (знос) можливе лише в результаті фрикційної втомлюваності (кількість циклів до руйнування близько  $10^8$ ). При такому виді фрикційних зв'язків можуть виникати відшарування (наприклад, у підшипниках кочення), викришування (наприклад, у зубчастих передачах).

2. Пластичне відтиснення матеріалу виникає якщо контактні напруги досягають границі текучості, але матеріал обтікає занурені виступи

контртіла. Даний вид порушення фрикційних зв'язків викликає явище дряпання – утворення заглиблень на поверхні тертя у напрямку ковзання. Знос у цьому випадку буде результатом багатоциклової фрикційної втомлюваності (кількість циклів не більше  $10^4$ ).

3. Мікрорізання спостерігається, якщо контактні напруги або деформація досягають руйнуючих значень (порушується режим обтікання виступів деформованим матеріалом). Руйнування в цьому випадку відбувається при перших актах взаємодії.

4. Адгезійне порушення фрикційного зв'язку – скріплювання плівок, які покривають поверхні твердих тіл, та їх руйнування. Це явище не призводить безпосередньо до руйнування, але впливає на величину діючих на контакті напружень і деформацій.

5. Когезійне відривання – виникає при явищі скріплювання, тобто місцевого з'єднання двох твердих тіл внаслідок дії молекулярних сил, якщо міцність фрикційного зв'язку вища міцності шарів матеріалу, які лежать нижче. У цьому випадку можливе заїдання (внаслідок скріплювання, відривання і переносу матеріалу з однієї поверхні на іншу) і утворення задирок. Зношування відбувається (як і в третьому випадку) після перших актів взаємодії.

Реалізація того чи іншого порушення фрикційних зв'язків головним чином залежить від цілого ряду факторів (навантаження, шорсткості, температури, об'ємних і поверхневих властивостей матеріалу, зовнішнього середовища тощо).

Отже, сучасна наука про тертя – це гранична галузь знань. Її зміст – це синтез фізики, хімії, термодинаміки, матеріалознавства, металознавства та інших наук.

Враховуючи, з одного боку, складність керування процесом тертя для технічного прогресу і, з другого боку, пов'язані з тертям значні енергетичні втрати і матеріальні витрати, у 60-ті роки в Англії, а потім у ФРН та інших західних країнах наука про тертя, знос і мащення набула самостійної назви – трибологія (від грецької *tribos* – тертя).

Міждисциплінарний характер трибології потребує кооперації спеціалістів відповідних галузей науки і техніки й використання системного підходу, що має сприяти вирішенню складних задач у напрямку створення загальної теорії, необхідних класифікацій і розробок методик для інженерних розрахунків на знос.

*Трибологія* – наука про явища і закономірності тертя, зношування і мащення та взаємодії двох тіл при їх переміщенні.

*Триботехніка* – сукупність знань про методи і засоби, які використовуються в практичному використанні трибології.

*Трибометрія* – розділ триботехніки, який відноситься до виміру і (або) визначення характеристик тертя і зношування.

*Трибосистема* – сукупність усіх трибоелементів, які беруть участь у терті і зношуванні, їх властивостей і зв'язків, параметрів, діючих на трибоелементи ззовні, а також характеристик тертя і зношування.

*Елемент трибосистеми* (трибоелемент) – контактуючі тіла, мастильний матеріал і навколишнє середовище, які безпосередньо беруть участь у процесі тертя.

*Припрацювання* – властивість матеріалів тертьових тіл у процесі зношування змінювати геометрію поверхонь тертя і фізико-механічні властивості поверхневих шарів, що призводить до зменшення сили тертя і зносу.

*Мастильна здатність* – властивість мастильних матеріалів знижувати силу тертя і зносу.

*Несуча здатність* (стійкість до заїдання) – здатність трибосистеми функціонувати без заїдання при навантаженні. Вона характеризується максимальним значенням навантаження, перевищення якого призводить до заїдання.

*Теплостійкість* трибосистеми – властивість трибосистеми функціонувати без заїдання при розігріванні. Характеризується теплостійкість максимальним значенням температури, яка виникає в трибоелементі при підведенні тепла ззовні і (або) генерованого у процесі тертя, перевищення якої призводить до заїдання.

*Усталене тертя і (або) зношування* – стаціонарний стан трибосистеми, який характеризується динамічною рівновагою і саморегулюванням процесу в трибосистемі і проявляється в стійкості характеристик тертя і зношування.

