

Технічне обслуговування
промислового обладнання для
технологічного персоналу

Зміст

Вступ.....	7
Перелік посилань	8
1. Система технічного обслуговування та ремонтів обладнання	9
1.1. Система технічного обслуговування та ремонтів обладнання підприємства	9
1.2. Стратегії технічного обслуговування та ремонтів обладнання.....	10
1.3. Проактивна стратегія технічного обслуговування та ремонтів обладнання.....	12
1.4. Способи організації ремонтного обслуговування виробництва.....	15
1.5. Критерії оцінки ефективності ремонтного обслуговування виробництва	16
1.6. Аварійність	17
Перелік посилань	18
Запитання для контролю	19
2. Поняття про технічне обслуговування обладнання.....	20
2.1. Технічне обслуговування як ключова ланка у забезпеченні безпечної та безаварійної експлуатації обладнання.....	20
2.2. Завдання технологічного персоналу з технічного обслуговування закріпленого обладнання відповідно до «Правил технічної експлуатації механічного обладнання»	20
Перелік посилань	23
Запитання для контролю	23
3. Сучасні концепції технічного обслуговування обладнання	24
3.1. TPM	24
3.2. ощадливе виробництво	24
3.3. Система 5S	26
3.4. Кайдзен	26
Перелік посилань	27
Запитання для контролю	27
4. Загальні відомості про механічне обладнання	28
4.1. Стадії життєвого циклу обладнання	28
4.2. Основні елементи механічних систем.....	28
4.3. Поняття про справність та працездатність	29
4.4. Аксиоми працездатного стану обладнання.....	30
4.5. Класифікація обладнання за ступенем впливу на технологічний процес	31
Перелік посилань	31
Запитання для контролю	31
5. Методи оцінки технічного стану обладнання.....	32

5.1. Загальне поняття про оцінку технічного стану обладнання.....	32
5.2. Методи оцінки технічного стану обладнання	32
5.3. Порядок та особливості проведення візуального огляду обладнання	33
Перелік посилань	36
Запитання для контролю	37
6. Органолептичні методи оцінки технічного стану обладнання.....	37
6.1. Шуми механізмів	37
6.2. Вібрація механізмів.....	39
6.3. Контроль температури механізмів	41
6.4. Додаткові методи оцінки технічного стану обладнання	43
Перелік посилань	45
Запитання для контролю.....	45
7. Види зношування та поломок деталей.....	46
7.1. Види механічного зношування	46
До ерозійних видів зношування відносять [1]:	48
7.2. Види руйнувань та зламів	49
Правила при очищенні та огляді зламу [1]:.....	50
7.3. Ушкодження підшипників кочення	50
Підшипники кочення підлягають заміні за наявності одного з таких пошкоджень [4]:	58
7.4. Ушкодження зубчастих передач	59
На працездатність зубчастого зачеплення впливають такі зовнішні фактори : ..	59
На працездатність зубчастого зачеплення впливають такі внутрішні чинники : ..	61
Зубчасте колесо необхідно замінити [5]:.....	64
Перелік посилань	64
Запитання для контролю	65
8. Складання вузлів та механізмів	65
8.1. Складання та розбирання шпонкових та шліцевих з'єднань	65
Призматичні шпонки підлягають заміні при:	65
У порівнянні зі шпонками шліци:	67
Основними критеріями працездатності шліцевих сполук є:	67
8.2. Складання та розбирання різьбових з'єднань.....	67
При складанні різьбових з'єднань:.....	67
8.3. Складання та розбирання вузлів підшипників кочення	68
8.3.1. Підготовчі операції	68
8.3.2. Складальні операції.....	69
8.3.3. Регулювальні операції.....	70

8.3.4. Пробний запуск.....	71
8.3.5. Розбирання	71
8.4. Складання валів та зубчастих коліс	72
При складанні валів і зубчастих коліс пред'являються норми:.....	72
При монтажі та складанні зачеплень зубчастих передач пред'являються такі вимоги щодо перевірки виконання робіт:	72
8.5. Центрування валів.....	73
Перелік посилань	75
Запитання для контролю	75
9. Змащення металургійних машин.....	75
9.1. Види змащування.....	75
Розрізняють три <i>режиму змащування</i> :	76
9.2. Класифікація мастильних матеріалів.....	76
Переваги пластичних мастил:	76
9.3. Характеристики, особливості, способи подачі та контролю пластичних мастильних матеріалів.....	77
<i>Переваги пластичних мастил</i> :.....	77
<i>Недоліки пластичних мастил</i> :	77
Залежно від <i>загусника</i> розрізняють:.....	77
Залежно від <i>температури краплі падіння</i> розрізняють пластичні мастила:	78
за <i>призначенню</i> пластичні мастила бувають:	78
<i>Маркування</i> пластичних мастил:	78
<i>Системи змащування</i> :	78
<i>Умови заповнення</i> підшипника пластичним мастилом:	78
Вимоги щодо експлуатації <i>централізованих систем</i> :	78
Вимоги щодо експлуатації <i>ручних станцій</i> :.....	79
Типові випадки <i>неполадок живильників</i> :.....	79
9.4. Характеристики, особливості, способи подачі та контролю рідких мастильних матеріалів.....	79
<i>Типи рідких олій</i> :	79
<i>Маркування</i> рідких олій:.....	79
<i>Способи подачі</i> рідинного мастила до поверхні тертя:.....	80
Вимоги щодо експлуатації <i>систем рідкого мастила</i> :.....	80
<i>Можливі несправності в роботі шестеренних насосів</i> :.....	80
9.5. Перевірка якості подачі мастильних матеріалів та продуктів зношування в мастилі.....	81

Операції з контролю надходження мастильного матеріалу визначаються способом його подання до деталей механізму. При цьому перевіряють:	81
9.6. Ущільнення рухомих з'єднань.....	82
Усі системи ущільнень ділять на:.....	82
9.6.1. Контактні ущільнення	82
9.6.2. Безконтактні ущільнення	83
9.6.3. Комбіновані ущільнення	84
9.6.4. Ущільнення нерухомих з'єднань	84
9.7. Порушення змащування як причина відмов обладнання.....	85
Основні причини ушкоджень при порушенні змащування [2 , 3]:.....	85
Перелік посилань	87
Запитання для контролю.....	87
10. Правила технічної експлуатації типових деталей, вузлів та механізмів.....	87
10.1. Фундаменти.....	87
Встановлення обладнання на фундаменті включає:	87
Під час огляду перевіряти:.....	88
10.2. Різьбові з'єднання.....	88
Для попередження самовідгвинчування різьбових з'єднань обов'язково застосовують один із способів стопоріння :.....	88
10.3. Шпонкові з'єднання.....	89
Контроль шпонкових з'єднань виконують систематично під час проведення ТОіР обладнання, при цьому перевіряють:.....	89
10.4. Сполучні муфти.....	89
При прийманні та здачі змін необхідно переконатися у відсутності:	89
Ревізію з'єднувальних муфт необхідно проводити під час планових зупинок обладнання на ремонт у наступні терміни:	89
При ревізії слід перевіряти:	90
При ревізії зубчастих муфт необхідно:	90
Поперечно- звертні , втулково-пальцеві та в муфти з проміжним диском підлягають <i>центруванню</i> , якщо:.....	90
10.5. Гальмівні пристрої.....	91
При прийманні та здачі змін перевіряють:	91
Протягом зміни необхідно:	91
Періодичні огляди гальм проводять не рідше одного разу на 30-45 днів, при цьому додатково перевіряють:.....	91
Фрикційний матеріал колодок (стрічок) повинен прилягати до гальмівного шківу не менше ніж на 80% загальної поверхні контакту, інакше необхідно:	92
10.6. Підшипники кочення.....	92

<i>При прийманні та здачі зміни обов'язковому огляду підлягають:</i>	92
<i>При ревізії слід перевіряти:</i>	93
10.7. Підшипники ковзання.....	93
<i>При прийманні та здачі змін обов'язковому огляду підлягають:</i>	93
<i>При ревізії додатково:</i>	93
<i>Ревізію підшипників слід проводити під час зупинки на ревізію механізмів, у яких вони встановлені, при цьому потрібно перевіряти:</i>	93
<i>Бабітові вкладиші підлягають перезаливанню з наступним припасуванням по шийці валу при виявленні одного з наступних дефектів:</i>	94
10.8. Зубчасті передачі та редуктори	94
<i>При прийманні та здачі змін слід перевіряти:</i>	94
<i>При картерному мастилі необхідно підтримувати такий рівень олії, щоб:</i>	95
<i>При ревізії перевіряють:</i>	95
10.9. Ланцюгові передачі.....	96
<i>При прийманні та здачі змін під час огляду перевіряють:</i>	96
<i>При прийманні та здачі змін під час огляду перевіряють:</i>	96
<i>При цьому, промивши передачу, перевіряють:</i>	96
10.10. Гідравлічні та пневматичні циліндри.....	96
<i>При прийманні та здачі змін :</i>	96
<i>Протягом зміни :</i>	97
<i>Ревізії та ремонти слід проводити при необхідності, але не рідше одного разу на рік. При цьому необхідно:</i>	97
10.11. Інші типові елементи обладнання	97
Перелік посилань	98
Запитання для контролю.....	98

Вступ

У більшості випадків місією сучасного підприємства (фірми) вважається виробництво продукції (послуг) для задоволення потреб ринку та отримання максимально можливого прибутку [1].

Для промислового підприємства виконання зазначеного досягається у вигляді виробництва конкурентоспроможної продукції шляхом реалізації заданого технологічного процесу. Можливість виконання останнього з мінімальними витратами та на необхідному рівні якості багато в чому визначається технічним станом устаткування, що експлуатується.

Необхідними умовами нормального протікання виробничих процесів на підприємстві слід вважати: постійне підтримання в робочому стані машин і обладнання, інших засобів праці [1]. Забезпечення працездатного стану машин та механізмів - основне завдання ремонтної служби (РС) промислового підприємства, яка досягається за рахунок своєчасного та якісного проведення технічного обслуговування та ремонтів (ТОіР) [2].

Ремонтне обслуговування виробництва здійснюється РС у рамках прийнятої на підприємстві системи ТОіР . Організація ефективної системи ТОіР , що відповідає високим вимогам, що висуваються сучасними ринковими умовами, є *актуальною* завданням, вирішення якої нагально необхідне забезпечення конкурентоспроможності підприємства.

Відповідно до сучасної концепції загальновиробничого обслуговування обладнання ряд функцій з технічного обслуговування (ТО) покладається на технологічний персонал, що безпосередньо експлуатує обладнання.

Метою даного курсу є підвищення кваліфікації технологічного персоналу промислових підприємств з метою забезпечення можливості повноцінного та якісного виконання операцій з ТО обладнання шляхом навчання основ управління виробничими активами, технічної діагностики, слюсарної справи, а також правил технічної експлуатації механічного обладнання.

У загальному випадку курс розрахований на 28 годин теоретичного навчання та 2 години практичного тренування дій щодо виконання технічного обслуговування закріпленого обладнання для кожного слухача ([таблиця 1](#)). Навчання завершується кваліфікаційним іспитом, який включає перевірку знань в обсязі навчальної програми.

Таблиця 1 - Тематичний план навчання

Номер теми	Найменування теми	Кількість годин
1	Система технічного обслуговування та ремонтів обладнання	2
2	Поняття про технічне обслуговування обладнання	2
3	Сучасні концепції технічного обслуговування обладнання	2
4	Загальні відомості про механічне обладнання	2
5	Методи оцінки технічного стану обладнання	2
6	Органолептичні методи оцінки технічного стану обладнання	2
7	Види зношування та поломок деталей	2
8	Складання вузлів та механізмів	4
9	Масило металургійних машин	4
10	Правила технічної експлуатації типових деталей, вузлів та механізмів	6
		28
Тренінг	Дії щодо виконання технічного обслуговування закріпленого обладнання	по 2 на кожного слухача

Перелік посилань

1. Економіка підприємства: Підручник/За заг. ред. д.е.н., проф. С.Ф. Покропивного . - К.: КНЕУ, 2003. - 608 с.
2. [Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт](#) / В.І. Бобровицький . [В.А. Сидорів](#) . - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.

1. Система технічного обслуговування та ремонтів обладнання

1.1. Система технічного обслуговування та ремонтів обладнання підприємства

Під системою *ТОiP* мається на увазі сукупність взаємозалежних засобів, документації та виконавців, необхідних для підтримки та відновлення якості виробів, що входять до цієї системи [1].

Як цілі системи *ТОiP* визначені такі [2]:

- підтримка обладнання у працездатному стані протягом усього терміну експлуатації;
- забезпечення надійної роботи устаткування;
- забезпечення продуктивності та якості продукції, що випускається;
- виконання вимог щодо охорони праці та захисту навколишнього природного середовища.

Організація системи *ТОiP* підприємства здійснюється на основі прийняття (явним чином або відповідно до практики) рішень з наступних *фундаментальних питань* (рисунок 1.1):

- вибір стратегії *ТОiP* обладнання;
- визначення методу організації ремонтного обслуговування виробництва;
- розробка критеріїв оцінки ефективності ремонтного обслуговування виробництва.

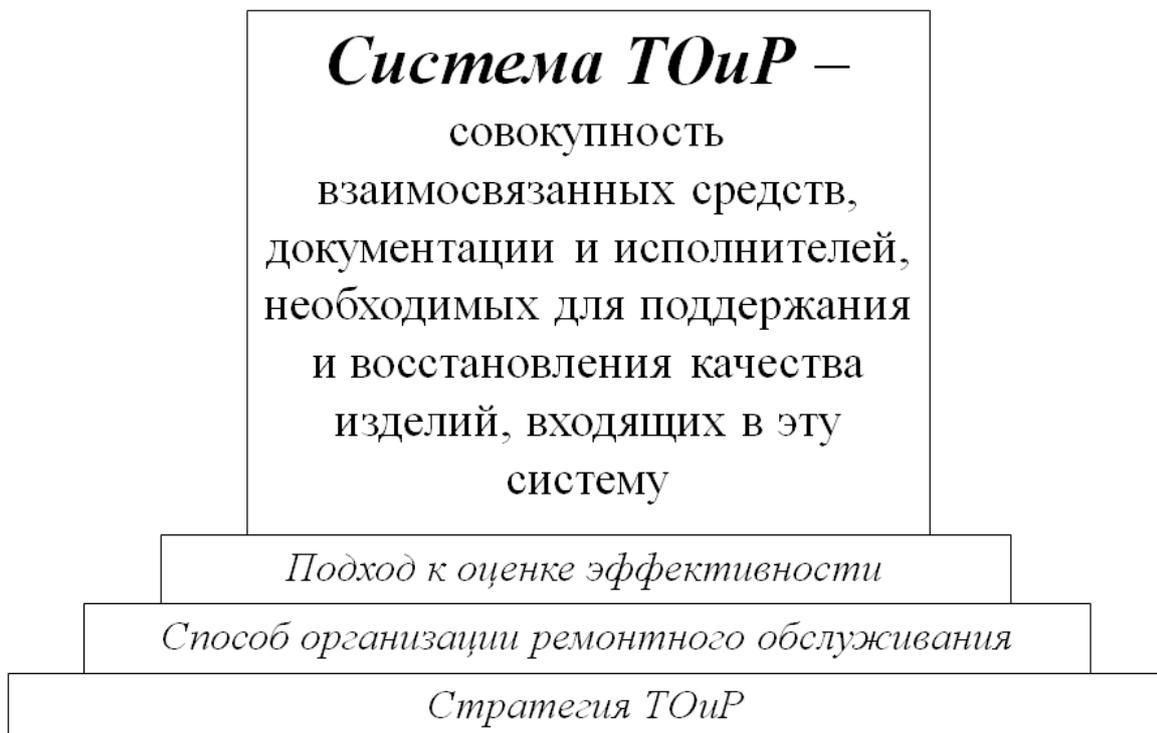


Рисунок 1.1 - Фундаментальні питання при організації системи *ТОiP*

1.2. Стратегії технічного обслуговування та ремонтів обладнання

Під *стратегією ТОіР* мається на увазі узагальнююча модель дій, необхідних для досягнення поставлених цілей шляхом координації та розподілу відповідних ресурсів підприємства [3]. Фактично, стратегія ТОіР є набір правил прийняття рішень, якими ремонтна служба (РС) підприємства керується в своїй діяльності із забезпечення працездатності устаткування.

Коротка характеристика основних стратегій ТОіР наведена у таблиці 1.1 [4].

Таблиця 1.1 - Коротка характеристика основних стратегій ТОіР

Модель інформаційного забезпечення	Характер здійснюваних заходів	
	Реактивні	Превентивні
СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ (на основі ймовірнісних, статистичних показників)	<i>I. Експлуатація повністю</i> : * максимальне використання ресурсу обладнання; + Мінімальні витрати на утримання РС; - Відмови і витрати з ліквідації аварій великі і непередбачувані.	<i>II. Планово-попереджувальні ремонти (ППР)</i> : * фіксована ймовірність аварійних відмов; + Найкращі умови для планування ТОіР ; - Значні витрати на ТОіР через заміну працездатних вузлів та деталей.
ДЕТЕРМІНОВАНА МОДЕЛЬ (на основі відомостей про фактичний технічний стан (ТС) обладнання)	<i>III. По ТС</i> : * інформаційне забезпечення процесу прийняття рішень про ТОіР ; + Близьке до повного використання ресурсу обладнання; - Низька ефективність при довгостроковому плануванні ресурсів;	<i>IV. Проактивна</i> : * активна попереджувальна дія на ТЗ обладнання; + Збільшення терміну служби обладнання; + Іраціональний вибір часу, видів та обсягів ТОіР ;
	+ Мінімальна ймовірність аварійних відмов; - Високі вимоги до культури праці та кваліфікації персоналу.	

Під *реактивними* маються на увазі стратегії ТОіР , необхідність ремонтних впливів в яких обумовлюється настанням деякої критичної в рамках цієї стратегії події (відмови, досягнення граничних величин параметрів, що регламентуються). *Превентивні* стратегії ТОіР спрямовані на попередження виникнення критичної події та характеризуються можливістю здійснення попереднього планування та підготовки ТОіР (замовлення ремонтних бригад, матеріально-технічного забезпечення) на противагу реактивним стратегіям, коли необхідність проведення ТОіР , а, відповідно, та забезпечення їх підготовки, до настання критичної події непередбачувані.

Історично першою (як найменш вимоглива до рівня організації та культури праці) склалася *стратегія експлуатації повністю* , яка передбачає здійснення операцій з ТОіР обладнання для досягнення критичного стану, яке, як правило, характеризується неможливістю виконання заданих функцій, тобто втратою працездатності. До основних переваг цієї стратегії ТОіР слід віднести найбільшу

тривалість міжремонтного періоду, що відповідає терміну служби обладнання, та мінімальні витрати на утримання ремонтної служби, домінуючою функцією якої в цьому випадку стає відновлення працездатності обладнання після виходу його з ладу. З іншого боку, відсутність можливості планування ресурсів (фінансових, часових, робочої сили та інших), необхідних для виконання ТОіР, призводить до значного збільшення тривалості останніх і підвищених витрат на ліквідацію аварій, зокрема до витрат виробництва. Створення складських запасів товарно-матеріальних цінностей, зазвичай, перестало бути задовільним рішенням, оскільки тягне за собою зниження ліквідності підприємства. Обсяг таких запасів у ряді випадків (особливо у галузях, де використовується унікальне одиничне обладнання) перевищує економічно обґрунтовані межі. Незважаючи на зазначені недоліки, *у разі недорого резервованого, а також типового обладнання, відмова якого не надає критичного впливу на технологічний процес, не становить небезпеки для довкілля, здоров'я та життя людини*, дана стратегія успішно застосовується і досі.

У першій половині ХХ століття зі зростанням серійності виробництва та підвищенням продуктивності промислових підприємств втрати в результаті відмов обладнання набули критичного значення. На зміну стратегії експлуатації вцент прийшла *стратегія ППР або ремонтів за регламентом*, що передбачає превентивні ТОіР на підставі статистичних відомостей про термін служби обладнання. Зниження кількості аварійних відмов відноситься до основних переваг цієї стратегії, хоча ймовірність їх виникнення не виключається повністю, а фіксується в межах, що задаються. Стратегія ППР забезпечує найкращі умови для планування ресурсів, «проте основний недолік ППР переважає всі його переваги, він полягає у проведенні ремонтів фактично справного обладнання, а також примусовій заміні деталей незалежно від їхнього залишкового ресурсу (у складному обладнанні різниця ресурсів окремих деталей може сягати 500%). Усе це призводить до невиправданого зростання експлуатаційних витрат. До недоліків ППР також слід віднести зниження залишкового ресурсу обладнання та збільшення ймовірності відмови при введенні в роботу після ремонту»[5]. Ця стратегія забезпечила найкращу інтеграцію в рамках планової економіки і дозволила усунути ряд недоліків стратегії експлуатації, що історично склалася раніше, до відмови. ***Більше повне використання ресурсу устаткування досягалося за рахунок зниження ймовірності пошкодження деталей з потенційно великим ресурсом***, що могло мати місце під час виходу з експлуатації елементів, визначали термін служби устаткування загалом під час експлуатації повністю. В даний час стратегія ППР продовжує використовуватися на багатьох підприємствах, насамперед, для відповідального обладнання та обладнання, вихід якого з ладу може становити небезпеку для довкілля, здоров'я та життя людини. В інших випадках стратегія ППР застосовується найчастіше лише декларативно, що зумовлено зростанням вимог до ефективності системи ТОіР підприємства в умовах ринкової економіки.

На межі 70-80-х років ХХ століття у ремонтному обслуговуванні виробництва знайшла застосування мобільна та переносна вібровимірювальна апаратура, що дозволяє здійснювати вібромоніторинг обладнання на основі частотного аналізу. У той же час відбувався прискорений розвиток теорії надійності та досліджень у галузі експлуатаційних властивостей обладнання. Все це зумовило виникнення нової науково-прикладної галузі знань - *технічної діагностики*, досягнення якої були використані як основа для реалізації стратегії ТОіР по МС [6]. В першу чергу, стратегія ТОіР по МС спрямована на усунення недоліків стратегії ППР, що історично передувала їй, а саме на **зниження кількості необґрунтованих ремонтних впливів з метою максимального використання ресурсу обладнання**. При застосуванні цієї стратегії рахунок моніторингу ТЗ ймовірність аварійних відмов устаткування зводиться до можливого мінімуму. Девіз цієї стратегії звучить так: *«Обладнання має бути зупинено на ремонт за мить до передбачуваного виходу з ладу»*. Зменшення витрат на ТОіР обладнання, мінімізація кількості непланових відмов, зниження кількості планових простоїв, зумовлених монтажньо-складальними операціями, — незаперечні переваги, які супроводжують запровадження стратегії ТОіР щодо МС. Стратегія ТОіР щодо МС висунула нові вимоги до рівня культури праці. У рамках ремонтних служб та контролюючих органів виділяються підрозділи технічної діагностики, збільшується значення особистого професіоналізму, кваліфікації та досвіду робітників, керівників та спеціалістів. З іншого боку, оскільки регламентація ТОіР обумовлюється стохастичним фактором – фактичним транспортним засобом обладнання – знижується ефективність довгострокового планування ресурсів (орієнтовний термін попередження відмов, а отже і планування проведення ТОіР у разі використання засобів технічної діагностики переважно не перевищує двох-трьох місяців).