*Заїдання* – нестаціонарний стан трибосистеми, який характеризується збільшенням сили тертя і пошкодженням тертьових поверхонь внаслідок адгезії і переносу матеріалу. Заїдання може завершуватися припиненням відносного руху.

Теорія фрикційних зв'язків дала можливість розглянути механізми процесів і явищ, які виникають в умовах тертя контактуючих поверхонь.

Було відзначено і те, що ці процеси ускладнюються під впливом різних зовнішніх факторів.

Але необхідно звернути увагу ще на одну обставину. Тонкі поверхневі шари матеріалу, які беруть участь у процесі тертя, не є застиглими структурами. Вони змінюються, пристосовуються, чутливо реагують на умови, в яких опинились. Само тертя часто виступає в ролі стимулятора цих змін і перетворень.

### 2.3. Класифікація видів зношування

Незважаючи на значну кількість досліджень в області тертя і зношування матеріалів, до цього часу нема єдиної класифікації видів зношування. Найбільш поширені класифікації, що запропоновані М. М. Хрущовим, Б. І. Костецьким, І.В. Крагельським, в певній мірі узагальнені в стандартах. На рис. 2.2. наведена класифікація зношування, яка рекомендована ГОСТ 27674-88 з врахуванням ДСТ України. Ознакою класифікації є вид зношування. Розглянемо характеристики процесів зношування, які відносяться до кожної ознаки.

Механічне зношування відбувається в результаті механічної дії при терті.

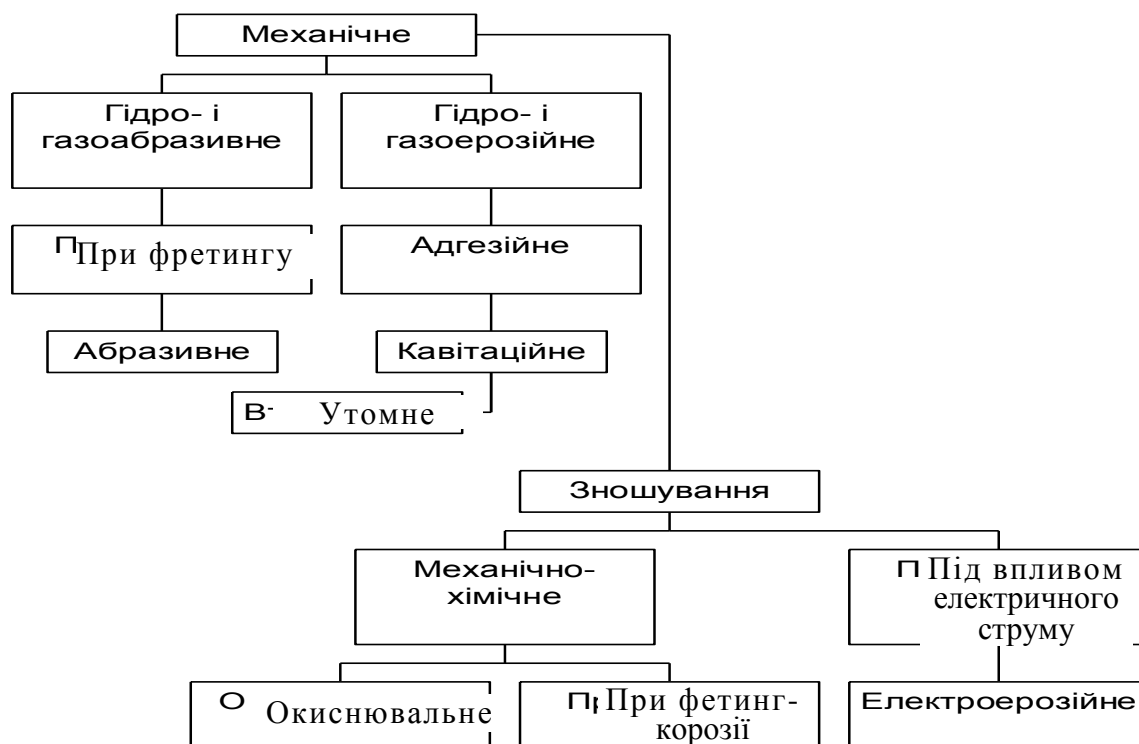


Рисунок 2.2. Класифікація видів зношування

Абразивне зношування – це механічне зношування внаслідок різальної або дряпальної дії твердих тіл або частинок, яке є найпоширенішим видом зношування техніки.