З метою забезпечення високих показників працездатності обладнання промислових підприємств останнім часом все більшої популярності набуває *проактивна стратегія* ТОіР. Аналіз, проведений у роботі [4], дозволяє визначити проактивну стратегію ТОіР як найбільш ефективну та доцільну для впровадження у сучасних економічних умовах. Проактивна стратегія поєднує в собі переваги превентивних ремонтних впливів системи ППР та інформаційне забезпечення процесу прийняття рішень, характерне для ТОіР по ТЗ обладнання.

1.3. Проактивна стратегія технічного обслуговування та ремонтів обладнання

Сутність Проактивної стратегія ТОіР обладнання полягає у виконанні необхідних ремонтних впливів, спрямованих на зниження швидкості розвитку або усунення несправностей, які виявлені на основі відомостей про фактичний **ТС** обладнання.

Теоретичні основи Проактивної стратегії ТОіР обладнання постулюють, що спочатку всі види несправностей присутні в зародковому або явному вигляді у всіх машинах, що пускаються в експлуатацію. Різні фактори, що супроводжують

експлуатацію (проектні та непроєктні навантаження, вплив факторів навколишнього середовища та прилеглого обладнання, умови експлуатації, проведення ТОіР та інші), тією чи іншою мірою призводять до розвитку різних видів несправностей. Визначальний вплив сукупності факторів викликає прискорений розвиток однієї або кількох несправностей, що стають детермінуючими по відношенню до працездатності машини. Вибираючи ремонтні дії таким чином, щоб зменшити вплив визначальних факторів, можна зменшити швидкість розвитку несправностей, підтримуючи працездатний стан машини. Раціональний вибір та якісна реалізація **цих і лише цих** ремонтних впливів є завданням РС. [4]

Проактивна стратегія ТОіР (рисунок 1.2) базується на *оцінці ТС обладнання* , яке може здійснюватися такими методами:

- моніторинг технологічних параметрів;
- візуальний огляд;
- контроль температури;
- акустична та вібраційна діагностика;
- обстеження із застосуванням методів неруйнівного контролю (магнітного, електричного, вихрострумове , радіохвильового, теплового, оптичного, радіаційного, ультразвукового, контролю проникаючими речовинами).

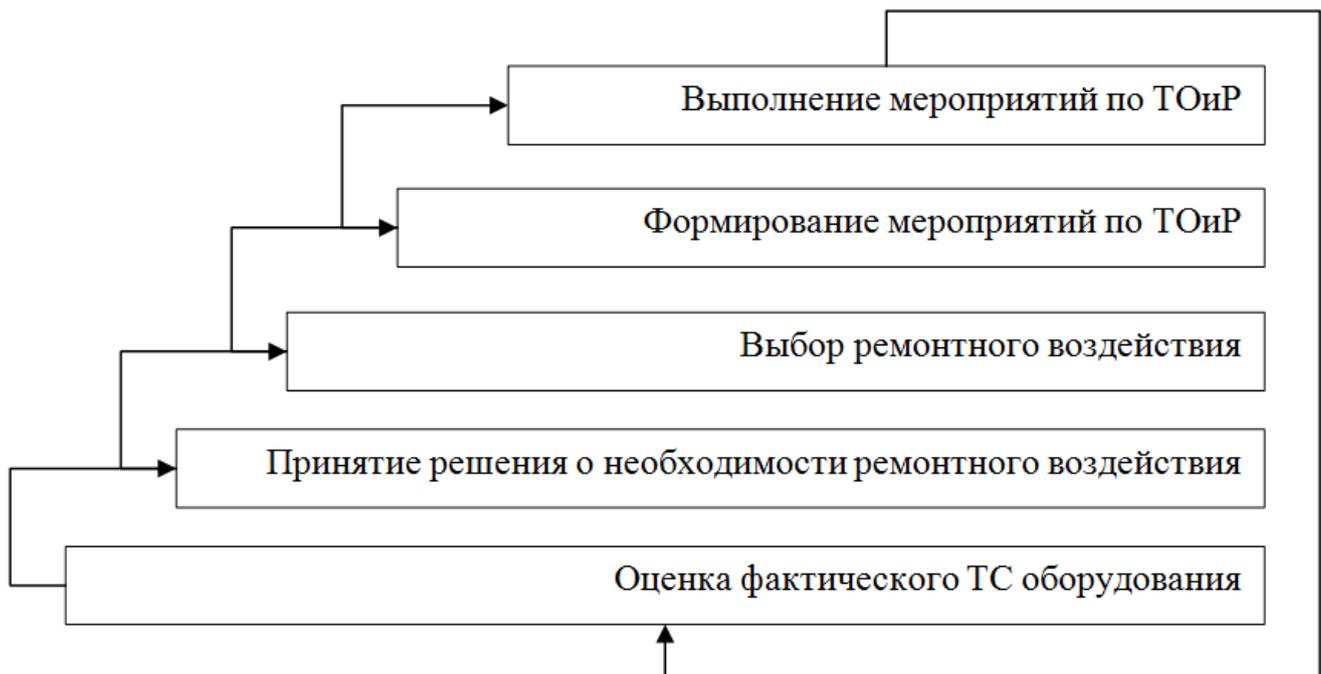


Рисунок 1.2 - Ремонтне обслуговування обладнання в рамках проактивної стратегії ТОіР

Підставою для ухвалення *рішення про необхідність виконання ремонтного впливу* є ситуація, коли ТС одного елемента (деталі, вузла, механізму) обладнання призводить до погіршення ТС суміжних (просторово та/або функціонально) елементів.

Перелік можливих *ремонтних впливів* :

- догляд за обладнанням (прибирання, очищення, протикорозійне оброблення);
- регулювання , налаштування, налагодження (центрування, балансування);

- забезпечення з'єднань (відновлення цілісності зварних швів, затягування різьбових з'єднань);
- змащування поверхонь тертя;
- заміна швидкозношуваних деталей;
- відновлення чи заміна базових деталей, у тому числі корпусних.

Ремонтні впливи здійснюються в рамках наступних груп заходів щодо ТОіР обладнання :

1. *Профілактичне технічне обслуговування* - комплекс заходів, що проводяться періодично, які спрямовані на попередження або зниження швидкості розвитку дефектів шляхом забезпечення проектних умов взаємодії вузлів обладнання (очищення від технологічних відходів, продуктів зношування, корозії, опадів, відкладень та інші; видалення пилу, бруду, олії, шлаку, окалини, просипу сировини, сміття та інші, доливання, дозаправка робочих рідин, досипка, заміна витратних матеріалів);
2. *Коригувальне технічне обслуговування* - комплекс заходів, що проводяться за необхідністю, які спрямовані на запобігання або зниження швидкості розвитку дефектів шляхом забезпечення проектних умов взаємодії вузлів обладнання (регулювання та налагодження обладнання, у тому числі центрування, балансування; відновлення з'єднань деталей, забезпечення цілісності металоконструкцій та трубопроводів; відновлення покриттів, фарбування та інші).
3. *Прогностичне технічне обслуговування* - комплекс заходів, спрямованих на встановлення фактичного ТС обладнання з метою прогнозування його зміни в процесі подальшої експлуатації та виявлення найбільш доцільного моменту застосування та необхідних видів ремонтних впливів (вимірювання технічних та технологічних параметрів, відбір проб; контроль, випробування, перевірка режимів роботи обладнання, контроль ТС обладнання, у тому числі методами технічної діагностики, дефектоскопія методами неруйнівного контролю, технічний огляд обладнання, огляд, обстеження, ревізія та інші).
4. *Поточний ремонт* - комплекс заходів, спрямованих на забезпечення працездатності обладнання шляхом заміни або відновлення окремих його вузлів, які не є базовими, крім змінного обладнання.
5. *Капітальний ремонт* - комплекс заходів, спрямованих на забезпечення працездатності обладнання шляхом заміни або відновлення його базових вузлів і деталей.

Вибір проактивної стратегії ТОіР дозволяє забезпечити :

- збільшення строку служби обладнання за рахунок зниження швидкості розвитку або усунення несправностей, що зароджуються, на початковій стадії їх виникнення;
- виключення вторинних пошкоджень елементів обладнання, викликаних виходом з ладу суміжних (просторово та/або функціонально) елементів;

- обґрунтування та виконання лише необхідних ремонтних впливів, що зменшує витрати та навантаження на РС, а також знижує ймовірність виникнення відмов, викликаних помилками монтажу та втручанням у функціонування працездатного обладнання;
- скорочення витрат на ремонтне обслуговування виробництва, обумовлене зміною структури ТОіР на користь збільшення кількості недорогих профілактичних впливів замість витратних ремонтних операцій (заміна, відновлення);
- раціональний вибір часу, видів та обсягів ТОіР внаслідок ранніх термінів попередження виникнення несправностей при використанні методів та засобів технічної діагностики та неруйнівного контролю;
- зниження ймовірності аварійних відмов, зумовлених незадовільним ТС обладнання;
- підвищення коефіцієнта готовності обладнання, що забезпечує можливість збільшення обсягів виробництва та зниження собівартості продукції;
- формування довіри до виробника з боку споживача за рахунок своєчасного виконання договірних зобов'язань та покращення якості продукції як комплексний результат підвищення культури праці.

1.4. Способи організації ремонтного обслуговування виробництва

Спосіб організації ремонтного обслуговування виробництва обумовлює структуру РС підприємства, що безпосередньо впливає на ефективність системи ТОіР в цілому.

Класичні способи організації РС [7] характеризуються діапазоном форм від децентралізованої до централізованої, які відрізняються ступенем концентрації управління силами та засобами в рамках єдиної спеціалізованої структури на підприємстві (рисунок 1.3).

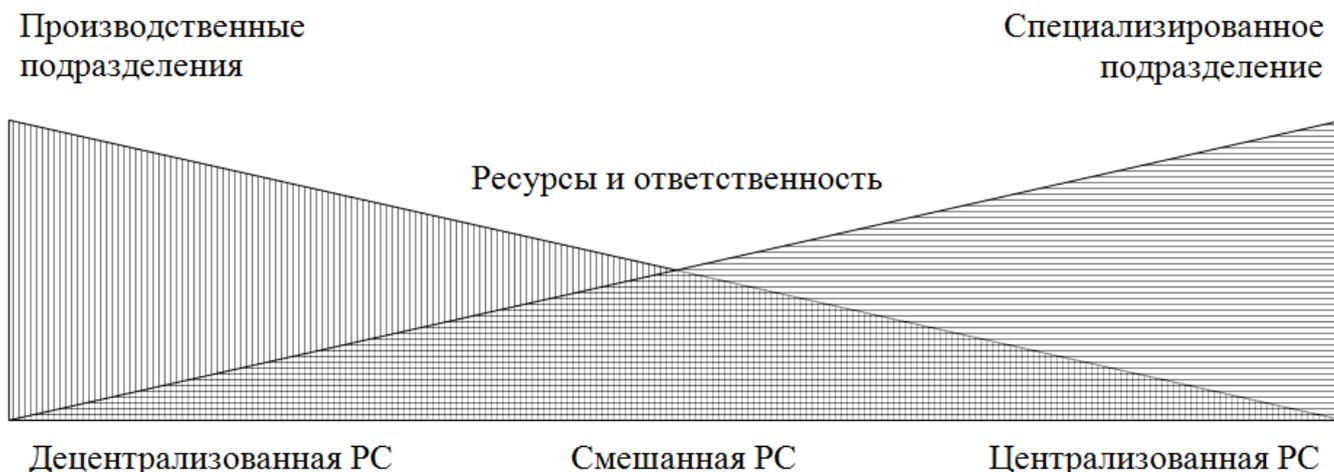


Рисунок 1.3 - Класичні способи організації ремонтного обслуговування виробництва

Спосіб організації ремонтного обслуговування, що характеризується розподілом сил та засобів РС між виробничими підрозділами підприємства, називається *децентралізованим* .

Централізована організація РС має на увазі наявність спеціалізованої структури у складі підприємства, на яку покладено весь обсяг функцій по ТОiP обладнання виробничих та допоміжних підрозділів, а також несе всю повноту відповідальності за забезпечення працездатності обладнання.

Спосіб побудови РС на основі широкого діапазону проміжних форм, що відрізняються різним ступенем централізації, називається *змішаним*.

Найбільш поширеними на вітчизняних підприємствах є змішані форми організації РС, тоді як закордонна практика свідчить про високу ефективність централізованих форм ТОiP обладнання [4], у тому числі побудови системи ТОiP на основі альтернативних способів організації РС.

Альтернативні способи організації ремонтного обслуговування виробництва (Рисунок 1.4) мають на увазі залучення зовнішніх ресурсів (сил і засобів) для забезпечення та виконання ТОiP обладнання підприємства. Залежно від ступеня використання ресурсів зовнішніх підприємств та передачі їм відповідної відповідальності за забезпечення працездатності обладнання розрізняють *підрядний* та *сервісний* способи виконання робіт з ТОiP .

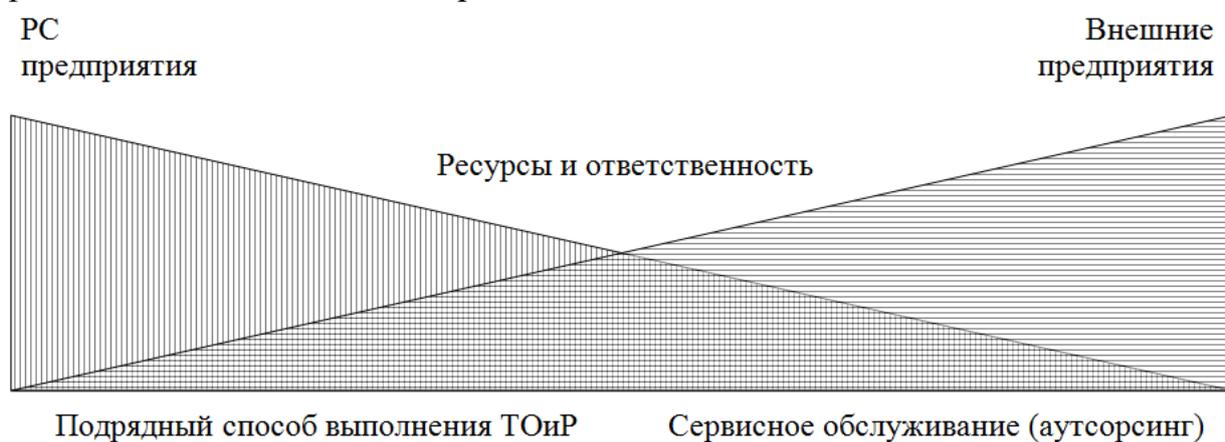


Рисунок 1.4 – Альтернативні способи організації ремонтного обслуговування виробництва

Для забезпечення необхідного рівня результативності системи ТОiP обладнання поширене спільне використання класичних та альтернативних способів організації ремонтного обслуговування виробництва на підприємстві.

1.5. Критерії оцінки ефективності ремонтного обслуговування виробництва

Оцінка ефективності ремонтного обслуговування виробництва виконується виходячи з критеріїв, прийнятих для підприємства. Дійсна система критеріїв дозволяє здійснювати аналіз як фактичної результативності наявної системи ТОiP , а й оперативно виявляти її недоліки, визначати шляхи подальшого вдосконалення та розвитку.

Розрізняють технічні та економічні підходи до оцінки ефективності РС підприємства. *Технічні підходи* [8] відрізняються переважною спрямованістю на оцінку критеріїв, що характеризують працездатність обладнання, можливість його

використання для реалізації заданого технологічного процесу. *Економічні підходи* [9] дозволяють виконувати оцінку результативності РС шляхом зіставлення витрат на ТОiP та втрат виробництва, обумовлених ТС обладнання.

В даний час питання узагальненої *техніко-економічної* оцінки ефективності ремонтного обслуговування виробництва, яка б дозволяла виконувати комплексний аналіз результативності системи ТОiP обладнання, слід віднести до розряду опрацьованих недостатньо, що залишає підприємствам простір для вироблення власних підходів до його вирішення. Зазначене, наприклад, зроблено у роботах [10, 11].

Необхідно окремо звернути увагу на поширену помилку. Для оцінки ефективності системи ТОiP неприпустимо використання критеріїв, що характеризують діяльність, що здійснюється РС (обсяги виконуваних робіт: у кількісних, часових, натуральних, вартісних та інших подібних показниках). Інтенсивність виконання ремонтних робіт найчастіше не свідчить про досягнення основної мети ремонтного обслуговування виробництва – забезпечення працездатності обладнання. Оцінка ефективності системи має виконуватися виходячи з зовнішніх, а не внутрішніх показників її роботи.

Тільки дієва методика оцінки ефективності ремонтного обслуговування виробництва дозволяє якісно виконати аналіз системи ТОiP , результативності діяльності РС, забезпечити інформаційний супровід процесу прийняття рішень.

1.6. Аварійність

Аварії промислового обладнання призводять до переривання технологічного процесу, що супроводжується неминучими матеріальними втратами, а також може бути причиною техногенних катастроф та загибелі людей. Забезпечення працездатності обладнання з переходом від усунення наслідків аварій до запобігання їх причинам є основним завданням РС підприємства.

Для оцінки аварійності устаткування може бути обрані експлуатаційні (сумарний час простоїв) чи економічні (втрати виробництва, вартість ліквідації аварій) показники. При цьому в загальному випадку для підприємства доцільно оцінювати не абсолютні величини, а динаміку зміни обраних параметрів у часі.

З іншого боку, інтерес може представляти порівняльний аналіз зважених показників аварійності (припустимо, суми втрат виробництва та вартості ліквідації аварій за деякий референтний період, віднесеної до суми витрат на ТОiP обладнання) підприємств галузі для виявлення найбільш ефективних форм організації та методів удосконалення РС.

Оцінка показників аварійності може бути успішно використана як індикатор ефективності заходів щодо реформування РС для оцінки впроваджуваних технічних та організаційних рішень. На основі порівняння економічних втрат від аварій та

коштів, що виділяються на фінансування РС, можуть бути встановлені їх оптимальні обсяги. Те саме справедливо і для оцінки чисельності ремонтного персоналу.

Положення та системи, що визначають порядок розслідування аварій на промислових підприємствах, зазвичай розробляються на підставі «Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, профзахворювань та аварій на виробництві», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №1112 від 25.08.2004р . Однак часто невирішеною залишається головне завдання. Мова йде про повноцінне та ефективне використання отриманої в ході розслідування інформації, причому не стільки для усунення, скільки для запобігання подальшим аваріям на тому ж чи однотипному обладнанні.

Розслідування аварії передбачає поетапне вирішення наступної послідовності завдань:

1. *Збір фактичної інформації* про подію та оперативні дії персоналу, візуальний огляд місця та об'єкта аварії.
2. *Вивчення* технологічних та технічних характеристик об'єкта аварії.
3. *Аналіз історії* об'єкта (аналогічних аварій, проведених робіт з технічного обслуговування та ремонтів).
4. *Формування робочої гіпотези* , проведення додаткових досліджень за потребою (якщо додаткові дослідження спростовують гіпотезу, висувається нова, достовірність якої піддається перевірці).
5. *Визначення причин* аварії, які супроводжували її технічних чинників, винних (розвиток підтвердженої робочої гіпотези).
6. *Розробка* протиаварійних заходів .
7. *Моніторинг* виконання протиаварійних заходів .

Отримана інформація може бути використана при вирішенні низки технічних та технологічних питань, питань матеріального постачання, управління персоналом, розвитку РС.

Доцільним є виконання таких видів аналізу:

- *причинно-факторний* , який полягає у виявленні характерних проблем підприємства (наприклад, недостатня кваліфікація експлуатаційного персоналу, відсутність стабільного та своєчасного матеріально-технічного забезпечення, невідповідність обсягів та періодичності ремонтів обладнання інтенсивності його експлуатації та інші);
- *просторовий* , метою якого є визначення «вразливих місць» як окремих машин, так і агрегатів, комплексу обладнання підприємства загалом;
- *тимчасовий*, який спрямований на виявлення сезонних закономірностей, циклічності аварійних ситуацій, тенденцій та прогнозів їх виникнення.

Результати проведеного аналізу є підставою для розробки заходів, спрямованих не тільки і не стільки на боротьбу з наслідками аварій, але більшою мірою на усунення причин та запобігання можливості повторення надалі. [12]

Перелік посилань

1. ГОСТ 18322-78. Система технічного обслуговування та ремонту техніки. Терміни та визначення. - М.: Стандартінформ, 2007. - 12 с.
2. Проект « Положення про технічне обслуговування та ремонт механічного обладнання металургійних підприємств » (перша редакція) [Державний інститут праці та соціально-економічних досліджень: Ж. Водоп'ян, Л. Гончарук, В. Коваль, Т. Сиркіна (к.е.н., керівник розробки), Л. Тарасенко, В. Шевченка]. - Харків: ГІТ СЕІ, 2011. - 204 с.
3. Бізнес-школа SRC: Глосарій. - <http://www.src-master.ru/glossary.php>.
4. Бобровицький В.І., Сидоров О.В. Удосконалення системи ТОіР обладнання за умов централізації ремонтної служби підприємства // Вібрація машин: вимір, зниження, захист. - Донецьк: ДонНТУ, 2011. - №1 (24). - С. 23-28.
5. Холоденін А.А. Порівняння стратегій технічного обслуговування електроустаткування // Матеріали X регіональної науково-технічної конференції «Вузівська наука - Північно-Кавказькому регіону». - Ставрополь: СевКавГТУ, 2006.
6. Ловчиновський Е.В. Реорганізація системи технічного обслуговування та ремонту підприємств. - М.: Серія «Реінжиніринг бізнесу», 2005. - 385 с.
7. Ширман А.Р., Соловійов А.Б. Практична вібродіагностика та моніторинг стану механічного обладнання. - М.: Москва, 1996. - 276 с.
8. ОЕЕ. - <http://ua.wikipedia.org/wiki/ОЕЕ>.
9. Ченців Н.А. Організація, управління та автоматизація ремонтної служби: Підручник / За ред. д-ра техн. наук, проф. В.Я. Седуша, Донецький національний технічний університет. - Донецьк: Норд-Прес-УНІТЕХ, 2007. - 258 с.
10. Технічне обслуговування та ремонт обладнання. Рішення НКМК-НТМК-ЄВРАЗ: Навч. посібник / За ред. В.В. Кондратьєва, Н.Х. Мухатдінова, А.Б. Юр'єва. - М.: ІНФРА-М, 2010. - 128 с.
11. Сидоров А.В. Оцінка ефективності ремонтного обслуговування виробництва / Консалтинговий проект «ЕАМ». - <http://eam.su/ocenka-effektivnosti-remontno-obsluzhivaniya-proizvodstva.html>.
12. Сидоров А.В. Аварійність як показник ефективності ремонтної служби підприємства / Консалтинговий проект «ЕАМ». - <http://eam.su/avarijnost-kak-pokazatel-effektivnosti-remontnoj-sluzhby-predpriyatiya.html>.

Запитання для контролю

1. Дайте визначення, назвіть цілі та основні складові системи ТОіР обладнання.
2. Дайте коротку характеристику основних стратегій ТОіР обладнання.
3. У якій послідовності здійснюється ремонтне обслуговування обладнання в рамках проактивної стратегії ТОіР ?
4. Наведіть класифікацію основних засобів організації ремонтного обслуговування виробництва.

5. За якими критеріями можна оцінити ефективність ремонтного обслуговування виробництва?
6. Які завдання дозволяє вирішити аналіз аварійності для підприємства?

2. Поняття про технічне обслуговування обладнання

2.1. Технічне обслуговування як ключова ланка у забезпеченні безпечної та безаварійної експлуатації обладнання

ТО - комплекс операцій або операція з підтримки справного стану або працездатності обладнання під час використання його за призначенням, під час простою, зберігання та транспортування. [1]

Метою ТО обладнання є підтримка технічно справного його стану, попередження передчасного зношування обладнання та його складових частин, забезпечення виконання вимог нормативних актів з охорони праці та навколишнього природного середовища. [2]

Досягається мета ТО шляхом [1]:

- проведення регулярних технічних оглядів та технічних обстежень, визначення на їх підставі робіт, необхідних для підтримки працездатності устаткування;
- належного догляду за обладнанням, а також суворим дотриманням правил технічної експлуатації (ПТЕ), виробничо-технологічних інструкцій (ВТІ);
- виконання щозмінних та періодичних ТО;
- контролю своєчасності та якості проведення робіт з ТО;
- проведення експертного технічного діагностування та технічного огляду (у випадках, передбачених нормативно-правовими чи нормативно-технічними актами з експлуатації обладнання, обов'язково).

Основні принципи організації та проведення ТО наведено в [2].

Технологічний персонал здійснює роботи з ТО устаткування в рамках робочих місць, закріплених розпорядженням начальника підрозділу.

Робоче місце - частина території підрозділу з обладнанням, будівлями, спорудами та іншими об'єктами, що знаходяться в її межах, де здійснюються трудові дії з виконання виробничого завдання одним або декількома працівниками. [3]

2.2. Завдання технологічного персоналу з технічного обслуговування закріпленого обладнання відповідно до «Правил технічної експлуатації механічного обладнання»

До роботи з ТО механічного обладнання *допускаються* особи [4]:

- визнані медичною комісією придатними до виконання робіт з професії;
- які мають необхідними знаннями та виробничими навичками для виконання даної роботи;

- засвоїли ПТЕ устаткування, обслуговуваного особами цієї професії;
- що пройшли інструктаж та засвоїли вимоги Правил з охорони праці в установленому порядку;
- минулі навчання, які склали іспит і мають посвідчення на право роботи з даної професії.

Технологічний персонал, який проводить ТО механічного обладнання, проходить **обов'язкове навчання професії слюсаря** та інших ремонтних професій у встановленому порядку. Особи, які не склали кваліфікаційних іспитів, до роботи не допускаються. [4]

Робочий технологічного персоналу, що обслуговує обладнання, несе відповідальність за дотримання режимів роботи та справність експлуатованого та закріпленого за ним обладнання, в рамках чого *зобов'язаний* :

1. Знати пристрій, принцип дії та виконувати ПТЕ, ВТІ експлуатованого та закріпленого за ним обладнання.
2. Перед початком зміни:
 - особисто перевіряти стан закріплених за ним агрегатів (машин) та усувати виявлені несправності;
 - приймати та передавати (по закінченні зміни) обладнання у робочому стані, чистим, змащеним, з обтягнутим кріпленням; приймання-передачу фіксувати в журналі з підписами того, хто здає та приймає.
3. Під час роботи:
 - виконувати ПТЕ та ВТІ, не допускати перевантаження агрегату (машин);
 - вживати заходів і усувати проблеми, що виникли в процесі роботи і несправності;
 - здавати в ремонт, брати участь у ремонті та приймати закріплений агрегат після ремонту, вести журнал прийому-здавання зміни, в якому відобразити ТС обладнання; про всі несправності, порушення експлуатації, відхилення в режимах роботи доповідати, а у випадках виникнення аварій подавати письмове пояснення керівнику.

При передачі зміни необхідно перевіряти:

- технологічний режим роботи устаткування;
- правильність функціонування обладнання (вбудованими засобами діагностики);
- стан деталей, вузлів та механізмів, у роботі яких під час попередньої зміни виявлено дефекти та несправності;
- стан підшипникових вузлів, муфт, зубчастих передач, редукторів та іншого обладнання за температурою, характером та величиною шуму та вібрації;
- працездатність централізованих та індивідуальних мастильних пристроїв, наявність у них мастильного матеріалу, надходження його у вузли тертя, наявність у ваннах редукторів та інших масляних ємностях, відсутність витоків;
- працездатність систем звукової та світлової сигналізації, блокувальних пристроїв, контрольно-вимірювальних приладів;

- працездатність гальмівних пристроїв та механізмів аварійних зупинок;
- працездатність систем подачі стисненого повітря, циркуляції води, пари до охолоджуваних елементів;
- надійність кріплення деталей, вузлів та механізмів, ослаблення яких може спричинити аварію або зупинку обладнання;
- наявність та справність огорож обертових частин, прорізів та інших захисних засобів;
- освітленість, чистоту робочих місць та проходів;
- наявність інструменту, пристроїв та запасних частин.

Виявлені несправності мають бути усунені. Експлуатація несправного обладнання заборонена.

Той, хто здає зміну, зобов'язаний зробити запис у журналі приймання-здавання змін про стан закріплених за ним об'єктів, про виявлені протягом зміни несправності, випадки неправильного функціонування обладнання, порушення умов експлуатації, режими роботи та про заходи, прийняті для їх усунення, а також повідомити про це приймає зміну.

Той, хто приймає зміну, зобов'язаний разом з тим, хто здає, оглянути об'єкти, що передаються, перевірити відповідність їх стану записам у журналі приймання-передачі змін. У разі виявлення несправностей та наявності зауважень, відобразити їх записом у журналі приймання-здачі змін.

Зміна вважається переданою після того, як той, хто здає разом з приймаючим, розписуються в журналі приймання-здавання змін. Той, хто прийняв зміну, зобов'язаний повідомити керівника про приймання ним зміни і про стан прийнятих об'єктів.

Протягом зміни технологічний персонал зобов'язаний:

- підтримувати чистоту обладнання та робочих місць;
- контролювати надходження мастильних матеріалів до вузлів тертя механізмів, обладнаних централізованими системами рідких та пластичних мастильних матеріалів;
- проводити мастило вузлів тертя, забезпечених індивідуальними приладами, мастильними матеріалами призначеного сорту за встановленим режимом;
- вести систематичне спостереження за роботою механізмів, визначати правильність функціонування обладнання у технологічному потоці, знімати показання контрольно-вимірювальних приладів;
- контролювати ступінь нагріву вузлів тертя машин; характер та величину шуму, вібрації в редукторах, зубчастих передачах, підшипниках, муфтах та іншому обладнанні;
- перевіряти надійність болтових, клинових, шпонкових, зварних, заклепувальних, інших видів з'єднань та кріплення деталей та вузлів;
- перевіряти стан та регулювати натяг транспортних стрічок, ланцюгів та сталевих канатів;

- перевіряти наявність витоків, справність трубопроводів та арматури магістралей води, стиснутого повітря, мастильних матеріалів, гідравлічних систем;
- контролювати надходження води та повітря до охолоджуваних елементів об'єктів;
- контролювати завантаження та розвантаження обладнання шихтовими матеріалами;
- проводити заміну змінного обладнання та швидкозношувані деталі та вузли;
- стежити за наявністю та справністю огорож;
- усувати несправності та неполадки, виявлені при експлуатації обладнання, використовуючи різноманітні перерви в роботі, а при необхідності зупиняючи для цього обладнання відповідно до чинних правил його зупинки.

Порушення ПТЕ механічного обладнання тягне за собою залежно від ступеня та характеру порушення дисциплінарної чи кримінальної відповідальності відповідно до чинного законодавства. [4]

Перелік посилань

1. Проект « Положення про технічне обслуговування та ремонт механічного обладнання металургійних підприємств » (перша редакція) [Державний інститут праці та соціально-економічних досліджень: Ж. Водоп'ян , Л. Гончарук, В. Коваль, Т. Сиркіна (к.е.н., керівник розробки), Л. Тарасенко, В. Шевченка]. - Харків: ГІТ СЕІ, 2011. - 204 с.
2. Положення про технічне обслуговування обладнання підприємств гірничо-металургійного комплексу, затвердженого Наказом Міністерства промислової політики України №285 від 15.06.2004р.
3. Словник термінів та визначень // Консалтинговий проект «ЕАМ» . - <http://eam.su/slovar-terminov-i-opredelenij.html> .
4. Правила технічної експлуатації механічного обладнання доменних цехів, затверджені Державним комітетом промислової політики України 11.10.2000р.

Запитання для контролю

1. Назвіть основні цілі ТО обладнання та шляхи їх досягнення.
2. Перерахуйте основні обов'язки технологічного персоналу з обладнання.

3. Сучасні концепції технічного обслуговування обладнання

3.1. ТРМ

ТРМ (Total Productive Maintenance) - система загальновиробничого обслуговування обладнання, спрямована на забезпечення створення додаткової вартості шляхом [1]:

- прагнення до найвищих показників ефективності роботи устаткування;
- формування системи виробничого ТО для життєвого циклу устаткування;
- розгортання загального виробничого обслуговування устаткування службах планування, розробки нового устаткування, головного інженера, у виробничих підрозділах та інших службах;
- участі всього персоналу підприємства у розгортанні системи - від керівництва до рядових співробітників;
- командна робота малих груп на технологічних ділянках.

ТРМ включає :

- окремі покращення для підвищення продуктивності обладнання та інженерних систем;
- самостійне обслуговування обладнання технологічним персоналом;
- планове ТО обладнання;
- навчання та підготовку технологічного та ремонтного персоналу;
- управління розробкою та впровадженням нового обладнання та нових продуктів;
- систему обслуговування, орієнтовану на якість;
- охорону праці та навколишнього природного середовища;
- систему підвищення ефективності в управлінських та обслуговуючих підрозділах.

Етапи розгортання самостійного обслуговування обладнання технологічним персоналом:

1. Чищення, перевірка ТС обладнання.
2. **Вжиття** заходів щодо усунення джерел забруднень та важкодоступних місць.
3. Розробка тимчасових норм чищення, перевірки та **мастила**.
4. Загальна перевірка виконання робіт технологічним персоналом із боку керівництва, інспекторів.
5. Самостійна перевірка.
6. Стандартизація підтримуючого контролю.
7. Самоврядування та самоорганізація процесу вдосконалення виробничого обслуговування обладнання.

3.2. Ощадливе виробництво

Ощадливе виробництво - концепція менеджменту, заснована на неухильному прагненні усунення всіх видів втрат. Ощадливе виробництво передбачає залучення

до процесу оптимізації бізнесу кожного співробітника та максимальну орієнтацію на споживача. [2]

Відправна точка ощадливого виробництва – цінність для споживача.

Цінність - це корисність, властива продукту з погляду споживача. Цінність створюється виробником внаслідок виконання низки послідовних дій.

Серцем ощадливого виробництва є усунення втрат.

Втрати - це будь-яка дія, яка споживає ресурси, але не створює цінності для споживача.

Відповідно до концепції ощадливого виробництва, всю діяльність підприємства можна класифікувати так:

- операції та процеси, що додають цінність для споживача;
- операції та процеси, що не додають цінності для споживача.

Все, що не додає цінності для споживача, класифікується як втрати і має бути усунено.

Види втрат :

- надвиробництво;
- очікування;
- непотрібне транспортування;
- зайві етапи обробки;
- зайві запаси;
- непотрібні переміщення;
- випуск дефектної продукції;
- нереалізований творчий потенціал співробітників.

Також часто виділяють ще два джерела втрат:

- *нерівномірність* виконання роботи;
- *перевантаження* обладнання чи операторів.

Інструменти ощадливого виробництва

Принцип "*точно вчасно*" полягає в тому, що під час виробничого процесу необхідні для складання деталі виявляються на виробничій лінії суворо в той момент, коли це потрібно, і в строго необхідній кількості. В результаті компанія, що послідовно впроваджує подібний принцип, може досягти мінімізації складських запасів.

Принцип *«автономізації»* виключає надвиробництво, важливу складову виробничих втрат, і запобігає виробленню продукції з браком.

Використання інструментів і методів ощадливого виробництва дозволяє досягти значного підвищення ефективності діяльності підприємства, продуктивності праці, поліпшення якості продукції та зростання конкурентоспроможності без значних капітальних вкладень.

3.3. Система 5S

5S - система організації та раціоналізації робочого місця. [3]

5S включає п'ять понять:

- *сортування* - точне поділ предметів на потрібні і непотрібні та позбавлення від останніх;
- *дотримання порядку* - організація зберігання необхідних предметів, яка дозволяє швидко та просто їх знайти та використовувати;
- *утримання в чистоті* - дотримання робочого місця в чистоті та охайності;
- *стандартизація* - необхідна умова для виконання перших трьох правил;
- *вдосконалення* - формування звички точного виконання встановлених правил, процедур та технологічних операцій.

Цілі 5S:

1. Зниження числа нещасних випадків.
2. Підвищення якості продукції, зниження кількості дефектів.
3. Створення комфортного психологічного клімату, стимулювання бажання працювати.
4. Підвищення продуктивність праці, що у своє чергу веде до підвищення прибутку підприємства міста і, відповідно, підвищення рівня доходу робочих.

3.4. Кайдзен

Кайдзен - безперервне вдосконалення методів роботи, особистої ефективності, процесів виробництва, розробки, допоміжних бізнес-процесів та управління, а також усіх аспектів життя. [3]

Поліпшуючи стандартизовані дії та процеси, *мета* кайдзен - виробництво без втрат (ощадливе виробництво).

Філософія кайдзен передбачає, що життя в цілому (трудова, громадська і приватна) має бути орієнтована на постійне поліпшення.

Принципи кайдзен :

1. Фокус на клієнтах — для компанії, яка використовує кайдзен , найбільше важливо, щоб їхня продукція (послуги) задовольняла потреби клієнтів.
2. Безперервні зміни - безперервні малі зміни у всіх сферах організації (постачання, виробництва, збуту, особистісних взаємин тощо).
3. Відкрите визнання проблем – усі проблеми відкрито виносяться на обговорення.
4. Пропаганда відкритості - мінімізація відокремленості між відділами та робочими місцями.
5. Створення робочих команд - кожен працівник стає членом робочої команди та відповідного гуртка якості.
6. Управління проектами за допомогою міжфункціональних команд - жодна команда не працюватиме ефективно, якщо вона діє лише в одній функціональній групі.
7. Формування «підтримуючих взаємин» — для організації важливі не тільки й не так фінансові результати, як залучення працівників до її діяльності та добрі

- взаємини в колективі, оскільки це неминуче приведе організацію до високих результатів.
8. Розвиток по горизонталі — особистий досвід має ставати надбанням усього підприємства.
 9. Розвиток самодисципліни — уміння контролювати себе та поважати як самого себе, так і інших працівників та підприємство загалом.
 10. Самовдосконалення - формування звички самостійного визначення кола завдань та відповідальності, а також початку роботи з вирішення власних завдань.
 11. Інформування кожного співробітника – весь персонал повністю інформується про підприємство.
 12. Делегування повноважень - передача певного обсягу повноважень кожному співробітнику завдяки навчанню багатьом спеціальностям, володінню широкими навичками, вміннями та іншим.
 13. Планування та аналіз - сутність управління на початку роботи з планування та порівняння плану з результатом.
 14. Аналіз того, що відбувається на підприємстві та дія на основі фактів, спираючись на достовірні дані.
 15. Усунення основної причини та запобігання рецидивам за рахунок вирішення проблеми, а не боротьби з її проявами.
 16. Початкове вбудовування якості у виробничий процес, оскільки перевірка як така не створює якості.
 17. Стандартизація як закріплення досягнутого успіху.

Перелік посилань

1. Ітікава А., Такагі І., Такебе Ю. та ін. ТРМ у простому та доступному викладі / Пер. з яп. О.М. Стерляжнікова . Під навч. ред. В.Є. Растіmeshіна , Т.М. Купріянової. - М.: РІА «Стандарти та якість», 2008. - 128 с.
2. Вікіпедія: Ощадливе виробництво. - [http://ua.wikipedia.org/wiki/Бережливе виробництво](http://ua.wikipedia.org/wiki/Бережливе_виробництво) .
3. Вікіпедія: 5S. - <http://ua.wikipedia.org/wiki/5S> .
4. Вікіпедія: Кайдзен . - <http://ua.wikipedia.org/wiki/Кайдзен> .

Запитання для контролю

1. Вкажіть основні напрямки покращення обслуговування обладнання в рамках системи ТРМ.
2. У чому полягає концепція ощадливого виробництва?
3. Наведіть основні поняття системи 5S.
4. Охарактеризуйте сутність філософії кайдзен .

4. Загальні відомості про механічне обладнання

4.1. Стадії життєвого циклу обладнання

Життєвий цикл обладнання включає наступні стадії:

1. Проектування.
2. Виготовлення та складання.
3. Транспортування та зберігання.
4. Монтаж (введення в експлуатацію).
5. Використання за призначенням, включаючи операції з ТОіР (найдовша стадія).
6. Демонтаж.
7. Утилізація.

ТО устаткування складає 3, 4, 5 стадіях.

Експлуатація - стадія життєвого циклу обладнання, на якій реалізується, підтримується та відновлюється якість обладнання, що загалом охоплює введення в експлуатацію, використання за призначенням, технічне обслуговування, поточні та капітальні ремонти, припинення експлуатації, списання (передачу, утилізацію, знищення). [1]

Експлуатація обладнання супроводжується зношуванням його елементів. На кривій зношу (крива 1, Рисунок 4.1) у загальному випадку виявляються три ділянки, що відповідають трьом стадіям зношу. Стадія I - це початковий прискорений знош, що спостерігається під час опрацювання. Стадія II, представлена малюнку прямолінійним ділянкою, є режимом зношування, що спостерігається при нормальній експлуатації обладнання. На стадії III швидкість зношу різко зростає (катастрофічний знош). Крива 2 малюнку 4.1 зображує швидкість зношування.

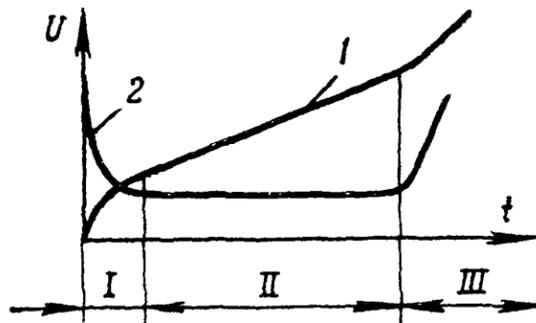


Рисунок 4.1 - Теоретична крива зношування

4.2. Основні елементи механічних систем

Обладнання - сукупність агрегатів, складальних одиниць, механізмів, а також апаратів, колон, установок, технологічних ліній, електротехнічних та теплотехнічних об'єктів, технологічних та обв'язувальних трубопроводів та інших пристроїв, що використовуються під час виробництва продукції або під час виконання технологічних функцій. Устаткування може складатися з виробів, вогнетривкої кладки, технологічних металоконструкцій тощо. [1]

Відповідно до [2]:

- *агрегат* - сукупність машин, механізмів, пристроїв та споруд, пов'язаних єдиним технологічним процесом;
- *машина* - комплекс механізмів, призначених для виконання корисної роботи;
- *механізм* - система кінематично взаємопов'язаних вузлів та деталей, призначених для перетворення виду руху;
- *вузол* - роз'ємне або нероз'ємне з'єднання кількох деталей;
- *деталь* - виріб, виготовлений як одне ціле, поділ якого на частини неможливий без пошкодження.

Запасна частина - складова частина виробу, призначена для заміни колишньої в експлуатації такої ж частини з метою підтримки або відновлення справності чи працездатності виробу. [1]

Основними елементами механічних систем є [2]:

- *вал* - деталь, що обертається навколо своєї осі, призначена для передачі крутного моменту і підтримки суміжних деталей, що обертаються;
- *вісь* - деталь, призначена для підтримки деталей, що обертаються, не передає крутний момент;
- *підшипник* - вузол, що служить опорою для валу, спільно з системою змащування забезпечує обертання з можливо меншим коефіцієнтом тертя;
- *корпусна деталь (корпус)* - деталь, призначена для підтримки підшипників, що забезпечує правильне розташування валів;
- *різьбове з'єднання* - вузол, що з'єднує корпусні деталі і забезпечує нерозкриття стику деталей, що з'єднуються;
- *ущільнення* - деталь або вузол, що герметизує внутрішній об'єм корпусу механізму від витоків мастила та попадання забруднень (іноді встановлюється на сполучні елементи);
- *сполучний елемент* - вузол, призначений для передачі крутного моменту від приводного валу до веденого, компенсації кутового та радіального зміщення валів;
- *фундамент* - споруда, що забезпечує нерухоме та стійке положення корпусних деталей механізму;
- *виконавчий елемент* - деталь або вузол, призначений для виконання корисної роботи відповідно до функціонального призначення механізму.

4.3. Поняття про справність та працездатність

Справність - стан обладнання, що характеризується відповідністю об'єкта всім вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією.

Якщо об'єкт відповідає хоча б одній із вимог нормативно-технічної документації, стан устаткування характеризується як *несправне* .

Працездатність - стан обладнання, що визначається можливістю виконання всіх заданих функцій технологічного процесу в межах заданих параметрів.

Невиконання хоча б однієї із заданих функцій або вихід параметрів роботи за межі характеризує *непрацездатний* стан обладнання.

Види несправностей [2]:

- *дефект* - порушення якості виготовлення, збирання, монтажу елементів обладнання;
- *ушкодження* - порушення справного стану обладнання в процесі експлуатації при збереженні працездатного стану;
- *Порушення функціонування* - Порушення при виконанні заданих функцій.