Абразивне зношування може відбуватися у випадку тертя спряжених деталей і спостерігається під час руху тіла в абразивному середовищі.

Гідроабразивне і газоабразивне зношування – абразивне зношування в результаті дії твердих тіл або твердих частинок, які забираються відповідно потоком рідини (наприклад, зношування лопаток насоса, що подає воду, яка містить пісок) або газу.

При гідро- і газоабразивному зношуванні також діє механізм розглянутого абразивного зношування, але з меншою інтенсивністю внаслідок менших питомих навантажень на матеріал.

Гідроерозійне зношування – механічне зношування поверхні в результаті дії потоку рідини.

Газоерозійне зношування – механічне зношування поверхні в результаті дії потоку газу. Гідро- та газоерозійне зношування часто поєднуються з іншими видами зношування.

Кавітаційне зношування – механічне зношування під час руху твердого тіла відносно рідини, при якому бульбашки газу лопаються біля поверхні, що створює місцевий високий питомий тиск або високу температуру.

Кавітація виникає там, де порушується суцільність відносного потоку рідини, в результаті чого утворюються порожнини, заповнені повітрям або паром. Ці, так звані кавітаційні, бульбашки, знаходячись біля поверхні металу, скорочуються з великою швидкістю і потім розриваються, що призводить до гідравлічного удару рідини по поверхні металу. При накладанні на поверхню металу великої кількості таких ударів утворюються каверни діаметром 0,2 – 1,5 мм, навколо яких з'являються напливи, що створюють враження видавлених кратерів. Таким чином, вид руйнування металу в чистій воді свідчить про те, що поверхня металу схильна до механічної дії. Допоміжне значення при кавітаційному зношуванні може мати і корозійний фактор, який знижує опір металу циклічним механічним діям.

Кавітаційному зношуванню піддаються гвинти і лопатки турбін. У двигунах внутрішнього згорання цей вид зношування спостерігається на поверхні гільз циліндрів (з боку сорочки), охолоджуваних потоком води.

Утомне зношування – механічне зношування в результаті утомного руйнування при вторинному деформуванні мікрооб’ємів матеріалу поверхневого шару.

Зношування при фретингу – механічне зношування контактуючих тіл при малих коливальних відносних переміщеннях.

Адгезійне зношування відбувається у результаті локального з’єднання двох твердих тіл, що труться, і глибинного виривання матеріалу з їх поверхневих шарів.

Механічно-хімічне зношування є результатом механічної дії при терті, що супроводжується і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу з середовищем.

Окиснювальне зношування – механічно-хімічне зношування, при якому переважає хімічна реакція матеріалу з киснем або окислюючим середовищем.

Кисень повітря, взаємодіючи з металом, утворює на ньому окисну плівку, яка значно впливає на процес тертя. У випадку тертя в умовах мащення метал окиснюється киснем, розчиненим у маслі. Окисні плівки в місцях контактування поверхонь захищають метали від безпосереднього наближення до відстані, при якій можливе скріплювання. Нездатність самих окисних плівок до скріплювання обумовлена їх неметалевою природою.

Під час тертя окисні плівки поступово стираються або, відриваючись, видаляються мастилом. Потім окисні плівки утворюються знову. Таким чином, окисне зношування являє собою зношування безперервно відновлюваних окисних плівок.

Зношування при фретинг-корозії – це механічно-хімічне зношування поверхонь тіл при малих коливальних відносних їх переміщеннях.

Механізм зношування при фретинг-корозії являє собою зношування, яке викликають окисні плівки, що відокремлюються від поверхонь контактуючих деталей. Ці плівки діють як абразиви, що внаслідок малих відносних переміщень деталей затримуються в межах контакту. За іншою теорією відокремлюються частинки металу, які відразу ж оксидуються, перетворюючись в абразив.

Зношуванню при фретинг-корозії піддаються, наприклад, посадочні місця під підшипники кочення корпусних деталей.

Електроерозійне зношування виникає в результаті дії на поверхню тертя розрядів при проходженні електричного струму.



В реальних умовах роботи спряжених деталей найчастіше поєднуються різні види зношування.

У деяких умовах тертя поєднання двох різних видів зношування може призвести до нових явищ. Прикладом цього є зношування при фретинг-корозії – поєднання абразивного зношування з окисним у певних умовах контактування поверхонь.

Приблизне уявлення про швидкості зношування можна одержати з таких даних, мкм/год: окисне зношування – (0,1 – 0,5), абразивне – (0,5 – 5,0), адгезійне зношування – (10 – 15).