Відмова - подія, пов'язана з незворотним порушенням характеристик об'єкта, що призводить до порушення працездатного стану.

Збій - подія, при якій внаслідок тимчасової зміни параметрів об'єкта виникають перешкоди, що впливають на працездатність, яка надалі відновлюється.

4.4. Аксіоми працездатного стану обладнання

Працездатний стан механізму характеризується такими *ознаками* [2]:

- низький рівень вібрації та шуму;
- відсутність ударних процесів;
- температура корпусу вбирається у граничних значень;
- відсутність витоків мастила;
- відсутність тріщин;
- відсутність пошкоджень елементів, що сполучаються;
- певні параметри шорсткості робочих поверхонь;
- наявність оптимальних зазорів деталей, що сполучаються.

Працездатний стан механізму *забезпечується* :

- співвісністю валів, витриманої в допустимих межах та виставленої з урахуванням робочої температури механізму;
- постійним або періодичним мастилом вузлів механізму з оптимальними характеристиками мастильного матеріалу;
- рівнем робочих навантажень, що не перевищує допустимі значення;
- рівномірною затяжкою різьбових з'єднань;
- виконання всіх заданих функцій;
- періодичним мастилом зубчастих муфт, шарнірних з'єднань та заміною відпрацьованого мастила;
- оптимальними значеннями зазорів, що знаходяться в допустимих межах та враховують теплове розширення деталей;
- оптимальними параметрами шорсткості робочих поверхонь;
- паралельним розташуванням валів на потрібній відстані.

Працездатність *підшипників кочення* характеризується:

- відсутністю провертання кілець підшипника на валу та в корпусі;
- відсутністю тріщин у деталях підшипника;
- значеннями зазорів у допустимих межах;
- допустимою шорсткістю поверхні тіл кочення та бігових доріжок;
- якісним змащуванням.

Працездатність *зубчастих передач* забезпечується:

- необхідним розміром плями контакту;
- допустимими значеннями бічного зазору та розмірами зубів;
- допустимою шорсткістю поверхні зубчастих коліс;
- відсутністю прослизання робочих поверхонь;
- нерухомим з'єднанням деталей із валом.

Працездатність *валів* забезпечується:

- прямолінійністю ;
- правильним розташуванням;
- відсутністю зношування посадкових поверхонь;
- цілісністю шпонкових та шліцевих сполук.

Працездатність *муфт* передбачає:

- цілісність деталей;
- рівномірність зношування елементів у допустимих межах;
- нерухомість з'єднань деталей;
- наявність мастила (за потреби).

4.5. Класифікація обладнання за ступенем впливу на технологічний процес

За ступенем впливу на технологічний процес доцільно виконувати таку класифікацію обладнання:

- *категорія А* - обладнання, вихід з ладу якого призведе до неможливості реалізації технологічного процесу;
- *категорія В* - обладнання, вихід з ладу якого призведе до зниження продуктивності основного технологічного обладнання;
- *категорія С* — устаткування, вихід із ладу якого вплине на продуктивність основного технологічного устаткування.

У зв'язку з високою завантаженістю технологічного персоналу принцип пріоритетності виробництва зумовлює необхідність обліку категорії під час виконання ТО устаткування. При цьому обладнання, ТО якого регламентується нормативними актами, повинно обслуговуватися строго відповідно до вимог та термінів, що регламентуються відповідними актами.

Перелік посилань

1. Словник термінів та визначень // Консалтинговий проект «ЕАМ» . - <http://eam.su/slovar-terminov-i-opredelenij.html> .
2. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт / В.І. Бобровицький , В.А. Сидорів . - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.

Запитання для контролю

1. Яких стадіях життєвого циклу устаткування здійснюється ТО?
2. Перелічіть основні елементи механічних систем.
3. У чому полягає відмінність справного та працездатного станів обладнання?
4. Чим забезпечується працездатний стан механізму?
5. Які категорії обладнання мають пріоритет під час виконання ТО?

5. Методи оцінки технічного стану обладнання

5.1. Загальне поняття про оцінку технічного стану обладнання

Технічний стан - стан обладнання, яке характеризується в певний момент часу за певних умов **довкілля** значеннями параметрів, встановлених регламентуючою документацією [1].

Контроль технічного стану — перевірка відповідності значень параметрів обладнання вимогам, встановленим документацією, та визначення на цій основі одного із заданих видів ТС на даний момент часу.

Залежно від необхідності проведення ТОіР розрізняють такі *види ТС* [2]:

- *хороше* - ТОіР не потрібні;
- *задовільний* - ТОіР здійснюються відповідно до плану;
- *погане* - проводяться позачергові роботи з ТОіР ;
- *аварійне* - Потрібна негайна зупинка та ремонт.

З метою встановлення фактичного ТС обладнання, виявлення дефектів, несправностей, інших відхилень, які можуть призвести до відмов, а також для планування проведення та уточнення термінів та обсягів робіт з ТОіР проводяться технічні обстеження (нагляди, огляди, діагностування). Технічні обстеження устаткування, експлуатація якого регламентується нормативними актами, проводиться у порядку, встановленому відповідними нормативними актами.

Технічний нагляд - захід, який виконується з метою спостереження за ТС обладнання.

Технічний огляд — зовнішній та внутрішній огляд обладнання, випробування, що проводяться у строк та в обсягах, відповідно до вимог документації, у тому числі нормативних актів, з метою визначення його ТС та можливості подальшої експлуатації.

Технічне діагностування - комплекс операцій або операція щодо встановлення наявності дефектів та несправностей обладнання, а також щодо визначення причин їх появи.

5.2. Методи оцінки технічного стану обладнання

Розрізняють суб'єктивні та об'єктивні методи оцінки ТС обладнання.

Під *суб'єктивними (органолептичними)* методами маються на увазі такі методи оцінки ТС обладнання, при яких для збору інформації використовуються органи чуття людини, а також найпростіші пристрої та пристрої, призначені для збільшення чутливості в межах діапазонів, властивих органам чуття людини. При цьому для аналізу зібраної інформації використовується аналітико-розумний апарат людини, що

базується на отриманих знаннях та досвіді. До суб'єктивних методів оцінки ТС відносять візуальний огляд, контроль температури, аналіз шумів та інші методи.

Під *об'єктивними (приладовими)* методами маються на увазі такі методи оцінки ТС, при яких для збору та аналізу інформації використовуються спеціалізовані пристрої та прилади, електронно-обчислювальна техніка, а також відповідне програмне та нормативне забезпечення. До об'єктивних методів оцінки ТС відносяться вібраційна діагностика, методи неруйнівного контролю (магнітний, електричний, вихрострумний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, ультразвуковий, контроль проникаючими речовинами) та інші.

5.3. Порядок та особливості проведення візуального огляду обладнання

Порядок проведення оглядів обладнання ґрунтується на послідовному обстеженні його елементів з кінематичного ланцюга їх навантаження, починаючи від приводу до виконавчого елемента. Для цього необхідно знати конструкцію обладнання, склад та взаємодію його елементів.

Спочатку проводиться *загальний* огляд обладнання та навколишніх об'єктів. Під час загального огляду вивчається картина стану устаткування. Загальний огляд може мати самостійний характер і застосовується при періодичних оглядах устаткування технологічним персоналом.

Під *детальним* розуміється ретельний огляд конкретних елементів обладнання. Детальний огляд залежно від вимог відповідних нормативних та методичних документів, проводиться у певному обсязі та порядку. У всіх випадках детальному огляду має передувати загальний огляд.

Загальний та детальний огляд можуть проводитись при статичному та динамічному режимі обладнання. При *статичному* режимі елементи устаткування оглядаються у нерухомому стані. Огляд обладнання при *динамічному* режимі проводиться на робочому навантаженні, холостому ході та при тестових навантаженнях (випробуваннях).

Огляд обладнання при включенні чи зупинці механізму орієнтується переважно на контроль якості затягування різьбових з'єднань, відсутність тріщин корпусних деталей, цілісність сполучних елементів. У робочому режимі додатково перевіряються биття валів, муфт, витоку мастильного матеріалу, відсутність контакту рухомих та нерухомих деталей.

При огляді можуть бути використані три основні способи: концентричний, ексцентричний, фронтальний. При *концентричному* методі (рисунок 5.1) огляд ведеться по спіралі від периферії елемента до його центру, під яким зазвичай розуміється середня умовно обрана точка. При *ексцентричному* способі (рисунок 5.2) огляд ведеться від центру елемента до його периферії (по спіралі, що розгортається). При *фронтальному* методі (рисунок 5.3) огляд ведеться як лінійного переміщення погляду площею елемента від його кордону до інший.

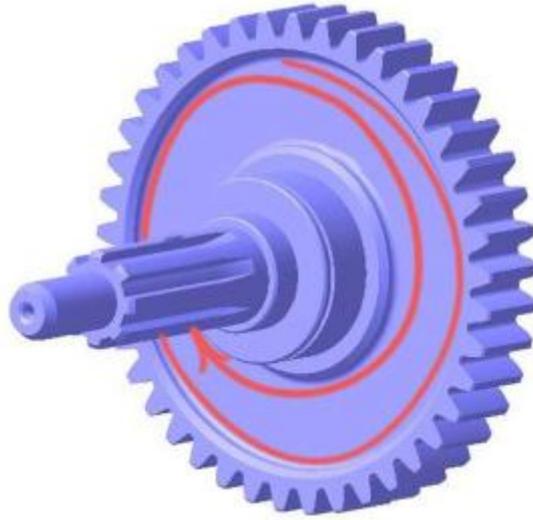


Рисунок 5.1 - Концентричний спосіб огляду деталі



Рисунок 5.2 - Ексцентричний спосіб огляду деталі

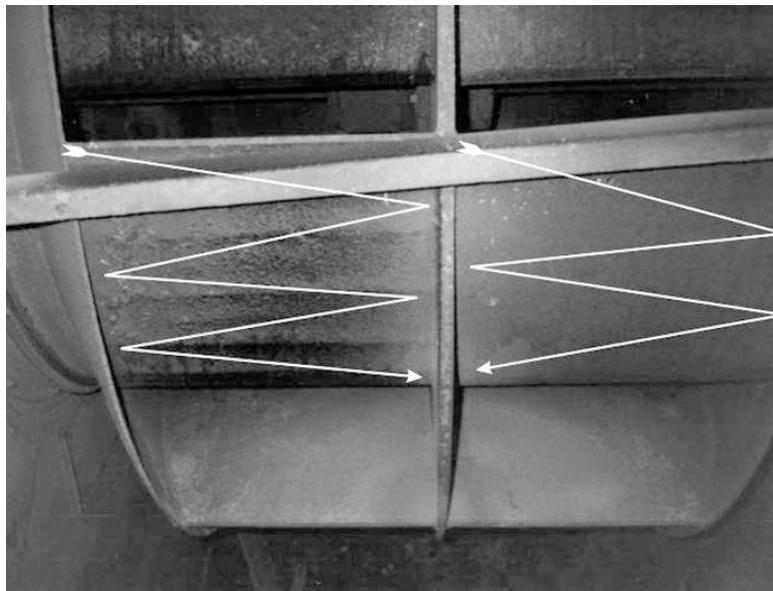


Рисунок 5.3 - Фронтальний спосіб огляду деталі

При виборі способу огляду враховуються конкретні обставини. Так, огляд приміщення, де встановлено обладнання, рекомендується проводити від входу концентричним способом. Огляд елементів круглої форми доцільно вести від центру до периферії (ексцентричним способом). Фронтальний огляд краще використовувати, коли оглядана площа велика і її можна розділити на лінії.

Під ідентифікацією дефектів і ушкоджень мається на увазі віднесення несправностей до певного класу чи виду (втома, зношування, деформація, фреттинг - корозія тощо). Ідентифікуючи дефект чи пошкодження, знаючи його природу, фахівець надалі може визначити причини появи несправності та її впливу на ТС устаткування. Ідентифікація виявлених дефектів та пошкоджень здійснюється шляхом порівняння їх характерних ознак з відомими зразками або описами, які для зручності користування можуть збиратися та систематизуватися в ілюстрованих каталогах (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 - Приклад каталогу (бази даних) описів несправностей, дефектів та пошкоджень

Зовнішній вигляд ушкодження	Опис пошкодження	Причини виникнення
	<p>Відповідне фарбування ролика підшипника</p>	<p>Вплив змінних навантажень при напруженнях у матеріалі, що сягають межі витривалості.</p>
	<p>Кутове зміщення плями контакту зубчастої передачі</p>	<p>Перекіс валів редуктора. Розбіжність кутів нахилу зубів шестерні та колеса.</p>
	<p>Крихке руйнування металу втулки зубчастої муфти</p>	<p>Перевантаження механізму. Низька якість поковки. Неправильно вибрана марка сталі.</p>

Завершальна стадія полягає у додатковому огляді елементів устаткування уточнення раніше отриманих результатів та його реєстрації у звітних формах.

Реєстраційні форми – це певний порядок запису результатів опитування, власне огляду та доповнюючі їх графічні зображення деталей та об'єкта загалом: малюнки, ескізи, креслення, фотознімки тощо. На графічних зображеннях повинні позначатися точка початку огляду та його напрямок, місця розташування виявлених дефектів та пошкоджень.

Формалізація результатів проведення огляду здійснюється протоколом огляду. У протоколі огляду відбивається те, що фахівець мав можливим виявити під час огляду, у вигляді, у якому виявлене спостерігалось. Висновки, висновки, припущення фахівця про причини виникнення дефектів та ушкоджень залишаються за рамками протоколу та зазвичай оформлюються окремим актом чи звітом. Не заносяться до протоколу та повідомлення осіб про раніше виявлені відхилення, а також зміни обстановки, що відбулися до прибуття фахівця. Такі повідомлення оформлюються самостійними протоколами.

До складання протоколу огляду треба підходити з урахуванням те, що може виступати як самостійного документа. З цією метою протокол складається короткими фразами, що дають точний і ясний опис об'єктів, що розглядаються. У протоколі використовуються загальноприйняті висловлювання і терміни, однакові об'єкти позначаються одним і тим самим терміном протягом усього протоколу. Опис кожного об'єкта огляду йде від загального до приватного (спочатку дається загальна характеристика устаткування, що оглядається, його розташування на місці огляду, а потім описується стан і приватні ознаки). Повнота опису об'єкта визначається передбачуваною значимістю та можливістю збереження даних. Фіксуються всі наявні ознаки дефектів і особливо ті, які можуть бути втрачені. Кожен наступний об'єкт описується після завершення опису попереднього. Об'єкти, пов'язані між собою, описуються послідовно для того, щоб дати більш точне уявлення про їх взаємозв'язок. Кількісні величини зазначаються у загальноприйнятих метрологічних величинах. Не допускається вживання невизначених величин («поблизу», «осторонь», «біля», «поруч», «майже», «недалеко» тощо). У протоколі зазначається факт виявлення кожного із слідів і предметів, щодо кожного об'єкта вказується, що було з ним зроблено, які засоби, прийоми, методи були використані. При описі обладнання та окремих його елементів у протоколі наводяться посилання на плани, схеми, креслення, ескізи та фотографії. Кожен елемент обладнання повинен мати окремий запис про результати його огляду. Висновки протоколу повинні містити інформацію про наявність та характер дефектів, а за неможливості його встановлення – про необхідність подальшого проведення ідентифікації. [3]

Перелік посилань

1. Словник термінів та визначень // Консалтинговий проект «ЕАМ». - <http://eam.su/slovar-terminov-i-opredelenij.html>.
2. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт / В.І. Бобровицький, В.А. Сидорів. - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.
3. Зданевич Ст., Сидоров В.А. Огляд механічного обладнання як метод технічної діагностики // Технічне обслуговування та ремонт, 2010. - №4. - С. 12-18.

Запитання для контролю

1. Які види ТЗ виділяють залежно від необхідності проведення ТОiP ?
2. У чому полягає відмінність між об'єктивними та суб'єктивними методами оцінки МС?
3. Опишіть порядок візуального огляду обладнання.

6. Органолептичні методи оцінки технічного стану обладнання

6.1. Шуми механізмів

У механічних пристроях ступінь ушкодження визначається характером взаємодії контактуючих деталей. Фізичний прояв зіткнення деталей під час роботи реалізується як поширення пружних хвиль акустичного діапазону, виникнення механічних коливань (вібрацій) і ударних імпульсів. Незважаючи на єдину фізичну природу, кожен з цих проявів має свої особливості і по-різному відображає процеси, що відбуваються. Пружні хвилі, що породжують акустичні коливання, мають частотний діапазон 20-16000 Гц і прослуховуються в безпосередній близькості від обладнання.

Основні відхилення акустичних шумів :

- глухі поштовхи при зміні напрямку обертання валів механізму відповідають зношуванню шпонкових або шліцевих з'єднань, елементів муфт, підвищеного зазору зубчастої передачі;
- слабкі стуки низького тону відповідають сколам шліців, послабленню шпонкового з'єднання, неспіввісності сполучних муфт;
- різкий металевий звук супроводжує ушкодження сполучних муфт;
- свистячий звук виникає при прослизанні ременів ремінної передачі;
- часті різкі удари відповідають биттям муфт, а також неправильному збиранню валів.

Прослуховування механічних коливань, що виникають під час роботи механізму, є поширеним методом визначення стану працюючого устаткування. Механічні коливання низької та середньої частоти легко поширюються корпусними деталями механізму. Для їх прослуховування використовується *технічний стетоскоп*, що складається з металевої трубки та дерев'яного або текстолітового

навушника (рисунок 6.1). Металева трубка, встановлена на корпусі механізму, дозволяє перетворити механічні коливання в акустичні трубки, що розповсюджуються по стінках, до навушника. Цей метод настільки довів свою надійність, що вимоги щодо прослуховування шумів механізмів включені до всіх правил ТО та інструкції з експлуатації обладнання.



Рисунок 6.1 - Технічний стетоскоп:

а) схема;

б) загальний вигляд

Розв'язання задачі розпізнавання пошкоджень ґрунтується на знанні характерних шумів елементів механізмів.

Характерні шуми *підшипників кочення* :

1. Незначний рівний шум низького тону свідчить про нормальний стан підшипника кочення.
2. Глухий переривчастий шум — про забруднення мастила.
3. Дзвінкий (металевий) шум - про недостатнє мастило, виникає також при підвищеному радіальному зазорі.
4. Свистячий шум вказує на взаємне тертя ковзання деталей підшипникового вузла.
5. Скрегіт, різке часте постукування виникає при пошкодженнях сепаратора або тіл кочення.
6. Глухі періодичні удари – результат ослаблення посадки підшипника, дисбалансу ротора.
7. Виючий звук, скрегочення, шум, інтенсивний стукіт вказують на пошкодження елементів підшипника.

Характерні шуми *зубчастих передач* :

1. Рівний шум низького тону характерний для нормальної роботи зубчастої передачі. Косозуба передача в цьому випадку має рівний шум низького тону.
2. Шум високого тону, що переходить із збільшенням частоти обертання в свист і виття, і безперервний стукіт у зачепленні відбуваються при спотворенні форми працюючих поверхонь зубів або за наявності на них місцевих дефектів.
3. Брехтливий металевий шум, що супроводжується вібрацією корпусу, можливий внаслідок малого бічного зазору або неспіввісності, непаралельності коліс.
4. Циклічний (періодичний) шум, що з'являється з кожним оборотом колеса, то слабшає, то посилюється, вказує на ексцентричне розташування зубів щодо осі обертання.
5. Циклічні удари, гуркіт, глухий стукіт свідчать про злам зуба.

Характерні шуми *підшипників ковзання* :

1. Монотонний і шелестячий шум відповідає нормальній роботі.
2. Свист високого тону, скрегіт відповідають відсутності мастила.
3. Періодичні удари, різке металеве постукування відповідають задирам на поверхні підшипників ковзання, неспіввісності валів та фарбуванню.
4. Дзвінкий металевий шум відповідає недостатній кількості мастила.
5. Циклічні удари низького тону відповідають підвищеній в'язкості олії.

Дзвін металевих деталей при ударі, наприклад, молотком, використовується визначення наявності дефектів. Звук, що видається сталеву деталлю, що містить дефект, деренчить, нижчий і глухий порівняно зі звуком бездефектної деталі, що має чистий, високий звук. Даний метод досить ефективний стосовно контролю затягування різьбових з'єднань, цілісності деталей простої форми. У складніших випадках його використання обмежено.

Кожен механізм містить дві причини шумів: механічного та електричного характеру. Виючий звук, що зникає при відключенні живлення електродвигуна, вказує на пошкодження електричної частини двигуна.

Значні ушкодження призводять до порушення повторюваності шумової картини. Ступінь ушкодження визначається інтенсивністю шуму. Шум, що викликає болючі відчуття при прослуховуванні технічним стетоскопом, є межею експлуатації деталей.

Зазначені види шумів у справжньому вигляді проявляються рідко. Акустична картина механізму складається із сукупності шумів всіх елементів, що визначається розмірами, характером змащування, навантаженнями, температурою та іншими факторами. Тому наведена класифікація є вихідною інформацією при розшифровці конкретної акустичної картини механізму. Якість розшифровки та правильність постановки діагнозу залежить від кваліфікації, підготовленості та досвіду персоналу.

Основна рекомендація – при появі високочастотного різкого шуму слід провести огляд вузла – це дозволить уточнити характер та ступінь ушкодження. [1]

6.2. Вібрація механізмів

Найбільша чутливість при дії вібрації на людину спостерігається за частоти 100-300 Гц. Розпізнати частоту коливань практично неможливо, якщо ці коливання відбуваються із частотою понад 5 Гц. Людина відчуває дискомфорт, перебуваючи поруч із машиною, що генерує частоти, які збігаються з резонансними частотами частин тіла (переважно низькочастотні коливання). Якщо коливання настільки рідкісні, що око розрізняє кожне їх окремо, то частота визначається підрахунком повних коливань за деякий проміжок часу. Зі зменшенням розмаху коливань точність окомірною сприйняття зменшується.

Використовуються різні *методи візуалізації механічних коливань*.

Характер прямої лінії, проведеної по паперу, що лежить на корпусі механізму, дозволяє якісно оцінити частоту та інтенсивність коливань (рисунком 6.2). При цьому

реєструються коливання в напрямку перпендикулярному напрямку руху олівця. Швидкість переміщення олівця має бути якомога постійнішою.

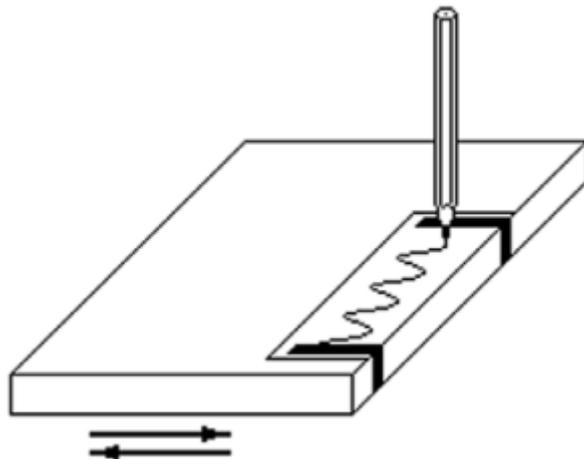


Рисунок 6.2 - Приклад "ручного" запису механічних коливань

Для порівняння розмаху коливань різних вузлів механізму, що коливаються у вертикальній площині, можливе використання дрібних допоміжних предметів. Різна поведінка монет, гайок, шайб, піску у різних місцях механізму допоможе виявити вузли з найбільшою вібрацією. Однак цей індикатор нечутливий до високочастотних коливань.

У разі необхідності реєстрації щодо великих амплітуд коливань (0,5-10 мм) з точністю до 0,5 мм при малій частоті (10-20 Гц) можливе застосування мірного клина. Мірний клин (рисунк 6.3) наклеюється на досліджуваний об'єкт. Наявність просторових компонентів вібрації, що діють перпендикулярно до площини, що вимірюється, може спотворити результат. Тому мірний клин застосовується головним чином для вимірювання прямолінійної вібрації, зокрема коливань: сит, гуркотів, вібростендів.

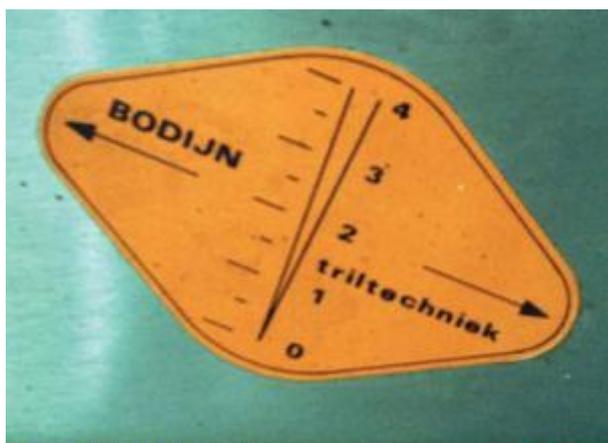


Рисунок 6.3 — Встановлення мірного клина для вимірювання амплітуди коливання вібраційного дозатора

Поверхня рідини, в резервуарі, встановленому або з'єднаному з об'єктом, що вібрує, набуває помітну хвилястість. Характер хвиль визначається частотою коливань, а висота хвилі залежить від амплітуди коливань. Іноді такі спостереження дозволяють зробити попередні висновки щодо параметрів вібрації. Наприклад, при

бічному освітленні поверхні води можна знайти наявність вібрації при амплітудах менше 10 мкм без додаткового збільшення. [2]

6.3. Контроль температури механізмів

Температура нагрівання корпусів механізмів як діагностичний параметр має дві особливості:

- поява деяких видів несправностей спричинює підвищення температури корпусу механізму;
- інерційність нагріву металевих деталей, корпусів і опор не дозволяє використовувати даний параметр для визначення раптових відмов і пошкоджень, що зароджуються.

ПТЕ регламентують граничну температуру корпусів підшипників, яка має перевищувати температуру довкілля більш як на 40 °С **повагою** і бути вище 60-80 °С. Для деяких механізмів, що мають циркуляційну систему мастила або охолодження, оцінюють різницю температур олії чи води на виході та вході. Це дозволяє контролювати теплові процеси, загальний стан обладнання, а також рівень його погіршення. Зазвичай різниця температур на виході та вході не повинна перевищувати 5-10 °С.

Межею для безпосереднього сприйняття є температура 60 °С - витримувана тильною стороною долоні без больових відчуттів протягом 5 с. Використання додаткових засобів - бризок води дозволяє контролювати значення 70 °С - видиме випаровування плям води і 100 °С - кипіння води всередині краплі на поверхні корпусної деталі.

Основні причини, що викликають підвищення температури:

- *дефекти системи змащування:*
 - недостатня або надмірна кількість мастила;
 - забруднення мастила;
 - неправильний вибір мастильного матеріалу;
- *пошкодження підшипників кочення:*
 - зношування або пошкодження кілець або тіл кочення;
 - руйнування сепаратора;
 - провертання підшипника на валу або в корпусі;
- *дефекти виготовлення та складання:*
 - відсутність осьових зазорів;
 - малий радіальний проміжок;
 - дефекти корпусних деталей;
 - затискання зовнішнього кільця підшипника;
- *дефекти регулювання:*
 - підшипник сильно затиснутий;
 - перекіс підшипника чи валу;
 - неправильне центрування електродвигуна із приводом;
- *пошкодження ущільнювальних пристроїв ;*

- *пошкодження системи охолодження :*
 - недостатня подача води, що охолоджує;
 - висока температура води на вході.

Розширити діапазон температур, що суб'єктивно сприймаються, можливо за допомогою зорового сприйняття, використовуючи кольори **втєчі** і кольору гартування (рисунок 6.4).



Рисунок 6.4 - Кольори **втєчі** та кольору гартування:

а) кольору **втєчі** на посадочній поверхні внутрішнього кільця підшипника при захопленні та провороті ;

б) зміна кольорів гартування при охолодженні безперервно литої заготовки на холодильнику МНЛЗ

Ступінь нагрівання деталі або заготовлі при термічній обробці, наприклад, під час загартування, може бути визначений за кольором.

Кольори розжарювання та відповідні температури (°C) для сталевих виробів:

- темно -коричневий, слабке світіння у темряві - 530-580;
- коричнево-червоний - 580-650;
- темно -червоний - 650-730;
- темно-вишнево-червоний - 730-770;
- вишнево-червоний - 770-800;
- світло-вишнево-червоний - 800-830;
- світло-червоний - 830-900;
- помаранчевий - 900-1050;
- темно-жовтий - 1050-1150;
- світло-жовтий - 1150-1250;
- яскраво -жовтий - 1250-1300.

Зазначені кольори можуть дещо змінюватися стосовно конкретних марок сталей, проте характер зміни кольоровості залишається незмінним.

Кольори **втєчі** надають інформацію про ступінь нагрівання деталі під час поломки, перед відпуском або перегрівання деталі під час складання.

Кольори **втєчі** та відповідні температури (°C) для вуглецевої сталі:

- світло -жовтий (солом'яний) - 220;
- темно -жовтий - 240;

- коричнево- жовтий - 255;
- коричнево-червоний - 265;
- пурпурно-червоний - 275;
- фіолетовий - 285;
- волошково-синій - 295;
- темно-синій - 315;
- сірий - 330.

6.4. Додаткові методи оцінки технічного стану обладнання

Візуальний огляд широко використовується при проведенні оглядів та ревізій машин і механізмів, здійснюється виходячи з можливостей людського зору, основним недоліком якого є те, що при малій освітленості йому не допомагають кращі оптичні прилади. В даний час відсутні засоби, здатні реалізувати функції, які виконує людина при візуальному огляді. Відмінною рисою візуального огляду є труднощі під час формалізації процесу розв'язання задачі розпізнавання. Необхідно відзначити суб'єктивність сприйняття зорової інформації. Людина бачить, що знає. Незнайомі, непізнані мозком предмети залишаються поза увагою. Тому найважливішим питанням є визначення діагностичних, розрізняваних особливостей поверхні, що оглядається.

Тріщини - це розриви, переважно двомірного характеру, що обмежують поверхні тріщин, часто розташовуються перпендикулярно до поверхні деталі.

Абразивне зношування - ділянки з підвищеною шорсткістю вздовж напрямку дії абразиву.

Пляма іржі — дефект поверхні у вигляді плям або смуг із пухкою структурою окисної плівки.

Вм'ятина - дефект поверхні у вигляді довільно розташованих поглиблень різної форми, що утворилися внаслідок пошкоджень та ударів поверхні.

Ризка - дефект поверхні у вигляді канавки без виступу кромки із закругленим або плоским дном, що утворився від дряпання поверхні металу.

Задирка — пошкодження поверхні у вигляді широких і глибоких борозен у напрямку ковзання.

Дряпання - утворення поглиблень на поверхні тертя у напрямку ковзання при дії виступів твердого тіла або твердих частинок з робочою поверхнею деталі.

Відшаровування - відділення з поверхні тертя матеріалу у формі лусочок.

Викрашування - відділення з поверхні тертя матеріалу, що призводить до утворення заглиблень на поверхні тертя.

Схоплювання - явище місцевого з'єднання матеріалів сполучених поверхонь при терті внаслідок взаємодії молекулярних сил.

Перенесення металу - явище, що полягає у місцевому з'єднанні матеріалів сполучених поверхонь, подальшому його відриві та переході матеріалу на іншу поверхню.

Зайдання - процес виникнення та розвитку пошкоджень поверхонь тертя внаслідок схоплювання та перенесення матеріалу.

Основні завдання, які вирішуються у візуальному огляді:

- визначення причин та характеру руйнування та зношування деталей за виглядом поверхні зношування або зламу;
- виявлення тріщин корпусних деталей, опор чи основи;
- контроль надходження мастильного матеріалу, наявності витоків олії (ознака, що визначає надлишок мастила, несправність ущільнень або ослаблення різьбових з'єднань);
- контроль биття валів (свідчать про пошкодження підшипників), муфт (свідчать про пошкодження муфт або про неправильне центрування валів), затягування різьбових з'єднань.

Коливання масляної або водної плівки, поява бульбашок у місцях з'єднань деталей – результат ослаблення різьбових з'єднань. На це вказує і поява порошку червоного кольору (окису заліза) у місцях відносного переміщення деталей через насичення поверхневих шарів металу киснем при дії напружень, що розтягують. Наявність чіткої розділової лінії між корпусом механізму та фундаментом визначає необхідність затягування різьбових з'єднань.

До візуальних методів може бути віднесений і метод діагностування редукторів за значенням мертвого ходу при нерухомому вихідному валі провертають вхідний до вибору зазорів в зубчастих передачах і за значенням кута повороту вхідного валу судять про ступінь зношування зубів.

Симптоми несправності при контролі надходження мастильного матеріалу залежать від способу *змащування*. При контролі кількості олії в редукторі за рівнеміром або масляним щупом - це рівень менший, ніж нижня допустима межа. Перевірка роботи насоса подачі олії включає пошук витоків та перевірку тиску олії за манометром, який повинен відповідати проектному діапазону.

Робота живильників перевіряється у разі використання пластичних мастильних матеріалів. Симптом несправності живильників - нерівномірна робота штоків або відсутність переміщення при перемиканні системи змащування.

У разі встановлення витратоміра контролюється витрата олії, яка повинна відповідати стандартному значенню. Візуально визначається ступінь просочування пластичного мастильного матеріалу з ущільнювальної частини - надмірне просочування або суха частина ущільнювача є симптомами несправності.

Стан оббризування маслом зубчастих коліс перевіряється через оглядове скло (визначається недостатність або нерівномірність оббризування). На оглядовому склі при задовільному змазуванні зазвичай спостерігається кілька крапель олії.

Зміна кольору (рисунок 6.5) олії вказує на наявність забруднюючих речовин. Вода в мастилi призводить до появи каламутно-білого кольору. Світлі олії розглядаються в світлі на прозорість. Для темних масел ємність з олією підігрівається до 80°C, потріскування під час нагрівання свідчить про присутність води.

Присутність води в мастильному матеріалі не призводить до істотної зміни характеристик мастильного шару, проте корозійні процеси, що виникають, провокують абразивне зношування.



Рисунок 6.5 — Зміна кольору олії від безбарвної до жовтої протягом чотирьох років експлуатації

Колір пластичного мастила може змінюватися від світло-жовтого до темно-коричневого. Про наявність домішок свідчить золотистий колір у разі підшипників ковзання і темніший колір у разі підшипників кочення.

В'язкість олії повинна відповідати стандартному значенню. Крім лабораторних способів в'язкість може оцінюватися візуально і на дотик. Пластичне мастило має бути гладким і м'яким, без сторонніх включень.

Присутність абразивних механічних домішок у оліях визначають пробою на стирання. На чисте плоске скло наносять кілька крапель випробуваного масла та закривають другим склом. Пересувають скло одне щодо іншого, щільно притиснувши їх пальцями. Якщо в маслі є абразивні механічні домішки, то чути характерний скрип. [2]

Перелік посилань

1. Сидоров В.А. Органолептичні методи технічного діагностування механічного обладнання // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2008. - №5. - С. 18-21.
2. Сидоров В.А. Органолептичні методи технічного діагностування механічного обладнання // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2008. - №6. - С. 18-22.

Запитання для контролю

1. Перелічіть основні відхилення акустичних шумів та назвіть їх причини.
2. Опишіть способи візуалізації механічних коливань.
3. Як визначити граничну температуру підшипника без допоміжних засобів?
4. Які види дефектів та пошкоджень можна виявити під час візуального огляду?

7. Види зношування та поломок деталей

7.1. Види механічного зношування

Механічне зношування - процес поступового руйнування поверхонь деталей за відносного руху.

Основна функція візуального огляду поверхонь, що труться - визначення виду зношування і постановка діагнозу, що дозволяє прийняти раціональні ремонтні впливи, що знижують швидкість зношування. [1]

Основні види механічного зношування наведено у таблиці 7.1 [2].

Таблиця 7.1 - Основні види механічного зношування

Умови виникнення	Механізм руйнування	Прояв
Зношування схоплюванням першого роду		
<ul style="list-style-type: none"> • тертя ковзання; • мала швидкість відносного руху (для сталевих деталей – до 1 м/с); • високий тиск, який перевищує межу плинності на фактичних майданчиках контактів; • відсутність мастила або захисної плівки оксидів між деталями, що труться; • низька температура нагріву поверхневих шарів (до 100 ° С). 	Характеризується виникненням адгезійних зв'язків між деталями з подальшим їх руйнуванням.	<p>На контактній поверхні деталі менш міцного матеріалу утворюються хаотично розташовані вириви, а в деталі з міцнішого матеріалу — налипання.</p> 
Зношування схоплюванням другого роду		
<ul style="list-style-type: none"> • тертя ковзання; • висока швидкість відносного переміщення (понад 4 м/с); • високий тиск, який перевищує межу плинності на фактичних майданчиках контактів; • висока температура у поверхневих шарах (до 1600°С). 	Перша стадія (температура до 600°С, механічні властивості матеріалів мало знижуються).	Виривають частинки на деталі з менш міцного матеріалу, що чергуються через приблизно однакові проміжки.
	Друга стадія (температура 600-1400°С, розм'якшення металу, помітне зниження механічних властивостей матеріалів).	На контактній поверхні міцнішої деталі видно налипання і розмазування металу, а в поверхні менш міцної — вириви.
	Третя стадія (температура понад 1400 ° С,	Оплавлені борозни.

	розплавлені шари металу забираються з мастилом).	
--	--	--

Окислювальне зношування

<ul style="list-style-type: none"> • тертя кочення або тертя ковзання; • швидкість відносного руху деталей 1,5-7,0 м/с (без мастила) та до 20 м/с (з мастилом). 	<p>Визначається взаємодією матеріалу деталей з киснем навколишнього середовища з утворенням твердих розчинів та плівок оксидів, що захищають вихідні матеріали від інтенсивного зношування. Зношування поверхонь полягає в періодичній появі та сколюванні твердих і крихких окисних плівок. Мінімальна швидкість зношування.</p>	<p>Матові смуги, що складаються з плівок оксидів, твердих розчинів та хімічних сполук металу з киснем.</p> 
---	---	--

Осповидне зношування

<ul style="list-style-type: none"> • тертя кочення; • змінні або знакозмінні навантаження; • високі тиски, що досягають межі витривалості. 	<p>Багаторазові навантаження викликають втому металу. На площинах максимального напруження всередині деталі зароджуються тріщини. Їх розвиток призводить до розриву контактної поверхні. Рух тіл кочення через</p>	<p>У місцях утворення сколів на контактних поверхнях з'являються подібні поглиблення. Найбільш характерний вид зношування деталей підшипників кочення.</p> 
---	--	---

	розрив поверхні супроводжується динамічними явищами, у результаті зношування прогресує.	
Абразивне зношування		
<ul style="list-style-type: none"> • тертя ковзання; • наявність на поверхнях тертя абразивних частинок. 	Абразивні частинки деформують мікрооб'єми поверхневих шарів і викликають процеси мікрорізання .	<p>Однозначно орієнтовані по відношенню до напрямку руху ризику різної глибини та протяжності.</p> 

До ерозійних видів зношування відносять [1]:

- *ерозійне зношування* - тверді частинки, що рухаються в потоці газу або рідини, надають на поверхню металу багаторазові локальні імпульсні удари, що викликають розхитування та вимивання поверхневого шару деталей (ерозію);
- *електроерозійне зношування* - ерозійне зношування поверхні в результаті впливу електричного струму, при цьому відбувається часткове перенесення металу з одного контакту на інший і розпилення металу;
- *кавітаційне зношування* - гідроерозійне зношування при русі твердого тіла щодо рідини і навпаки, при якому бульбашки газу захоплюються поблизу поверхні, створюючи місцеве підвищення тиску.

До додаткових видів зношування відносять (таблиця 7.2) [3].

Таблиця 7.2 - Додаткові види зношування

Умови виникнення	Прояв	Фото
<i>Зношування при проходженні електричного струму</i>		
<ul style="list-style-type: none"> • проходження електричного струму через вузол. 	Плями в місцях контакту деталей.	

Корозійне зношування

<ul style="list-style-type: none"> • конденсація вологи у вузлі; • відсутність мастильного матеріалу. 	<p>Починається із поверхні. Буває суцільний (покриває рівним шаром і змінює шорсткість поверхні деталей, не утворюючи окремих вогнищ) та місцевий (спостерігається у вигляді плям, глибина яких змінюється від незначного точкового заглиблення до виразок).</p>	
---	---	--

7.2. Види руйнувань та зламів

Злам — руйнування деталі, спричинене низькою якістю матеріалу, дефектами виготовлення, порушення правил експлуатації, випадковими механічними пошкодженнями та іншими факторами. [1]

Вид зламу дозволяє визначити причини його виникнення (таблиця 7.3).

Таблиця 7.3 - Основні види зламів

Зовнішній вигляд	Характер розвитку	Причина виникнення
<i>В'язке руйнування</i>		
<p>Має волокнисту будову, без кристалічного блиску (нерівні ділянки розсіюють світло – поверхня зламу здається матовою). Характерною ознакою є наявність бічних скосів на краю зламу.</p>	<p>Супроводжується інтенсивною пластичною деформацією матеріалу деталі. Первинні злами зрідка бувають в'язкими. Відносно повільно в'язка тріщина, що розвивається, або заздалегідь виявляється, або через надмірну пластичну деформацію деталей ще до руйнування перестає виконувати свої функції.</p>	<p>Вплив значних короткочасних сил, що виникають при заклинюванні механізму чи порушенні технологічного режиму. Може мати місце при тривалій дії сил, що викликають напруги, що перевищують межу плинності матеріалу деталі.</p>
<i>Крихка руйнація</i>		
<p>Має яскраво виражену кристалічну будову у матеріалів, що не деформуються, і гладка від зсуву у м'яких матеріалів. Кромки зламів гладкі, рівні, без скосів або з невеликими скосами. Схід на тендітному зламі вказує місце долому (закінчення руйнування).</p>	<p>Найчастіше починають розвиватися у зонах концентрації напружень (у місцях приварювання елементів жорсткості, перетину зварних швів, біля отворів і жолобників, у зонах різкої зміни товщини). Вогнищами часто є дефекти зварювання (гарячі та холодні тріщини, непровари, подрізи, шлакові включення, пори, розшарування металу).</p>	<p>Відбувається раптово при одноразовому додатку сили або під дією повторних ударних сил при малій мірі місцевої пластичної деформації.</p>
<i>Втомлива руйнація</i>		

<p>Чітко виділені: зона втомного руйнування, що має дрібнозернисту будову, з фарфороподібною або шліфованою поверхнею; зона статичного руйнування - з волокнистою будовою у пластичних металів і крупнозернистим у крихких.</p>	<p>Виникають у процесі поступового накопичення ушкоджень у матеріалі деталей, що знаходяться під дією змінних напружень, які призводять до утворення мікротріщин, їх розвитку та остаточного руйнування деталі.</p>	<p>Є одним із основних видів ушкодження від дії циклічних навантажень.</p>
---	---	--

Правила при очищенні та огляді зламу [1]:

- не видаляти з поверхні зламу нещільно прилеглі фрагменти;
- не намагатись скласти разом частини зруйнованої деталі;
- не протирати злам ганчір'ям і щітками;
- очищення зламу проводиться обдуванням стисненим повітрям з подальшим зануренням у гас.

Особливості *дефектів загартування* наведено у таблиці 7.4 . [1]

Таблиця 7.4 - Дефекти загартування

Прояв	Причина
Загартований шар дрібнозернистий, рівномірний.	Температурний режим витримано.
Поверхня зламу волокниста, напиллок залишає помітний слід деталі.	Виріб не нагріли до необхідної температури.
Поверхня зламу нерівномірна за зернистістю.	Виріб був нагрітий до вищої температури, ніж потрібно.
Злам крупнозернистий, із сильним білим блиском.	Виріб був нагрітий до надмірно високої температури і знаходився при цій температурі тривалий час.
Злам неоднорідний, місцями незагартовані і добре загартовані зерна, на ребрах і тонких частинах спостерігаються перепалені зерна.	Виріб був нагрітий надто швидко і нерівномірно.

7.3. Ушкодження підшипників кочення

Сліди *радіальної сили, прикладеної в одній точці, постійної в напрямку* , при внутрішньому і нерухомому зовнішньому кільці, що обертається, проявляються у вигляді безперервного сліду на внутрішньому кільці і місцевому зношуванні зовнішнього кільця (рисунок 7.1). [3]



Рисунок 7.1 - Сліди радіальної сили, постійної за напрямом:

а) безперервний слід зношування на внутрішньому кільці;

б) місцеве зношування зовнішнього кільця

Якщо нерухомим є внутрішнє кільце, а рухомим зовнішнє, тоді дія постійної радіальної сили проявиться у вигляді безперервного сліду зношування на зовнішньому кільці та місцевому зношуванні внутрішнього кільця.

При *деформації зовнішнього кільця підшипника* в результаті відхилень форми посадкового місця на зовнішньому нерухомому кільці з'явиться подібне фарбування в двох точках (рисунок 7.2).



Рисунок 7.2 — Сповідне фарбування у двох місцях на біговій доріжці зовнішнього кільця дворядного сферичного радіального роликпідшипника при відхилення форми посадкового місця кришки підшипника

Радіальна сила, прикладена в одній точці, що здійснює періодичний коливальний рух в обмеженому секторі призводить до місцевого зношування зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника (рисунок 7.3). Такий вид зношування характерний для шарнірних механізмів, у яких вал здійснює коливальні рухи.