Швидкість зношування суттєво знижується в умовах тертя при наявності мащення. Мащення поверхонь тертя мастильним шаром поділяється на три основних види: гідродинамічне (повний поділ поверхонь тертя здійснюється в результаті тиску, що виникає в шарі рідини при відносному русі поверхонь), граничне (зношування і тертя між поверхнями, що рухаються одна відносно одної, визначаються властивостями поверхонь і мастильного матеріалу, відмінними від об'ємної в'язкості) і змішане (здійснюється частково гідродинамічне, частково граничне мащення). Прикладом такого мащення може бути мащення корінних підшипників колінчастого вала.

### **3. Система технічної експлуатації машин**

#### **3.1. Загальні поняття**

Система технічної експлуатації машин – сукупність взаємозв'язаних засобів технічного обслуговування, ремонту, збереження і транспортування машин.

До системи входять основні фонди, обладнання, інструмент, технічна документація і виконавці робіт.

Мета системи технічної експлуатації – підтримання машини в працездатному стані, попередження і ліквідація відмов.

На сьогоднішній день застосовуються системи технічної експлуатації – планово-попереджувального ремонту (ППР) і за технічним станом.

Найбільш розповсюджена система ППР. Система планово-попереджувальних ремонтів – комплекс організаційно-технічних заходів, що мають попереджувальний характер, виконуються в плановому порядку

та спрямовані на забезпечення справності і працездатності машин, поліпшення їх технічного стану і зниження витрат на експлуатацію.

### 3.2. Структура системи планово-попереджувального технічного обслуговування та ремонту будівельних машин

Принципова схема системи ППР наведена на рис. 1. Система складається з двох основних видів заходів:

- технічного обслуговування;
- ремонту.



Рис. 3.1. Принципова схема системи ППР

### 3.3. Технічне обслуговування будівельних машин

Технічне обслуговування – це комплекс операцій попереджувального характеру, які спрямовані на підтримання справності будівельних машин і проводяться в процесі їх експлуатації (використання за призначенням, зберігання).

Технічне обслуговування включає миття та очистку машин, змащувальні, заправні, контрольно-діагностичні, кріпильно-регульовальні та допоміжні операції.

Технічне обслуговування передбачає обов'язковий, завчасно встановлений обсяг робіт для кожного типу машин і умов їх експлуатації, який виконується згідно з нормативами періодичності і трудомісткості.

Операції технічного обслуговування виконуються з попереднім контролем технічного стану машин та їхніх складальних одиниць. Основним методом контролю є технічне діагностування як складова частина технічного обслуговування.

Мета технічного діагностування полягає у визначенні дійсної потреби у виконанні операцій технічного обслуговування, прогнозування залишкового ресурсу складальних одиниць і деталей.

У залежності від періодичності, трудомісткості та обсягу робіт для будівельних машин встановлені такі види технічного обслуговування:

- щозмінне технічне обслуговування;
- періодичне технічне обслуговування;
- сезонне технічне обслуговування;
- технічне обслуговування при зберіганні та транспортуванні.

В складних умовах використання будівельних машин (велике запилення, високогір'я, низькі температури та ін.) проводиться спеціальне технічне обслуговування зі зменшеним значенням періодичності.

Позмінне технічне обслуговування повинно забезпечити працездатність машини протягом робочої зміни шляхом контролю технічного стану основних її частин: гальмового обладнання, ходової частини, органів керування, сигналізації, двигуна та усунення виявлених несправностей, а також дозаправлення пально-мастильними матеріалами, робочою та охолоджувальною рідиною.

Виконання щозмінного технічного обслуговування покладається на машиністів будівельних машин та їх помічників, якщо вони є.

Періодичне технічне обслуговування виконується з метою зниження інтенсивності зносу деталей і складальних одиниць, визначення їх залишкового ресурсу, усунення наявних несправностей; здійснюється спеціалізованими бригадами (ланками) за участю або без участі машиністів, за якими закріплені машини.

Періодичність виконання та обсяг робіт періодичного технічного обслуговування залежать від типу машини, що обслуговується. В залежності від обсягу передбачених робіт, послідовності їх виконання

кожному періодичному технічному обслуговуванню надається порядковий номер (ТО-1, ТО-2, ТО-3).

До обсягу робіт технічного обслуговування з більш високим порядковим номером включаються роботи, які передбачені до виконання при технічних обслуговуваннях з більш низьким порядковими номерами.