Рисунок 7.3 — Місцеве зношування бігової доріжки зовнішнього кільця дворядного радіального роликопідшипника при коливальному русі

Радіальна сила, що обертається разом із валом, призведе до появи постійного сліду зношування на нерухомому зовнішньому кільці та місцевого викрашування на внутрішньому кільці (рисунок 7.4).



Рисунок 7.4 — Місцеве фарбування внутрішнього кільця шарикопідшипника при радіальній силі, що обертається, нерухомому зовнішньому кільці і одночасному вплив осьової сили

Осьова сила, що діє в поздовжньому напрямку, викликає зсув слідів зношування на кільцях підшипника (рисунок 7.4). Додатково, про вплив осьової сили можна судити з наявності засвітлень на торцях роликів (рисунок 7.5).



Рисунок 7.5 - Висвітлення на торцях роликів однієї з бігових доріжок дворядного радіального роликопідшипника при дії осьової сили

У підшипниковому вузлі є як нерухомі, і рухомі контактуючі поверхні деталей. Огляд підшипника кочення проводиться послідовно від посадкової поверхні підшипника в корпусі механізму до поверхні внутрішнього кільця посадки на вал.

Якщо поверхні внутрішнього кільця і валу нерухомі, то внутрішнє кільце підшипника має матову поверхню (рисунок 7.6).

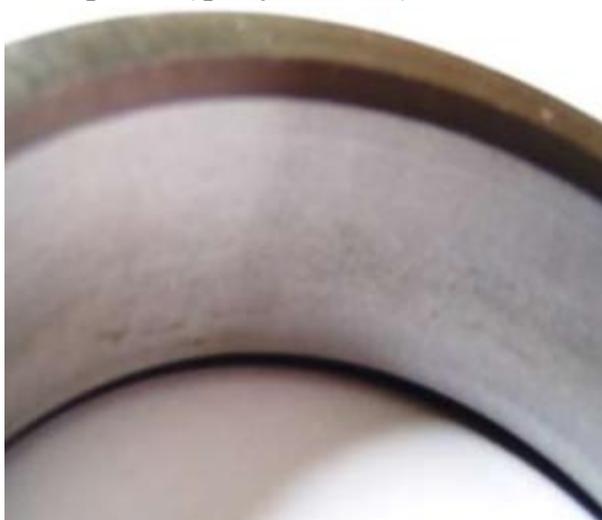


Рисунок 7.6 - Матова поверхня внутрішнього кільця підшипника при нерухомій посадці на вал

Ослаблення посадки підшипника внаслідок помилок монтажу, експлуатації часто призводить до прокручування підшипника на валу та в корпусі (рисунок 7.7). Проворот підшипника супроводжується збільшенням температури вузла, зміною характеру шуму та вібрації та призводить до неприпустимого зношування корпусних деталей.



Рисунок 7.7 - Сліди прокручування кілець підшипника

Фреттинг-корозія виникає при переміщенні контактуючих поверхонь під впливом змінних сил або вібрацій. Виявляється у вигляді інтенсивного окислення поверхонь, темних плям на посадкових поверхнях кілець підшипників (рисунк 7.8). Приводить до стукоту, ударів під час роботи підшипника. При подальшому розвитку може спричиняти зародження втомних тріщин.



Рисунок 7.8 - Сліди фреттинг-корозії на посадковій поверхні кілець шарикопідшипника:

а) внутрішнього;

б) зовнішнього

Якщо навантаження нерівномірно розподіляється по довжині ролика або між рядами тіл кочення дворядного підшипника (рисунк 7.9), то довговічність підшипника значно знижується. Причина - *перекіс корпусу підшипника* .



Рисунок 7.9 - Нерівномірне вифарбовування при згинанні валу:

а) по довжині роликів радіального роликопідшипника;

б) по бігових доріжках дворядного радіального сферичного шарикопідшипника

Огляд зовнішніх торцевих поверхонь кілець підшипника дозволяє підтвердити прокручування кілець або визначити наявність контакту підшипника з поруч розташованою деталлю (рисунки 7.10).



Рисунок 7.10 - Кільцеві ризики на торцевій поверхні внутрішнього кільця - результат контакту кільця підшипника з нерухомою деталлю

Огляд бігових доріжок зовнішнього та внутрішнього кілець дозволяє встановити характер контакту тіл кочення та бігової доріжки. *Перекіс валу* щодо корпусу підшипника може бути зафіксований за трикутним слідом при коливальному характері навантаження підшипника (рисунки 7.11).



Рисунок 7.11 — Трикутна форма контакту кільця з роликом при перекосі валу щодо корпусу дворядного роликового радіального підшипника

Тріщини поперек бігових доріжок - результат впливу динамічних навантажень, ударів або помилок монтажу (рис. 7.12а). Сколи бортів кільця - результат динамічних впливів осьової сили (рисунок 7.12б).



Рисунок 7.12 - Результати впливу ударного навантаження:

а) поперечна тріщина на кільці підшипника;

б) сколи бортів кільця

Тріщини, розташовані вздовж кільця підшипника, результат відсутності теплових зазорів при нагріванні механізму. Осьова сила, що виникає при тепловому розширенні, призводить до зникнення радіального зазору і виникнення значних радіальних сил, здатних призвести до руйнування зовнішнього кільця (рисунок 7.13).



Рисунок 7.13 — Руйнування зовнішнього кільця шарикопідшипника за відсутності теплового зазору

Збільшена осьова гра пари радіально-**завзятих** **кулькових** підшипників призводить при виникненні поздовжньої сили до появи гранності або до подібного фарбування на неробочій частині бігової доріжки (рисунок 7.14).



Малюнок 7.14 — Неробоча частина бігової доріжки радіально-упорного кулькового підшипника при збільшеній осьовій грі та поздовжньому навантаженні :

а) гранність ;

б) подібне фарбування

Бринелювання проявляється у появі вм'ятин на бігових доріжках з кроком, рівним кроку тіл кочення. Воно є наслідком ударних впливів під час монтажу (рисунок 7.15).



Рисунок 7.15 — Бринелювання на бігових доріжках завязаного шарикопідшипника — вм'ятини з кроком, рівним кроку тіл кочення

Помилкове бринелювання виникає при відпливі мастила з поверхонь кочення підшипників *непрацюючої машини* в результаті механічних коливань, що передаються від механізмів, що працюють. Виявляється у вигляді пошкоджень робочої поверхні підшипника, розташованих з кроком рівним кроку тіл кочення (рисунок 7.16).



Рисунок 7.16 - Сліди несправжнього бринелювання на робочій поверхні зовнішнього кільця роликового радіально-упорного конічного однорядного підшипника

Ушкодження сепаратора - найсерйозніший вид ушкоджень. При ушкодженнях сепаратора можливі пошкодження інших деталей внаслідок вібрації, зношування, заклинювання та перекосів (рис. 7.17). Найбільш поширена причина руйнування сепаратора - *проблеми змащування та деформації зовнішніх кілець*. Це призводить до виникнення нерівномірних сил по тілах кочення та впливу руйнівних сил на сепаратор.



Рисунок 7.17 - Руйнування сепаратора

Підшипники кочення підлягають заміні за наявності одного з таких пошкоджень [4]:

- втомні або корозійні раковини на доріжках та тілах кочення;
- тріщини, сколи бортів, кілець, тіл кочення;
- тріщини, злам сепаратора;
- зношування, обрив заклепок сепаратора;
- вибоїни на сепараторі;
- задираки, рифлення, вироблення або вм'ятини на робочих поверхнях кілець і тіл кочення;
- поверхнева корозія або кольору **втечі** на робочих поверхнях;
- збільшення радіального зазору.

7.4. Ушкодження зубчастих передач

На працездатність зубчастого зачеплення впливають такі зовнішні фактори :

1. Значення силового навантаження, що додається, визначає наступний характер пошкоджень на робочій поверхні:

- о номінальне навантаження не призводить до зміни форми зуба та не залишає слідів деформації на робочій поверхні зубчастої передачі (рисунк 7.18);



Рисунок 7.18 - Відсутність деформацій - ознака впливу номінального навантаження:

а) робоча поверхня зубів;

б) торцева поверхня зубів

- о змінні або знакозмінні сили, що призводять до появи на майданчиках контакту напружень, що перевищують межу витривалості матеріалу, залишають на робочій поверхні віспоподібні поглиблення, що викликаються втому матеріалу (рисунк 7.19);



Рисунок 7.19 — Перевищення межі витривалості матеріалу призводить до подібного фарбування робочої поверхні:

а) початкова стадія;

б) подальший розвиток;

в) граничний стан

- о пластичні зрушення на робочій поверхні зубів відбуваються при перевищенні напружень, що діють на майданчиках контактів, межі плинності, поверхневий шар металу переміщається від ділильного діаметра до вершини зуба, утворюючи виступ (рисунк 7.20);



Рисунок 7.20 - Пластичні зрушення на робочій поверхні зубчастої передачі - напруги на майданчиках контактів перевищили межу плинності:

а) початкова стадія;

б) подальший розвиток

2. Проміжними проявами діючих сил є: відшаровування частинок металу з робочої поверхні зубів, наклеп через сильні удари за наявності зазору в зачепленні.

3. *Характер силового навантаження, що прикладається, пов'язаний з сталістю або мінливістю частоти обертання, зміною напрямку обертання, значенням динамічної складової. Динамічні удари часто призводять до зламів зубів (рисунки 7.21). При збільшенні частоти обертання збільшуються вимоги до точності виготовлення та встановлення зубчастих передач, інакше збільшується зношування зубів. У нереверсивних передачах обов'язково слід оглядати зворотну (неробочу) поверхню зуба. На ній можуть бути помилки виготовлення або монтажу. Наприклад, через малий бічний зазор на зворотній поверхні зуба можуть з'явитися сліди контакту (рисунки 7.22).*



Рисунки 7.21 — Злам зубів через вплив динамічних ударів



Рисунки 7.22 - Пляма контакту на неробочій поверхні зуба колеса

4. *Наявність абразивних частинок або речовин, що викликають корозію, призводить до абразивного зношування, корозії поверхні зубів, сприяє виникненню газової або рідинної ерозії. Основна причина корозії - наявність води в мастильному матеріалі - проявляється у вигляді рівномірного (рисунки 7.23а) або нерівномірного шару (рисунки 7.23б) іржі на поверхні зубів.*



Рисунки 7.23 - Сліди корозії на поверхні зубів:

а) рівномірний шар;

б) нерівномірний шар

5. *Початковий прояв абразивного зношування - поява подряпин або рисок на робочій поверхні в напрямку руху абразивного матеріалу (рисунки 7.24). Розвитку абразивного зношування сприяє використання забрудненого або пластичного мастила, що є акумулятором абразивних частинок. У зношених передачах*

збільшуються зазори в зачепленні; посилюються шум, вібрація та динамічні навантаження; спотворюється форма зуба; зменшуються розміри поперечного перерізу та міцність зуба (рисунок 7.25).



Рисунок 7.24 - Початкова стадія абразивного зношування колеса шестеренного насоса - поява рисок на робочій поверхні зубів



Рисунок 7.25 - Гранична стадія абразивного зношування кремальєрної шестерні

На працездатність зубчастого зачеплення впливають такі *внутрішні чинники* :

1. *Нерухомість посадкових поверхонь* зубчастого колеса і валу задовольняє вимогам у тому випадку, якщо деталі, що сполучаються, **нерухомі** при **додатку** навантаження (рисунок 7.26а). Поява малих переміщень деталей, що сполучаються, призводить до фреттинг-корозії, що проявляється у вигляді темних плям на посадковій поверхні (рисунок 7.26б).



Рисунок 7.26 — Стан посадкових поверхонь зубчастого колеса та валу:

а) *нерухома посадка;*

б) *малі переміщення деталей, що сполучаються*

2. Надалі з'являються сліди взаємного переміщення поверхонь, що сполучаються у вигляді блискучих полірованих ділянок поверхні. Це збільшує швидкість розвитку процесів зношування, створюючи передумови виникнення ударів на останній стадії розвитку ушкодження. При розкритті стику деталей, що сполучаються, жорсткість з'єднання зменшується, виникають динамічні удари, що призводять до наклепу і руйнування.

3. *Характер взаємодії контактуючих поверхонь* визначається видом тертя на поверхнях, що контактують. Якщо переважає рідинне тертя, що забезпечує мінімальний коефіцієнт тертя, і відбувається повний поділ поверхонь, що контактують, шаром масла, то стан оцінюють як хороший. У цьому випадку переважним є окислювальне зношування (рисунок 7.27). Виникнення граничного тертя призводить до контакту деталей, проявляючись поліруванні робочої поверхні зубчастих передач (рисунок 7.28). Часто граничне тертя проявляється на початковій стадії припрацювання нових зубчастих коліс.



Рисунок 7.27 - Окислювальне зношування поверхні зубчастої передачі при рідинному тертя



Рисунок 7.28 - Полірована поверхня зуба - ознака граничного тертя

Відсутність мастила між контактуючими поверхнями призводить до підвищення температури, руйнування поверхневих твердих плівок оксидів і виникнення адгезійних зв'язків між поверхнями, що контактують. Для важконавантажених високошвидкісних зубчастих передач найбільш характерним є вириви металу на вершинах зубів (рисунок 7.29). Для їх запобігання рекомендують забезпечити постійне змащування поверхонь, що контактують, у тому числі, шляхом правильного вибору мастильного матеріалу. Такі пошкодження порушують характер зачеплення зубів, збільшують швидкість зношування та створюють концентратори напруги на поверхні зубів, що сприяють розвитку втомних тріщин і сколів.



Рисунок 7.29 - Вириви металу на вершинах зубів - захоплення поверхні при відсутності розділової масляної плівки

4. *Взаємне розташування деталей* оцінюють по плямі контакту, характеристики якого зазвичай наведені у ПТЕ, підручниках та посібниках. Правильне, рівномірне

за висотою та довжиною зуба розташування плями контакту показано на рисунку 7.30. Непаралельне розташування осей зачеплення при зменшеній відстані між осями зубчастих коліс відбувається через зношування посадкових місць підшипників валів зубчастих передач і призводить до скорочення плями контакту до неприпустимих розмірів (рисунок 7.31). Неспіввісність валів можна зафіксувати за характером зношування елементів зубчастої муфти (рисунок 7.32).



Рисунок 7.30 - Рівномірне розташування плями контакту по довжині та висоті зуба



Рисунок 7.31 — Скорочення плями контакту через непаралельне розташування осей зачеплення при зменшеній відстані між осями зубчастих коліс



Рисунок 7.32 - Нерівномірне зношування зубів зубчастої муфти при неспіввісності валів

Відхилення в розташуванні валів і зубчастих коліс призводить до порушення рівномірності впливу сил, що **додаються**. Вона може виявлятися в нерівномірному розподілі сил по довжині зуба (рисунок 7.33) і рівномірному по колу зубчастого колеса. Нерівномірний розподіл сил по колу зубчастого колеса можливий через його ексцентричне розташування. Відхилення можуть бути настільки великі, що призведуть до порушення контакту зубчастого зачеплення (рисунок 7.34). Нерівномірність розподілу сил призводить до утворення локальних відколів зубів в обмеженому секторі (рисунок 7.21).



Рисунок 7.33 — Нерівномірний розподіл сил, що діють, по довжині зуба і рівномірний розподіл по колу зубчастого колеса.



Рисунок 7.34 - Пошкодження конічного колеса при виході зубів із зачеплення

5. Нагромадження втомних ушкоджень проявляється у зародженні, розвитку та реалізації тріщин, руйнуванні зубів (рисунок 7.35)



Рисунок 7.35 — Локальні руйнування зубів через втому тріщин.

Зубчасте колесо необхідно замінити [5]:

- при зламі зуба, наявності тріщин біля основи зуба, пластичній деформації матеріалу зуба;
- при подібному фарбуванні з пошкодженням робочої поверхні зубів більш ніж на 20% і глибині ямок фарбування більше 5% товщини зуба;
- при абразивному зношуванні зуба на 10-20% від його товщини;
- при наклепі, задираках на робочій поверхні зуба та пошкодженні понад 20% площі робочої поверхні;
- за наявності кольорів втечі на робочій поверхні зубів;
- при розмірі плями контакту менше 25-60% за висотою та 30-80% за шириною зуба.

Перелік посилань

1. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт / В.І. Бобровицький , В.А. Сидорів . - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.
2. Седуш В.Я. Надійність, ремонт та монтаж металургійних машин: підручник / 3-тє вид., перероб . та дод. - К: НМК ВО, 1992. - 150 с.
3. Сидоров В.А. Класифікація пошкоджень підшипників // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2009. - №3. - С. 86-89.
4. Сидоров В.А. Класифікація пошкоджень підшипників // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2009. - №4. - С. 62-64.

5. Сидоров В.А. Ушкодження зубчастих передач. Класифікація // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2010. - №2. - С. 18-22.

Запитання для контролю

1. Охарактеризуйте основні види механічного зношування.
2. Охарактеризуйте основні види зламів.
3. За яких умов підшипник кочення підлягає заміні?
4. За яких умов зубчасте колесо підлягає заміні?

8. Складання вузлів та механізмів

8.1. Складання та розбирання шпонкових та шліцевих з'єднань

Шпонкові з'єднання передають крутний момент від валу до колеса і служать для закріплення на валах різних деталей машин (зубчастих коліс, муфт, шківів тощо). Утворюються за допомогою шпонки, встановленої в сполучені пази валу та колеса. Шпонка має вигляд призми (передає момент, що крутить, бічними гранями), клина (передає момент за рахунок сил тертя по верхніх і нижніх гранях) або сегмента, рідше — інших форм. Шпонкові з'єднання прості, надійні, зручні у складанні та розбиранні, дешеві. Недоліки: послаблюють переріз валів та маточин коліс, концентрують напруження в кутах пазів, порушують центрування та балансування колеса на валу. [1]

Перед складанням призматичного шпонкового з'єднання деталі очищають і перевіряють посадкові розміри, наявність на поверхнях, що сполучаються, вибоїн, задирок та інших дефектів. Посадку шпонки в паз валу проводять легкими ударами молотка з м'якого металу під пресом або за допомогою струбцин. Перекіс шпонки та врізання в тіло паза не допускаються. Відсутність бічного зазору між шпонкою і пазом перевіряють щупом, потім насаджують деталь, що охоплює (колесо, шків) і перевіряють наявність радіального зазору (таблиця 8.1). Напрямні призматичні шпонки встановлюють з додатковим кріпленням в пазу гвинтами, в пазу деталей, що переміщаються роблять більш вільну посадку.

Таблиця 8.1 - Значення радіального зазору для призматичних шпонок

Діаметр валу, мм	Радіальний зазор, мм
менше 90	0,3
90-170	0,4
понад 170	0,5

Призматичні шпонки підлягають заміні при:

- змінання бічних граней;
- ослаблення посадки;

- змінання шпонкової канавки.

Для розбирання в середній частині шпонки виконують різьбовий отвір і повертають гвинт. Головна умова процесу розбирання шпонки - збереження чистоти і точності посадкових місць. При невеликому виробленні стінки канавки необхідно вирівняти стінки канавки шпонки до отримання правильної форми і виготовити нову шпонку зі збільшеним перетином. Розширення канавки шпонки допускається на величину, що не перевищує 15% від початкового розміру. Засвердлювання шпонкових канавок повинно проводитись фрезою.

При складанні *клинових шпонкових з'єднань* необхідно контролювати щільне прилягання шпонки до дна паза та втулки, зазори з бокових стінок. Верхня грань клинових шпонок має бути виконана з ухилом за довжиною 1:100. Щоб уникнути перекосу, ухили на робочій поверхні шпонки і в пазі втулки повинні збігатися. Точність посадки шпонки перевіряється щупом з обох боків втулки (таблиця 8.2). При складанні пази валу або поверхні шпонки припилюють або пришабрують для виключення перекосу або усунення. У зібраному з'єднанні головка клинкової шпонки не повинна доходити до торця маточини на величину, що дорівнює висоті шпонки. Щоб уникнути випадання клинових і тангенціальних (що складаються з двох клинів) шпонок при їх ослабленні головок встановлюють упори на гвинтах.

Таблиця 8.2 - Значення бічного зазору для клинових шпонок

Розміри шпонок, мм		Бічний зазор, мм
ширина	висота	
12-18	5-11	0,35
20-28	8-16	0,40
32-50	11-28	0,50
60-100	32-50	0,60

Шпонки розміром перерізу більше 28x16 мм необхідно перевіряти на фарбу по посадкових місцях до отримання більше п'яти відбитків на квадратний сантиметр поверхні. Перед встановленням шпонки необхідно зачистити та змастити олією шпонку та шпонкову канавку. Не допускається у всіх видах з'єднань шпонки встановлювати підкладки для досягнення щільної посадки.

Сегментні шпонкові з'єднання меншою мірою схильні до перекосу і не вимагають ручної пригонки, так як шпонковий паз отримують фрезою, що відповідає розміру шпонки. Тим не менш, паз під сегментну шпонку глибший, що послаблює перетин валу.

Шлицеві з'єднання утворюються виступами на валу, що входять у сполучені пази маточини колеса. За зовнішнім виглядом та за динамічними умовами роботи шлиці можна вважати багатошпонковими сполученнями. Точні з'єднання центрують по зовнішньому або внутрішньому діаметру, а з'єднання, що передають великий крутний момент — по бічних поверхнях.

У порівнянні зі шпонками шліци:

- мають велику несучу здатність;
- передають більший крутний момент;
- краще центрують колесо на валу;
- посилюють переріз валу рахунок більшого моменту інерції ребристого перерізу проти круглого;
- вимагають спеціального устаткування виготовлення отворів.

Основними критеріями працездатності шліцевих з'єднань є:

- опір бічних поверхонь зім'яттю;
- опір зношування при фреттинг-корозії (малі взаємні вібраційні переміщення).

Рухливі шліцеві з'єднання зазвичай мають посадку із зазором і збираються від руки, перед складанням деталі змащуються. Жорсткі шліцеві з'єднання можуть мати перехідну посадку або посадку з натягом і збираються шляхом нагрівання до температури 80...120°C і пресування деталі, що охоплює. Жорсткі шліцеві з'єднання після збирання перевіряють на биття, а рухливі - на рівномірність провертання щодо нерухомого валу в чотирьох діаметральних перерізах. При складанні відповідальних шліцевих з'єднань прилягання поверхонь, що сполучаються, перевіряють на фарбу.

8.2. Складання та розбирання різьбових з'єднань

Перед збиранням виконують розконсервацію кріпильних деталей, знімаючи захисне мастило розчинником, виконують очищення різьблення. Перевіряють стан різьблення, знімають задирки, пошкоджені місця зачищають, змащують різьблення і перевіряють **свинчування** з'єднання. За наявності вм'ятин, вибоїн, фарбування, зриву більше двох ниток різьблення, згинання стрижнів або помітного зношування — кріпильні деталі бракують.