Технічне обслуговування №3 (ТО-3) проводиться разом з поточним ремонтом. Трудомісткість поточного ремонту містить і затрати праці технічного обслуговування № 3.

Сезонне технічне обслуговування виконується двічі на рік при переведенні машин на експлуатацію в умови весняно-літнього або осінньо-зимового періоду. Сезонне технічне обслуговування поєднується з проведенням чергового періодичного технічного обслуговування.

З метою збереження працездатності будівельних машин при їх транспортуванні та зберіганні проводяться спеціальні види технічного обслуговування, які регламентуються вимогами експлуатаційної документації.

#### **3.4. Ремонт будівельних машин**

Незважаючи на регулярне проведення технічних обслуговувань, зношування деталей машини збільшується і досягає таких розмірів, що подальше застосування машини стає неможливим або недоцільним. В цих випадках виконується ремонт машин в цілому або їхніх окремих збиральних одиниць.

Ремонт – це комплекс робіт, що відновлює ресурс і забезпечує працездатність та справність будівельних машин в процесі експлуатації. Ремонт включає контрольно-діагностичні, розбірно-складальні, слюсарні, зварювальні, наплавні та інші роботи.

Встановлюється два види планового ремонту будівельних машин: поточний і капітальний.

Поточний ремонт призначений для підтримання працездатності та справності машин шляхом відновлення або заміни окремих складальних одиниць і деталей, крім базових; його обсяг визначається технічним станом машин.

Капітальний ремонт призначений для відновлення справності та повного чи близького до нього ресурсу машин шляхом заміни або відновлення складальних одиниць деталей, включаючи базові.

Крім планових ремонтів проводяться непланові ремонти, необхідність в яких виникає внаслідок відмов у роботі будівельних машин або аварій.

**Приблизний склад операцій системи ППР показано на рис.3.2.**



Рис.3.2.

### **3.5. Планування технічного обслуговування та ремонту будівельних машин**

Власники будівельних машин складають річний план і місячний план-графік технічного обслуговування та ремонту машин.

Річним планом встановлюється кількість технічних обслуговувань і ремонтів для кожної машини, групи однотипних машин і парку машин в цілому. На основі річного плану визначається потреба в матеріальних і трудових площах ремонтних майстерень, технологічному обладнанні, пересувних засобах технічного обслуговування і ремонту.

Для розробки річного плану необхідні такі дані кожної машини:

- фактичн напрацювання на початку року;
- заплановане напрацювання на рік;
- періодичність технічних обслуговувань і ремонтів.

При визначенні складу парку машин слід враховувати списання та надходження машин, що передбачається в розрахунковому році.

Фактичне напрацювання на початку року визначається з часу проведення останнього відповідного виду технічного обслуговування, ремонту або з початку експлуатації, якщо таке технічне обслуговування і ремонт не проводилися.

Кількість технічних обслуговувань і ремонтів кожного виду для окремої машини ( $K$ ) розраховується за формулою:

$$K = \frac{T_{\phi} + T_{\text{пл}}}{T_n} - K_0, \quad (3.1)$$

де  $T_{\phi}$  – фактична наробка машини на початку року, мото-години;  
 $T_{\text{пл}}$  – запланована наробка на рік, мото-годин;  $T_n$  – періодичність виконання відповідного технічного обслуговування або ремонту, мото-годин;  $K_0$  – кількість всіх видів технічних обслуговувань і ремонтів, що перевищує періодичність даного виду (при визначенні кількості капітальних ремонтів  $K_0$  дорівнює 0).

Розрахунок за формулою (3.1) виконується у такій послідовності: капітальний ремонт, поточний ремонт, технічні обслуговування ТО-2, ТО-1.

Якщо  $T_{\phi}$  перевищує  $T_n$ , що спостерігається при порушенні строків проведення відповідного технічного обслуговування чи ремонту, в формулі (3.1) слід замінити  $T_{\phi}$  на  $T_n$ .

Результати розрахунків за формулою (3.1) і далі (3.2), (3.3), (3.5) слід округляти в менший бік.

Порядковий номер місяця ( $n_m$ ), в якому повинен проводитися капітальний ремонт, визначається за формулою:

$$n_m = \frac{12(T_n - T_{\phi})}{T_{\text{пл}}} + 1. \quad (3.2)$$

Капітальний ремонт машин переноситься на наступний рік, якщо номер місяця виявиться більше 12. Допускається коригування строків капітального ремонту в межах найближчих місяців з урахуванням технічного стану машини.