При складанні різьбових з'єднань:

- перевіряють стик деталей, що з'єднуються на прилягання стикуваних поверхонь;
- при необхідності приганяють поверхні, що стикуються;
- поєднують осі отворів під кріпильні деталі;
- в отвори вставляють болти або повертають шпильки;
- надягають шайби та підкладкові стопорні елементи;
- наворачують гайки і попередньо їх накручують;
- заміряють зазор по опорних поверхнях гайок (прилягання опорних поверхонь має бути не менше ніж 75% по всій довжині);
- остаточно затягують гайки;
- контролюють правильність взаємної орієнтації деталей, що з'єднуються, і щільність стику відповідно до робочих креслень.

Технологія збирання різьбових з'єднань з **додатком** крутного моменту до гайки здійснюється за допомогою гайкових ключів, ключів граничного моменту, динамометричних ключів, ключів мультиплікаторів, гідравлічних, пневматичних,

електричних гайковертів, що призводить до виникнення в стрижні болта дотичних напружень.

Технологія збирання різьбових з'єднань з *попереднім нагріванням болтів* (до 100 °С) виключає виникнення дотичних напружень (при цьому слід враховувати втрати тепла під час збирання, що може не дозволити забезпечити створення в болтах заданих сил попередньої зтяжки).

Технологія збирання різьбових з'єднань з **додатком** до болтів осьових сил виключає виникнення в стрижнях дотичних напружень, а використання гідравлічного інструменту дозволяє забезпечити контроль зусилля зтягування за допомогою манометра на олії .

Групи болтів (шпильок) **зволікають** з однаковим зусиллям. Для невідповідальних (конструктивних) болтів і шпильок зтяжку виконують у 2 обходи, а відповідальних (**розрахункових**) — щонайменше ніж у 3 обходу (0,5; 0,7; 1,0 зусилля зтяжки). Різьбові з'єднання з попереднім розтягуванням збирають у 2 обходи.

На попередньому етапі за допомогою ключів, гайковертів та спеціальних накидних головок проводять накручування гайок до упору. На завершальному етапі за допомогою ключів-мультиплікаторів, гайковертів, гідравлічних ключів, спеціальних домкратів або інших пристроїв остаточно зтягують гайки.

Зтягування слід проводити в шаховому порядку симетрично щодо поздовжньої осі стику від центру до периферії. Складання різьбових з'єднань фланцевих стиків проводять шляхом одночасної зтяжки симетрично розташованих пар гайок (попарне складання) або діаметрально розташованих гайок.

8.3. Складання та розбирання вузлів підшипників кочення

8.3.1. Підготовчі операції

Перевірка якості посадкових місць на валу та в корпусі, перевірка справності та комплектності сполучних та ущільнювальних деталей. Посадочні місця не повинні мати вибоїн, ризок, плям корозії, тріщин, задирок. Не допускається кернення посадкових місць, **гирса** шийок та встановлення прокладок. Поверхні валів і корпусів, що сполучаються з підшипниками, повинні бути ретельно промиті, протерті, просушені і змащені тонким шаром мастильного матеріалу. Канали для підведення мастила повинні бути продуті та очищені від стружки та інших частинок.

Робочий інструмент має бути чистим, без задирок. Щоб уникнути пошкоджень робочих поверхонь, забороняється обертати підшипники непромитими. Не дозволяється обертати сухі підшипники, які не мають на робочих поверхнях **олії**.

Необхідно перевірити відхилення співвісності всіх посадкових поверхонь, розташованих на одній осі. Якщо підшипники, що слугують опорою одного валу, встановлюють у роздільні корпуси, співвісність корпусів забезпечується за допомогою прокладок або інших засобів відповідно до вимог технічної документації.

Для підготовки підшипників до монтажу перевіряють написи на упаковці та підшипниках. Розпаковують підшипники безпосередньо перед початком робіт.

Розконсервацію підшипників проводять у мінеральному маслі за нормальної температури 80...90 °С. Зберігати розконсервовані підшипники більше ніж дві години без захисту від корозії не рекомендується.

Перед монтажем підшипник слід перевірити на легкість обертання, відповідність зовнішнього вигляду зазорів вимогам нормативно-технічної документації. Візуально у підшипників відкритого типу перевіряють наявність вибоїн, слідів забруднень, корозії, повного комплекту заклепок, щільності їх встановлення, повного комплекту тіл кочення, пошкодження сепаратора. У підшипників закритого типу слід перевірити, чи не пошкоджені ущільнення та захисні шайби.

Легкість обертання попередньо змащеного підшипника перевіряють провертанням від руки зовнішнього кільця. Перевірку ведуть, утримуючи підшипник за внутрішнє кільце у горизонтальному положенні. Кільця повинні обертатися плавно, без різкого гальмування.

8.3.2. Складальні операції

Полягають у поєднанні внутрішнього кільця з валом і зовнішнього з корпусом. Для суміщення внутрішнього кільця з валом використовують:

1. *Механічне сполучення* при складанні підшипників із внутрішнім діаметром до 60 мм. При монтажі підшипника зусилля напрусування повинно передаватися тільки через кільце, що напрусовується (через внутрішнє при монтажі на вал, через зовнішнє — в корпус). Забороняється монтаж так, щоб зусилля передавалося з одного кільця на інше через тіла кочення. Якщо підшипник одночасно монтується на вал і корпус, то зусилля передаються на торці обох кілець. Не допускається застосування монтажних зусиль до сепаратора. Не можна завдавати ударів безпосередньо по кільцю - слід використовувати, наприклад, втулку з м'якого металу.
2. *Теплові посадки* використовуються для якісного монтажу. Нагрівання проводять у масляних ваннах або за допомогою електроіндукційних установок. При монтажі підшипників відкритого типу з циліндричним отвором на вал з натягом, підшипник занурюють у ванну з чистою мінеральною олією, що має високу температуру спалаху, нагріту до 80...90 °С, і витримують протягом 15-20 хвилин. При монтажі підшипників із захисними шайбами і постійно закладеним мастилом їх нагрівання до тієї ж температури проводять у термостаті. Нагрівання відкритим полум'ям забороняється, оскільки може супроводжуватися місцевими деформаціями, що призводять до температурних напружень, мікротріщин, зміни вихідної структури і фізико-механічних властивостей поверхонь, що з'єднуються. Нагрітий підшипник встановлюють на вал та доводять до місця невеликим зусиллям. При цьому сторона підшипника, на якій нанесено заводське тавро, має бути зовні. Для монтажу великогабаритних підшипників доцільним є застосування

гідравлічного розпору, що забезпечує якісну установку підшипника, відсутність пошкоджень монтажних поверхонь і високу продуктивність.

3. *Охолодження валу* підвищує межу міцності та твердість більшості сталей, не змінюючи їх пластичних властивостей. При посадці підшипника в корпус з натягом, перед монтажем рекомендується попередньо охолодити підшипник рідким азотом (-160 °С) або сухим льодом або нагріти корпус.

Найбільш доцільними є способи монтажу, при яких щоб уникнути перекосу здійснюється одночасний і рівномірний тиск по всьому колу кільця, що монтується. Для здійснення застосовуються труби з м'якого металу, внутрішній діаметр яких дещо більший за діаметр отвору кільця, а зовнішній – трохи менше зовнішнього діаметра кільця. На вільному кінці труби встановлюють заглушку зі зовнішньою сферичною поверхнею, до якої докладають зусилля при монтажі. Зусилля при монтажі слід створювати за допомогою механічних або гідравлічних пресів та пристроїв, а за їх відсутності - нанесенням несильних ударів молотком через монтажну трубу із заглушкою (при монтажі підшипників малих розмірів з невеликими натягами). За будь-яких способів монтажу необхідно ретельно стежити за забезпеченням рівномірного, без перекосу, осьового переміщення кільця.

8.3.3. Регулювальні операції

Дворядні сферичні кулькові та роликові підшипники з конічним отвором встановлюють на циліндричному валу за допомогою закріплювальних і стяжних втулок, а на валах з конічною шийкою безпосередньо на шийку валу. Монтаж підшипників з діаметром отвору до 70 мм і нормальними натягами доцільно здійснювати за допомогою монтажної втулки, що навертається на різьбовий кінець валу. Натискна частина впливає на торець закріпної втулки або безпосередньо на торець внутрішнього кільця (при монтажі без закріплювальних та стяжних втулок). Підшипники з діаметром отвору понад 100 мм слід монтувати гідравлічними методами. У міру осьового просування закріпної втулки внутрішнє кільце підшипника деформується (розширюється), зменшується радіальний зазор. Радіальний зазор необхідно контролювати за допомогою щупа (орієнтовно діаметр отвору, поділений на 3000).

У процесі установки підшипників за допомогою щупа товщиною від 0,03 мм або світловою щілиною слід переконатися в щільному і правильному приляганні торців кілець підшипника до торців заплічників. Аналогічної перевірки повинні бути піддані протилежні торці підшипників і торці деталей, що притискають їх в осьовому напрямку.

Необхідно перевірити правильність взаємного розташування підшипників у опорах валу. Вал після монтажу повинен обертатися від руки легко, вільно та рівномірно.

Осьовий зазор радіально-упорних і **завзятих** підшипників встановлюють осьовим зміщенням зовнішнього та внутрішнього кілець за допомогою прокладок,

гайок, втулок розпірних. Вал зміщують в осьовому напрямку до повного контакту тіл кочення з поверхнею кочення відповідного зовнішнього кільця.

Для запобігання закушування великих підшипників при монтажі або в процесі експлуатації допускається проводити пришабрування поверхонь отворів у місцях роз'єму корпусів. Повноту прилягання великих підшипників до посадкових місць у роз'ємних корпусах перевіряють за допомогою калібру та фарби (відбитки фарби повинні становити не менше 75% посадкової площі). У роз'ємних корпусах за допомогою щупа завтовшки не більше 0,05 мм перевіряють щільність і рівномірність прилягання основи кришки.

У зібраному вузлі необхідно перевірити наявність зазорів між деталями, що обертаються і нерухомими (особливо - сепараторів, які іноді виступають за площину торців кілець). Перевіряють збіг проточок для подачі мастила в корпусах з мастильними отворами зовнішніх кільцях підшипників.

Для підшипників з циліндричними роликками і без бортів після монтажу перевіряють відносне зміщення зовнішнього та внутрішнього кілець в осьовому напрямку (не більше 0,5-1,5 мм для підшипників з короткими роликками, не більше 1,0-2,0 мм для підшипників з довгими роликками, великі значення для підшипників великих розмірів).

8.3.4. Пробний запуск

Після завершення складальних операцій та введення в підшипникові вузли мастильного матеріалу перевіряють якість монтажу підшипників пробним пуском складальної одиниці на низьких обертах без навантаження, прослуховуючи шум обертання.

Здійснюється контроль температури підшипникових вузлів, яка не повинна перевищувати температури навколишнього середовища більш ніж на 40 °С. Причиною підвищеної температури може бути малий зазор у підшипнику, надмірно великий натяг, недолік мастила, зношування робочих поверхонь, взаємний перекіс кілець. Протягом 1-2 днів після змащування (зокрема повторного) має місце деяке підвищення підшипника.

8.3.5. Розбирання

У всіх випадках розбирання підшипників забороняється завдавати ударів молотком по кільцях, тілах кочення та сепаратору.

Для розбирання підшипникових вузлів рекомендується використання спеціальних пристроїв та пристроїв (знімачів) різних конструкцій, що забезпечують якісне та безпечне виконання операції.

Як виняток, за відсутності можливості використання захватів за внутрішнє кільце, допускається захоплення підшипника за зовнішнє кільце. Щоб уникнути пошкоджень розбирання, при цьому необхідно проводити обертанням захоплення при фіксованому положенні гвинта знімання.

Наявність на валах отворів та канавок для підведення **олії** значно полегшує проведення розбирання. Масло під тиском подається і рівномірно розподіляється по сполучених поверхнях підшипника і валу, знижуючи до мінімуму тертя між ними.

Розбирання за допомогою індукційного нагрівання найбільше зручне для внутрішніх кілець роликів циліндричних підшипників. Розміри нагрівача та форма його конструкції залежать від габаритних розмірів та конструкції підшипникового вузла.

8.4. Складання валів та зубчастих коліс

При складанні валів і зубчастих коліс пред'являються норми:

- *кінематичної точності*, яка визначається похибкою кута повороту зубчастих коліс за оборот;
- *плавності роботи*, яка визначається провертанням зібраної передачі динамометричним ключем;
- *контакту зубів*, що визначається розмірами плями контакту сполучених зубів.

Бічний зазор у великих зубчастих передачах великого модуля перевіряють шляхом прокатування між зубами свинцевих **зволікань** або пластин, що встановлюються по довжині зуба. При перевірці норм контакту зубів, зубці меншого колеса покривають тонким шаром фарби і повертають зубчасту пару, після чого оглядають сліди прилягання на зубах великого колеса. Основна причина неправильного прилягання - непаралельність або перекіс осей отворів у корпусі, а також похибки у вузлі.

При монтажі та складанні зачеплень зубчастих передач пред'являються такі вимоги щодо перевірки виконання робіт:

- перевірка заданої міжцентрової відстані, паралельності осей валів та відсутність перекосів;
- перевірка **ділового** кола;
- перевірка радіального та торцевого биття зубчастого колеса;
- вимірювання бічного зазору;
- перевірка товщини зуба;
- перевірка встановлення коліс;
- остаточна перевірка зачеплення на фарбу (рисунок 8.1 , Рисунок 8.2).

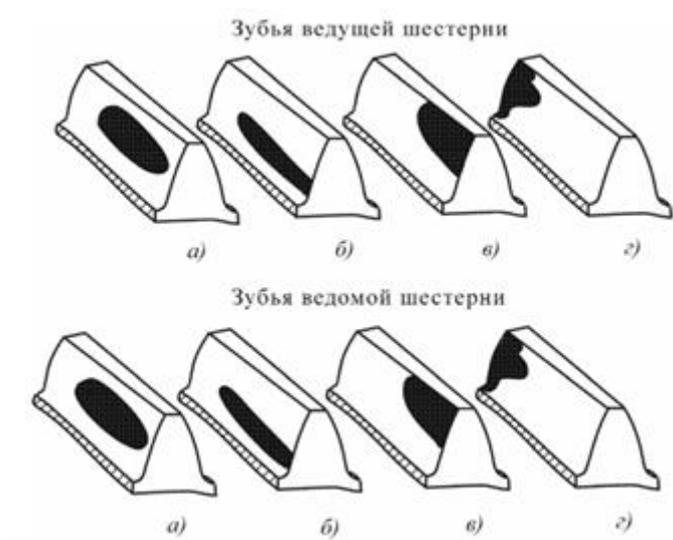


Рисунок 8.1 - Перевірка зачеплення конічної передачі за допомогою фарби: а) правильно відрегульоване зачеплення; б) зменшений радіальний проміжок; в) збільшений радіальний проміжок; г) осьове зміщення коліс

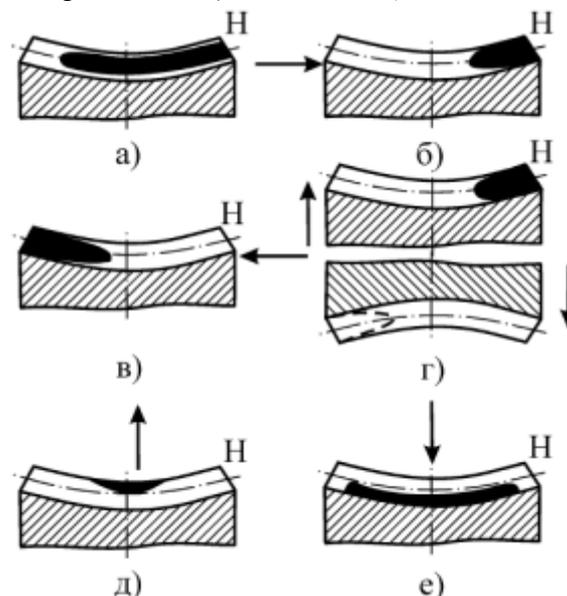


Рисунок 8.2 - Перевірка правильності встановлення черв'ячного колеса щодо черв'яка за допомогою відбитка фарби на зубах (H - місце входу витка черв'яка в зуби черв'ячного колеса): а) правильне зачеплення (пляма дотику розташовується симетрично і займає 70...75 % поверхні зуба); б), в) черв'ячне колесо зсунуто убік від осі (стрілкою показано напрямок зсуву для усунення дефекту); г) черв'ячне колесо перекошене; д) збільшена міжцентрова відстань; е) зменшена міжцентрова відстань

У циліндричних зубчастих передачах непаралельність та перекіс валів не повинні перевищувати (на кожні 1000 мм довжини) відповідно 0,3 мм та 0,25 мм. Непаралельність валів може бути встановлена штангенциркулем, за допомогою натягнутої струни та рейсмусу, штихмасом, а перекіс валів – рівнем.

8.5. Центрування валів

Механізми, що з'єднуються між собою, працюють правильно в тому випадку, якщо їх вали встановлені так, щоб їх пружні лінії були продовженням одна одної без зміщення і зламу в площині сполучення, що отримало назву *центрування*.

Осі обертання двох валів мають паралельне зміщення та кутовий злам. У процесі роботи, навіть при використанні пружних муфт, перекося призводять до збільшення навантаження на опорні частини машини, підвищення вібрації та інших негативних ефектів.

Для центрування валів використовують метод грубого вивіряння за допомогою лінійок, щупів, клинових щупів та методи точного вивіряння за допомогою індикаторів годинникового типу або лазерного центрувальника .

Перед центруванням напівмуфти валів повинні бути роз'єднані, щоб уникнути дотиків. Потім перевіряють вільне прокручування кожного з валів і переконуються у відсутності зачіпань.

Зазвичай як «нерухомі» вибирається частина механізму, положення якої в процесі вивіряння не змінюється (насос, вентилятор), «рухлива» частина (двигун) переміщається для усунення неспіввісності .

Радіальні (R, по колу) та осьові (A, по торцю) зазори при центруванні вимірюють при вихідному положенні 0° і після повороту валів на 90°, 180° та 270° у напрямку робочого обертання. Для контролю правильності вимірювань після чотирьох вимірів необхідно встановити напівмуфти в початкове положення. Результати повторних вимірювань у цьому положенні повинні збігатися з початковими, інакше слід знайти причину відхилення та усунути. Результати вимірювань заносять у кругову діаграму (рисунок 8.3). Правильність виміру перевіряють, зіставивши суми результатів, отриманих при вимірі на протилежних сторонах напівмуфт. Ці суми мають бути рівними між собою:

$$R_1 + R_3 = R_2 + R_4;$$

$$A_1 + A_3 = A_2 + A_4.$$

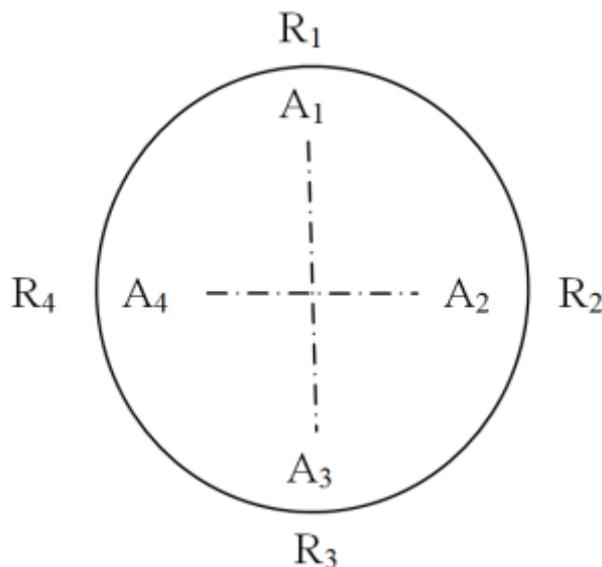


Рисунок 8.3 - Кругова діаграма для центрування

Отримані виміри по торцю та колу можна привести до нуля шляхом віднімання отриманих результатів найменшого зазору. У разі незадовільних результатів

центрування та необхідності переміщення валів у горизонтальній (x) та вертикальній (y) площинах визначають величини переміщення (рисунок 8.4) опор №1 та №2:

$$x_1 = (A_2 - A_4) \times (L + l) / d_m + (R_2 - R_4) / 2 ;$$

$$y_1 = (A_1 - A_3) \times (L + l) / d_m + (R_1 - R_3) / 2 ;$$

$$x_2 = (A_2 - A_4) \times l / d_m + (R_2 - R_4) / 2 ;$$

$$y_2 = (A_1 - A_3) \times l / d_m + (R_1 - R_3) / 2 .$$

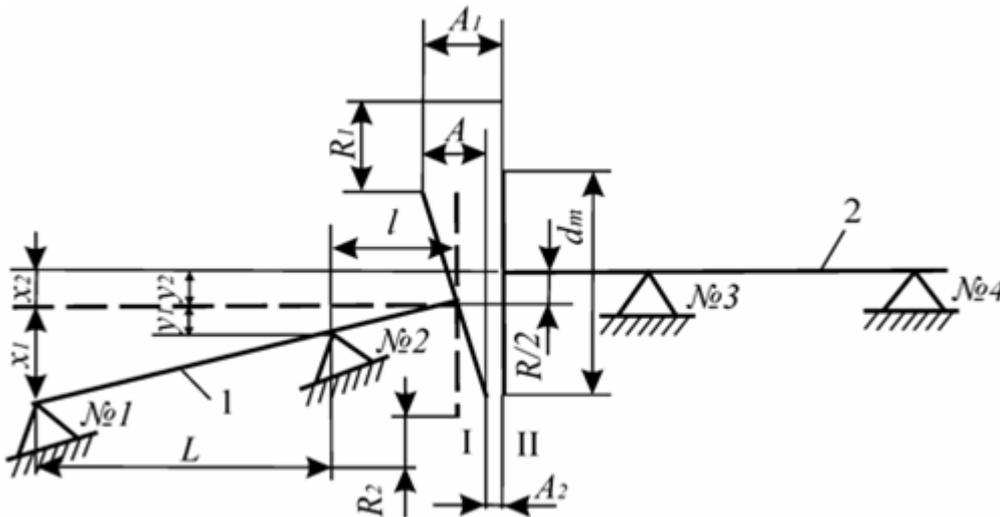


Рисунок 8.4 – Схема центрування валів: I, II – площини вимірів; 1 - центрований вал; 2 - базовий вал; №1 ... №4 - опори

Спочатку проводять поєднання осей у вертикальному напрямку, а потім у горизонтальному.

Перелік посилань

1. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт / В.І. Бобровицький , В.А. Сидорів . - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.