На основі розрахунків за формулою (3.1) слід визначати сумарну потребу в технічних обслуговуваннях і ремонтах для груп однотипних машин і для парку машин в цілому.

Для великих парків машин кількість технічних обслуговувань і ремонтів для груп однотипних машин визначається за формулою:

$$K = M \frac{T_{\text{пл}}}{T_n} - K_0, \quad (3.3)$$

де  $M$  – кількість однотипних машин у групі.

Затрати праці (3.3) на виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту визначаються за формулою:

$$З = K \cdot з, \quad (3.4)$$

де  $з$  – затрати праці на певний вид робіт при виконанні одного технічного обслуговування чи ремонту, людино-години.

За формулою (3.4) розраховуються затрати праці на слюсарні, верстатні та інші види робіт для кожної машини парку. За результатами цих розрахунків визначаються сумарні затрати праці на виконання необхідних видів робіт для груп однотипних машин і для парку машин в цілому.

Місячний план-графік визначає строки постановки машини на технічне обслуговування та ремонт.

Для розробки місячного плану-графіка необхідні по кожній машині такі данні:

- фактична напрацювання на початку місяця;
- заплановане напрацювання на місяць;
- періодичність технічного обслуговування і ремонтів;
- тривалість технічних обслуговувань і ремонтів.

Порядковий робочий день  $D$  місяця постановки машини на технічне обслуговування чи ремонт визначається за формулою:

$$D = \frac{N(mT_n - T_{\text{фм}})}{T_{\text{плм}}} + 1, \quad (3.5)$$

де  $N$  – кількість робочих днів у місяці;  $T_{\text{фм}}$  – фактичне напрацювання на початок місяця, мото-годин;  $T_{\text{плм}}$  – заплановане напрацювання на місяць, мото-години;  $m$  – номер чергового однойменного технічного обслуговування ( $m=1,2,\dots$ ). Для ремонтів  $m=1$ .

Якщо розрахункова величина  $D$  виявиться більшою за кількість робочих днів в місяці, відповідний вид технічного обслуговування чи ремонту переноситься на наступний місяць.

Для визначення дати проведення технічного обслуговування і ремонту необхідно до розрахункової величини порядкового робочого дня додати відповідну кількість попередніх святкових і вихідних днів.

### **3.6. Організація проведення технічного обслуговування та ремонту будівельних машин**

Власники машин забезпечують проведення технічного обслуговування та ремонту у відповідності з річним планом і місячним планом-графіком.

Операції технічного обслуговування та ремонту мають виконуватися у відповідності з вимогами технологічних карт, технічних описів та інструкцій з експлуатації будівельних машин.

Організація технічного обслуговування та ремонту будівельних машин забезпечується завчасно інженерно-технологічною підготовкою виробництва, що включає:

- забезпечення експлуатаційною та ремонтною документацією;
- оснащення технологічних процесів спеціальним обладнанням, оснасткою та інструментом;
- матеріально-технічне забезпечення запасними частинами, комплектуючими виробами та ремонтно-експлуатаційними матеріалами;
- підготовку та підвищення кваліфікації робітників, які зайняті технічним обслуговуванням та ремонтом, і машиністів будівельних машин;
- удосконалення ремонтно-експлуатаційної бази;
- контроль якості робіт з технічного обслуговування та ремонту.

Розмір виробничих площ баз механізації, їх призначення та оснащення технологічним обладнанням визначаються структурою та кількісним складом парку машин, умовами його експлуатації й прийнятою формою організації технічного обслуговування.

Власник будівельних машин доводить замовнику місячний план-графік технічного обслуговування і ремонту за три дні до початку місяця, на який його зроблено.

При виробничій необхідності і погодженні з замовником власник машин може змінювати строки проведення технічного обслуговування, але не більш як на три дні.

При виході будівельної машини на плановий ремонт вона, як правило, повинна бути замінена іншою машиною того ж призначення.

Технічне обслуговування та поточний ремонт будівельних машин доцільно виконувати централізовано спеціалізованими бригадами



(ланками), що входять до складу підрозділів або організацій по технічному обслуговуванню та ремонту будівельних машин.

У залежності від складу та структури парку машин, умов його експлуатації визначається кількість бригад (ланок) технічного обслуговування, їх кваліфікаційний склад.

Для проведення технічного обслуговування складається заявка, в якій міститься інформація про види та строки проведення технічного обслуговування, місце знаходження будівельної машини, її технічний стан і додаткові операції, які необхідно провести в процесі технічного обслуговування.

Обсяг фактично виконаних бригадою (ланкою) робіт фіксується в журналі обліку технічного обслуговування і ремонту або в журналі обліку усунення несправностей і відмов будівельних машин.

Технічне обслуговування та поточний ремонт будівельних машин виконується як в умовах стаціонарних майстерень, так і безпосередньо на місцях роботи за допомогою пересувних засобів технічного обслуговування та ремонту.

Поточні ремонти будівельних машин повинні виконуватись, як правило, агрегатним методом, при якому складальні одиниці, що відпрацювали свій ресурс, замінюються на нові або з оборотного фонду.

Оборотний фонд створюється власниками будівельних машин за рахунок нових складальних одиниць або завчасно відремонтованих.

Найбільш ефективним методом проведення поточних ремонтів будівельних машин слід вважати метод періодичної заміни ремонтних комплектів, при якому замінюються не окремі складальні одиниці, а їх комплекти з однаковим або близьким ресурсом.

Потреба в оборотному фонді визначається в залежності від структури та складу парку машин, умов експлуатації, ресурсу та часу оборотності складальних одиниць та їх комплектів.

Приймання машин після технічного обслуговування та поточного ремонту здійснюється механіком власника за участю машиніста (оператора).

Результати зовнішнього огляду будівельної машини та її випробування на холостому ходу та під навантаженням фіксуються в акті проведення технічного обслуговування, в журналі обліку технічних обслуговувань і ремонтів і підписуються особами, які здають і приймають будівельну машину.

Капітальний ремонт будівельних машин, їх складових частин та складальних одиниць, як правило, здійснюється централізовано на ремонтних і ремонтно-механічних підприємствах, а також на базах механізації агрегатним методом відповідно до вимог ремонтної документації.

Доцільність постановки будівельної машини в ремонт, передбачений планом-графіком, визначається комісією, очолюваною головним інженером (головним механіком) власника. Якщо будівельна машина за своїм технічним станом не потребує ремонту в строки, що передбачені планом-графіком, комісія дає дозвіл на подальше її використання за призначенням і встановлює нову дату огляду. Висновки комісії оформляються відповідним актом.

Для визначення технічного стану будівельних машин їх власники проводять сезонні огляди, які виконуються спеціальною комісією. За результатами огляду дається оцінка рівню експлуатації техніки, визначаються недоліки, усунення яких регламентується відповідним наказом.

При проведенні технічного обслуговування та всіх видів ремонту будівельних машин як на місцях їх роботи, так і в стаціонарних умовах, необхідно здійснювати заходи щодо запобігання забруднення навколишнього середовища (землі, повітряного та водного басейнів).

Організація та проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту мусять здійснюватися у відповідності з правилами безпеки цих робіт і протипожежної безпеки, що викладені в експлуатаційній та ремонтній документації.

### **3.7. Система контролю технічного стану будівельних машин**

Планово-попереджувальна система показала свою ефективність і має широке застосування.

Однак із сучасної точки зору вона має ряд недоліків, які пов'язані з тим, що жорстка система планування технічних обслуговувань і ремонтів не відповідає випадковому характеру умов роботи машин. Як правило технічні обслуговування і ремонти проводяться не в оптимальні строки, а передчасно або з запізненням, що має негативний вплив на собівартість експлуатації машин.

У зв'язку з цим на сьогоднішній день намітилася тенденція до переходу на систему заходів за технічним станом.

В основу цієї системи покладені методи визначення технічного стану в даний момент часу і вибір відповідного заходу з позицій оптимального утримання машин.

Найважливішим компонентом цієї системи є технічне діагностування стану машини.

Технічне діагностування – це процес визначення з певною точністю технічного стану машини.

Об'єктом діагностування можуть бути машини, їхні агрегати, пристрої, обладнання.

Прилади, що застосовуються в процесі діагностування, називаються засобами діагностування.

Результатом діагностування є діагноз, тобто висновок про технічний стан машини з вказанням наявних дефектів.

Загальною метою діагностування є зниження витрат на технічні обслуговування і ремонти за рахунок постійного контролю технічного стану машин.

Загальною задачею діагностування є визначення технічного стану машини або її елементів і надання рекомендацій щодо її подальшої експлуатації.

При діагностуванні вирішуються такі локальні задачі:

- перевірка працездатності і нормального функціонування будівельних машин або їхніх окремих елементів і надання рекомендацій щодо їх оптимального застосування;

- виявлення місця, причини і способу усунення відмов, контроль якості ремонту;

- прогнозування залишкового ресурсу будівельних машин та їхніх окремих елементів.

Діагностування будівельних машин у залежності від призначення, переліку робіт, періодичності і трудомісткості поділяється на загальне та поглиблене.

Загальне діагностування має за мету визначення технічного стану складальних одиниць будівельних машин, поглиблене – визначення несправностей, виявлення їх причин і характеру.

Технологічний процес технічного діагностування будівельних машин організується з урахуванням взаємозв'язку операції загального і

поглибленого діагностування з основними роботами технічного обслуговування і ремонту.

Загальне діагностування проводиться в строки, які встановлені для технічного обслуговування і поточного ремонту; поглиблене – за результатами загального діагностування, а також у разі потреби у випадку виявлення несправностей у процесі експлуатації машин.

Технічне діагностування класифікується так:

- за формою організації – на спеціалізоване та суміщене;
- за режимом проведення – на планове і в разі потреби;
- за місцем проведення – на стаціонарних постах і безпосередньо на місцях роботи машин;
- за обсягом робіт – на повне і часткове.

Спеціалізоване технічне діагностування виконується на спеціальних постах і дільницях діагностування, а також пересувними діагностичними майстернями на місцях роботи машин.

Суміщене технічне діагностування виконується в процесі проведення технічного обслуговування і ремонту в стаціонарних умовах або за допомогою пересувних майстерень технічного обслуговування та ремонту, які оснащені необхідним діагностичним обладнанням.

В результаті проведення діагностичних операцій складається діагностична карта, в якій фіксуються результати діагнозу, даються рекомендації щодо необхідного обсягу робіт з технічного обслуговування або ремонту та загальна оцінка технічного стану машин.

## Список літератури

1. *ДСТ України 2860-94*. Надійність техніки. Терміни і визначення. – Чинний з 28.12.94.
2. *Полянський С. К., Линецький Г. У., Москвяк Е. В.* Техническая эксплуатация машины в строительстве. – К.: Будівельник, 1979. – 240 с.
3. *Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М.* Надійність машин. Навчальний посібник. – К.: НТУ, 2001. – 428 с.
4. *ДБН В.2.8-3-95*. Технічна експлуатація будівельних машин. – Чинні з 1.01.96.
5. *Сідашенко О. У., Поліський А. Я.* Ремонт машин. – К.: Урожай, 1994. – 397 с.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Основи експлуатаційної надійності машин</b> .....	<b>4</b>
1.1. Стан машини. Відмови і несправності .....	<b>4</b>
1.2. Надійність машин і її складові .....	<b>6</b>
1.3. Комплексні показники надійності .....	<b>14</b>
<b>2. Вплив умов експлуатації на стан машин</b> .....	<b>15</b>
2.1. Зміна технічного стану машини і виникнення дефектів деталей .....	<b>15</b>
2.2. Основи науки про тертя і зношування .....	<b>17</b>
2.3. Класифікація видів зношування .....	<b>22</b>
<b>3. Система технічної експлуатації машин</b> .....	<b>25</b>
3.1. Загальні поняття.....	<b>25</b>
3.2. Структура системи планово-попереджувального технічного обслуговування та ремонту будівельних машин (система ППР).....	<b>26</b>
3.3. Технічне обслуговування будівельних машин.....	<b>26</b>
3.4. Ремонт будівельних машин.....	<b>28</b>
3.5. Планування технічного обслуговування будівельних машин .....	<b>29</b>
3.6. Організація проведення технічного обслуговування та ремонту будівельних машин .....	<b>32</b>
3.7. Система контролю технічного стану будівельних машин .....	<b>34</b>
<b>Список літератури</b> .....	<b>37</b>

Навчальне видання

ЛЕСЬКО ВІТАЛІЙ ІВАНОВИЧ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН

Конспект лекцій

ЧАСТИНА 2.

Редактор *К.І. Шестакова*

Комп'ютерна верстка *М.С. Бут*

Підписано до друку . Формат 60x84<sub>1/16</sub> .

Папір офсетний. Гарнітура Аріал. Друк на різнографі.

Умовн. друк. арк. 2,09. Облік. - вид. арк. 2,5. Ум. фарбовідб. 21.

Тираж 100 прим. Вид.№ . Зам. №

КНУБА. 03037. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі  
Київського національного університету будівництва і архітектури.