Запитання для контролю

1. Назвіть основні вимоги при складанні та розбиранні шпонкових та шліцевих з'єднань.
2. У якому порядку здійснюється затягування різьбових з'єднань?
3. Назвіть основні вимоги щодо складання та розбирання підшипникових вузлів.
4. Які параметри контролюються при складанні валів та зубчастих коліс?
5. Опишіть порядок виконання центрування валів.

9. Змащення металургійних машин

9.1. Види змащування

Для зменшення втрат потужності на тертя і зниження інтенсивності зношування поверхонь, що труться, а також для запобігання їх від заїдання, задирів , корозії і для кращого відведення тепла, поверхні деталей, що труться, повинні мати надійне змащування. [1]

Зношування - процес руйнування та відділення матеріалу з поверхні твердого тіла та (або) накопичення його залишкової деформації при терті, що проявляється у поступовій зміні розмірів та (або) форми тіла (деталі).

Змащення - дія мастильного матеріалу, в результаті якого між двома поверхнями зменшується сила тертя та (або) інтенсивність зношування.

Основне призначення мастила полягає в утворенні шару з мастильного матеріалу, що розділяє поверхні тертя, і завдяки цьому зменшують сили тертя і зношування.

Розрізняють три *режиму змащування* :

1. *Граничне змащування* має місце при недостатній товщині мастильного шару для поділу поверхонь, що труться, виникає при:

- нестачі мастильного матеріалу;
- недостатня швидкість переміщення сполучених поверхонь;
- низької в'язкості оливи.

Наслідком є:

- металевий контакт сполучених поверхонь
- схоплювання виступаючих піків шорсткості, внаслідок чого має місце:
 - значне тертя;
 - велике зношування;
 - руйнування сполучених поверхонь.

2. *Гідродинамічне змащування* виникає при повному поділі сполучених поверхонь мастильним шаром. Тертя у разі значно нижче, відсутній металевий контакт поверхонь тертя.

3. *Контактно-гідродинамічний режим* виникає при пружному деформуванні поверхонь у місцях контакту, проте олива із зони контакту не видавлюється. У зоні контакту в'язкість оливи різко зростає, а після зняття навантаження знову знижується до вихідного значення.

9.2. Класифікація мастильних матеріалів

Найбільш широко в техніці використовуються рідкі та пластичні мастильні матеріали. Менш поширені тверді та газоподібні мастильні матеріали.

Пластичні мастильні матеріали застосовують для змащування підшипників кочення при частоті обертання до 3000 об/хв. та температурі до 100°C. Більшість підшипників кочення (до 90%) змащується цими матеріалами.

Переваги пластичних мастил:

- проста та дешева конструкція підшипникових вузлів;
- краще ущільнення проти проникнення вологи та забруднення із зовнішнього середовища.

Рідкі масла застосовуються при високих частотах обертання, що перевищують допустимі для змащування пластичним мастилом, а також при необхідності відведення тепла від вузлів механізму. Використовуються також за необхідності змащування низки вузлів: підшипників, ущільнень, зубчастих коліс.

Тверді мастильні матеріали застосовують у вигляді порошків чи покриттів. Це графіт, дисульфід молібдену, що мають лускату будову та малі зусилля при зміщенні шарів один відносно одного. Застосовуються при від'ємних температурах та при температурах понад 100°C.

9.3. Характеристики, особливості, способи подачі та контролю пластичних мастильних матеріалів

Пластичні мастила складаються з двох компонентів: рідкої основи (мінеральні, рослинні, синтетичні та інші оливи) та загусника (тверді вуглеводні, різні солі високомолекулярних жирних кислот, високодисперсні силікагелі та бентоніти, інші продукти органічного та неорганічного походження). У своєму складі містять присадки, що покращують експлуатаційні характеристики, а також наповнювачі (графіт, дисульфід молібдену, порошкоподібні метали або їх оксиди, слюду та інші).

Переваги пластичних мастил :

- здатність утримуватися у негерметичних вузлах тертя;
- працездатність у широких температурному та швидкісному діапазонах;
- краща здатність, **що змащує**;
- високі захисні властивості від корозії;
- працездатність у контакті з водою та агресивними середовищами;
- економічність .

Недоліки пластичних мастил :

- погана **охолодна** здатність;
- висока схильність до окиснення;
- складність подачі до вузла тертя.

Залежно від загусника розрізняють:

1. *Кальцієві* (солідоли) мастила - вологостійкі (можуть містити до 4% вологи). Мають хорошу механічну стабільність та низький коефіцієнт внутрішнього тертя. Змішуючись із водою, не утворюють емульсії. Використовуються за умов високої вологості за нормальної температури -30...+55 °С. Розплавляючись, втрачають воду, що міститься в них, після охолодження не відновлюють свої фізико-хімічні властивості.
2. *Натрієві* мастила - чутливі до вологи (з'єднуючись з водою, утворюють емульсію і виділяють корозуючі луки та кислоти). Застосовуються за відсутності контакту із водою за нормальної температури -30...+150 °С. Мають хороші маслянистість і ущільнюючі властивості, відновлюють свої характеристики після розплавлення.
3. *Кальцієво-натрієві* мастила — за вологостійкістю та температурним діапазоном займають проміжне місце, ефективні для застосування в умовах невеликої вологості при температурі 0...+110 °С.
4. *Літійові* мастила - мають позитивні властивості кальцієвих і натрієвих мастил, але без їх недоліків: хорошу маслянистість, відмінну температурну стійкість. Застосовуються при температурі -50...+150 °С по можливості проникнення води.

5. Змащення з *синтетичними* маслами - відрізняються великою стійкістю проти старіння, мають малі втрати на тертя, працюють за температури $-70...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Залежно від *температури краплі падіння* розрізняють пластичні мастила:

- низькотемпературні ;
- середньотемпературні ;
- високотемпературні .

за *призначенням* пластичні мастила бувають:

- антифрикційні ;
- захисні ;
- ущільнювальні .

Маркування пластичних мастил:

- сфера застосування (У - універсальна; І - індустріальна; П - прокатна; А - автотракторна; Ж - залізнична);
- найменування групи (Н - низькотемпературна, С - середньоплавка; Т - тугоплавка);
- марка та специфічні властивості (М - морозостійка; В - вологостійка; З - захисна; К - канатна).

Системи змащування :

- закладне **мастило** в корпус підшипника;
- періодичне змащення за допомогою шприца;
- змащування за допомогою ручних станцій;
- централізовані системи змащування.

Умови заповнення підшипника пластичним мастилом:

- правильну кількість мастила;
- правильний спосіб закладання;
- правильний сорт та якість мастила;
- правильні інтервали повторного змащування.

За нормальних умов експлуатації повну заміну мастила підшипників здійснюють через 4-6 місяців роботи, за важких умов експлуатації — через 2-3 місяці. Підвищення температури на $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ вимагає подачі мастила вдвічі частіше.

Вимоги щодо експлуатації *централізованих систем* :

- виключити можливість потрапляння в систему бруду, піску, води, повітря;
- мащення, що використовується, повинно бути однотипним, однорідним — без грудок і сторонніх включень;
- забороняється заповнювати резервуар ручної станції через верх зі знятою кришкою;
- виключити витікання мастила через живильники та трубопроводи;
- при заміні труб нова труба повинна бути протруєна або оброблена піскоструминною машиною, промита і наповнена мастилом;
- запірні пристрої, встановлені на маслопроводі біля станцій, повинні бути відкриті при роботі;

- дотримуватись строків заповнення резервуара мастилом, не допускати їх спорожнення;
- дотримуватись періодичності заміни діаграми на самописному манометрі;
- результати попередньої доби аналізувати;
- не допускати попадання мастила в механізм самописного манометра;
- регулярно перевіряти показання манометрів на контрольних точках;
- один раз на зміну перевіряти роботу живильника.

Вимоги щодо експлуатації *ручних станцій* :

- при нагнітанні не доводити ручку до крайнього **становища**;
- забезпечити постійний контроль тиску;
- не залишати систему під тиском (рукоятка станції має бути у вертикальному положенні);
- оберігати станцію від забруднення та від впливу вологи;
- всі живильники, **краплі**, що змащуються і відводи пронумерувати однотипно.

Типові випадки *неполадок живильників* :

- пошкоджено корпус обмежувача - замінити, наскільки можна, відновити;
- погнутий шток лінійного живильника - замінити шток або обмежувач;
- живильник спрацьовує тільки вгору - у золотника дуже довгий нижній хвостовик;
- при нормальному тиску живильник пропускає мастило понад належну норму — зношування чи відсутність золотника.

9.4. Характеристики, особливості, способи подачі та контролю рідких мастильних матеріалів

Типи рідких олій:

- мінеральні, одержувані як продукт перегонки нафти;
- синтетичні;
- рослинні - працюють при низьких та високих температурах;
- тваринні - додають у мінеральні за особливих умов тертя.

В результаті дії кисню повітря мінеральні **олії** окислюються з утворенням кислот, смол, карбонідів . У цьому змінюються фізико-механічні властивості масел: в'язкість, підвищується кислотне число. Чим вище робоча температура масла і чим більша тривалість перебування постійного обсягу в механізмі (маслобаку), тим інтенсивніше протікає окислення і тим більше продуктів окислення накопичується в маслі. Це призводить до забруднення, корозії, що викликає через певний час необхідність заміни відпрацьованого масла свіжим.

*Маркування рідких **олій**:*

- цифра показує середню кінематичну в'язкість у сантистоксах ;
- літери позначають тип олії: Л - легке; С - середнє; Т - важке (високов'язке); В - вилужене; А - автотракторне; К - кислотного очищення; С - селективного очищення; З - загущене.

Найчастіше в підшипниках кочення використовують мінеральні **олії** прямої перегонки без присадок. **Олії**, що містять присадки, які покращують певні властивості мастильного матеріалу, використовують у особливих випадках. Синтетичні **олії** застосовуються у підшипниках у крайніх випадках, наприклад, при дуже низьких або дуже високих температурах.

Вибір масла ґрунтується на величині в'язкості, необхідної для ефективного змащування підшипника при робочій температурі. В'язкість олії залежить зменшується зі зростанням температури. У підшипниках кочення рекомендується застосовувати олії з високим індексом в'язкості (малі зміни при зростанні температури) – не менше 85 одиниць.

Олія змінюється 1 раз на рік, якщо робоча температура вибирається у 50 °С. Якщо температура понад 100 °С заміна олії повинна проводитись кожні три місяці.

Способи подачі рідинного мастила до поверхні тертя:

- індивідуальна (краплинна, **гнітлива**);
- зануренням (розбризуванням, при швидкості обертання коліс до 10 м/с).

При зануренні зубчастих коліс у масляну ванну рідкий мастильний матеріал потрапляє у вузли тертя частково, більшість масла не використовується. При циркуляційній системі мастила, масло можна очищувати, регулювати та контролювати його якість та заміну.

*Вимоги щодо експлуатації систем рідкого **мастила** :*

1. Запуск системи змащення дозволяється при справному стані всіх систем контролю.
2. За 15-20 хвилин до пуску агрегату **олію** підігрівають до 60...70 °С.
3. Механізми дозволяється запускати тільки після того, як тиск у магістралі сягне щонайменше 0,15 МПа.
4. Під час зупинки оператор повинен особисто переконатися, що всі механізми зупинено.
5. Слідкувати за показаннями приладів, станом **олії** у відстійнику.
6. Не рідше одного разу на рік промивати резервуари гарячою водою та прибирати бруд у корпусах фільтрів.
7. Періодично чергувати робочі та резервні насоси.
8. Тиск масла на вході в теплообмінник має бути вищим, ніж тиск охолоджувальної води.
9. Необхідно стежити за чистотою внутрішньої поверхні систем мастила.
10. Аварійний сигнал має бути одночасно світловим та звуковим.
11. Необхідно спостерігати за роботою покажчиків перебігу та подачі олії. Стежити за станом сопел, бризків у редукторах, фланцевих та різьбових з'єднань.
12. Не рідше одного разу на день спускати воду із водовідділювача.

Можливі несправності в роботі шестеренних насосів :

1. Насос не засмоктує масло:
 - насос не залитий олією;

- підсмоктування повітря на лінії всмоктування;
 - велика висота всмоктування.
2. Насос не нагнітає олію в систему:
- низький рівень олії в баку або його відсутність;
 - неправильне обертання насоса;
 - засмічення всмоктуючого трубопроводу або масляного фільтра;
 - зрізана шпонка валу або муфта повертається по валу;
 - зламаний вал;
 - недостатня швидкість обертання;
 - збільшені торцеві зазори між шестернями та втулками.
3. Збільшена споживана потужність:
- збільшений тиск нагнітання;
 - насос перекачує холодну олію;
 - насос перекачує забруднену олію;
 - нерівномірне затягування болтів;
 - деформація рами чи фундаменту.
4. Підвищений шум під час роботи насоса:
- забруднення трубопроводу чи фільтра;
 - засмічення всмоктувальних каналів;
 - підвищена швидкість обертання;
 - підвищена в'язкість олії;
 - відсутність сполучення простору над олією у баку з атмосферою.
5. Зовнішні витіки по валу насоса або з'єднання кришки з корпусом:
- засмічення дренажних отворів;
 - зношування чи пошкодження ущільнень;
 - пошкодження ущільнень у кришках.

9.5. Перевірка якості подачі мастильних матеріалів та продуктів зношування в мастилi

Операції з контролю надходження мастильного матеріалу визначаються способом його подання до деталей механізму. При цьому перевіряють:

- кількість олії в редукторі (за рівнемірором, масляним щупом);
- роботу насоса подачі олії (при примусовому мастилi);
- витіку, просочування пластичного мастильного матеріалу з ущільнювальної частини (надмірне просочування або суха ущільнювальна частина є симптомами несправності);
- тиск олії за манометром;
- роботу живильників (рівномірність роботи штоків, їх переміщення при перемиканні системи змащування);
- подачу олії (за витратомірором, через оглядове скло на маслопроводі - оптимальна товщина струменя олії становить 2-3 мм);
- стан оббризування маслом зубчастих коліс (достатність, рівномірність).

Включення в масло відбивають характер і інтенсивність зношування елементів механізму, що змащуються маслом, і характеризуються числом, концентрацією частинок та їх хімічним складом. При нормальному зношуванні виявляються частинки розміром до 15 мкм і товщиною до 1 мкм. При терті це гладкі круглі частинки. Початок інтенсивного зношування супроводжується збільшенням концентрації частинок та їх розміру до 50 мкм та появою певної форми (уламки, пластини неправильної форми, стружка). Подальший розвиток несправності призводить до збільшення розміру частинок до 100-300 мкм, а при виході з ладу - понад 1000 мкм. Зростання концентрації елементів зношування в олії починається за 100-150 годин до можливого порушення працездатності сполучення.

9.6. Ущільнення рухомих з'єднань

Область застосування ущільнень – герметизація вхідних та вихідних валів машин. Ущільнення попереджають виток масла з корпусу машин і захищають внутрішні порожнини корпусу від зовнішніх впливів (проникнення пилу, бруду і вологи), герметизують порожнини в машинах, що містять гази та рідини при високих тисках або під вакуумом. У роторних машинах необхідно ущільнення валів і роторів, що обертаються; в поршневіх машинах - ущільнення поворотно-поступально рухомих частин.

Усі системи ущільнень ділять на:

- *контактні* - ущільнення досягається безпосереднім дотиком рухомих і нерухомих частин ущільнень; забезпечують більш високу герметичність **сполук**; обмеженість допустимих швидкостей відносного руху, зношування та втрати ущільнювальних властивостей зі зношуванням;
- *безконтактні* - ущільнення досягається за допомогою відцентрових сил, гідродинамічних явищ; не мають меж за швидкістю відносного руху; термін служби не обмежений; ущільнювальні властивості нижчі, ніж у контактних ущільнень; повної герметизації можна досягти лише застосуванням додаткових пристроїв.

9.6.1. Контактні ущільнення

Сальник — кільцева порожнина навколо валу, набита ущільнюючим матеріалом (бавовняні тканини, шнури, виварені в маслі, фетр, азбест та подібні матеріали з додаванням металевих порошків (свинцю, бабіту), графіту, дисульфиду молібдену та інших речовин, що самозмащуються).

Недоліки сальника:

- підвищене зношування, що супроводжується втратою властивостей ущільнювачів;
- непристосованість до високих окружних швидкостей.

Надійність зростає при підведенні мастила (зменшується коефіцієнт тертя, тепловиділення, підвищується герметичність). Для компенсації здійснюють

періодичну зтяжку набивання. Перетяжка сальника призводить до перегріву та виходу ущільнення з ладу.

Манжетні ущільнення - Кільце з коміром, що охоплює вал, виконане з м'якого пружного матеріалу (полівінілхлорид витримує температуру до 80 °С; фторопласт - до 300 °С). Під впливом тиску в ущільнюваній порожнині комір манжети щільно охоплює вал із силою, пропорційною тиску. Для забезпечення постійного натягу комір стягують на валу кільцевою пружиною. Зовнішній бік манжети щільно кріплять до корпусу. Манжета повинна бути розташована коміром назустріч тиску, що ущільнюється (при зворотному розташуванні тиск віджимає комір від валу). При необхідності двостороннього ущільнення встановлюють дві манжети з комірами, спрямованими у різні боки.

Ущільнення розрізними пружинними кільцями надійно, може тримати великі перепади тиску, довговічно. Виготовляють із загартованої сталі, перлитного чавуну, кованої бронзи та встановлюють у термообробленому сталевому корпусі. Під впливом перепаду тиску кільця притискаються торцями до стінок канавок корпусу. Зазвичай встановлюють два-три кільця; при підвищеному перепаді тиску кількість кілець доводять до п'яти-шести. Згодом на торцевій поверхні кілець утворюється ступінчаста виробка - результат притискання кільця до стінки канавки. Для рівномірного розподілу навантаження між кільцями і для підведення масла до поверхонь, що труться, в кільцях виконують розвантажувальні отвори.

Ущільнення гумовими кільцями, що вводяться в канавки валу або проміжної втулки, має обмежене застосування. Кільця виконують з м'яких сортів маслостійкої та термостійкої синтетичної гуми.

Недоліки ущільнення гумовими кільцями:

- низька надійність роботи;
- швидке зношування;
- невизначеність сил притискання.

Найчастіше застосовують гумові кільця в установках із зворотно-поступальним рухом валу.

9.6.2. Безконтактні ущільнення

Щілинні ущільнення - найпростіший вид безконтактного ущільнення - кільцева щілина між валом і корпусом. Ущільнююча здатність кільцевої щілини пропорційна довжині і обернено пропорційна величині зазору. При практично здійснених довжинах щілини та величинах зазору ущільнення малоефективне.

Ущільнення відгінним різьбленням застосовують для герметизації порожнин, що містять рідини. На валу та (або) у втулці виконують багатозахідне різьблення. Напрямок різьби узгоджується з напрямком обертання валу так, щоб витки відганяли рідину, що ущільнюється, в корпус. Ущільнення нереверсивне; при зміні напрямку обертання витки женуть рідину з корпусу. Ущільнююча здатність відгінного різьблення пропорційна довжині різьбового пояса, швидкості обертання валу,

в'язкості рідини, обернено пропорційна висоті різьблення і дуже залежить від зазору між гребінцями витків і стінками отвору. Ущільнення працює задовільно, якщо радіальний проміжок не перевищує 0,05-0,06 мм. При зазорі понад 0,1 мм марно ущільнення.

Гребінцеві ущільнення - Розбивають масляну плівку, що повзуть по валу, і відкидають масло дією відцентрових сил в кільцеву порожнину, звідки воно стікає в корпус дренажних отворів. Маслоскидальні гребінці виконують безпосередньо на валу або на знімних деталях. При невисоких частотах обертання гребінець замінюють пружинним розрізним кільцем.

Ущільнення відбивними дисками - встановлюють перед щілинними ущільненнями з метою запобігти доступу олії в щілину і відігнати дією відцентрової сили частинки олії.

Лабіринтні ущільнення застосовують для ущільнення порожнин, заповнених газами. Дія їх заснована на гальмуванні (завихрення) газу у вузькій кільцевій щілині з подальшим розширенням у кільцевій суміжній камері більшого об'єму. Послідовною установкою низки камер, розділених вузькими щілинами, досягають істотного зменшення перетікання. Лабіринтні ущільнення застосовують при високих окружних швидкостях та температурах, коли виключена можливість встановлення контактних ущільнень. Лабіринтне ущільнення не може повністю виключити закінчення, а може лише послабити потік газу через ущільнення.

9.6.3. Комбіновані ущільнення

Для підвищення надійності послідовно встановлюють два і більше ущільнення різного виду.

9.6.4. Ущільнення нерухомих з'єднань

Плоскі стики ущільнюють листовими прокладками з пружного матеріалу. Найкращі властивості мають прокладки із синтетичних матеріалів. Для з'єднань, що працюють при високих температурах застосовують прокладочні матеріали з азбестом. Паропроводи ущільнюють паронітом (композиція азбесту з натуральною або синтетичною гумою витримує до 450 °С). За більш високих температур застосовують прокладки з листового свинцю, алюмінієвої або мідної фольги (вимагають підвищеного зусилля затягування).

Широко застосовують герметики (ущільнюючі мазі на основі натуральної або синтетичної гуми, з відповідними розчинниками), що випускаються у вигляді паст та лаків. Для ущільнень, що працюють за високих температур, застосовують термостійкі мазі.

Прокладки м'яких матеріалів після одноразового використання підлягають заміні.

Застосовують армовані прокладки, що складаються з пружного матеріалу (гуми, пластику, азбесту тощо), укладеного в оболонку з м'якого металу (міді, латуні).

Круглі фланці ущільнюють пружними металевими (гофровими) кільцями, часто Z-подібного перерізу. Круглі фланці з **центрируючими** буртиками ущільнюють шнуром з пружних матеріалів (гуми, синтетики), які закладають у канавки, виконані в буртику.

9.7. Порушення змащування як причина відмов обладнання

Основні причини ушкоджень при порушенні змащування [2, 3]:

- **накопичення продуктів зношування у мастильному матеріалі (рисунк 9.1);**



Рисунок 9.1 - Накопичення продуктів зношування у мастильному матеріалі:

а) продукти окислення та зношування в мастильному матеріалі;

б) продукти коксування на поверхні роликів

- **нерівномірне змащування бігових доріжок дворядних підшипників (рисунк 9.2);**



Рисунок 9.2 - Нерівномірне змазування бігових доріжок дворядних підшипників:

а) сліди коксування мастильного матеріалу на деталях підшипника;

б) втомне фарбування на бігових доріжках підшипника

- **помилки у конструкції систем мастила (рисунк 9.3);**



Рисунок 9.3 - Помилки в конструкції систем мастила:

а) двигуна;

б) бустерного насоса

- **накопичення продуктів окиснення мастильного матеріалу у вікнах сепараторів (рисунок 9.4);**



Рисунок 9.4 - Пошкодження радіально-упорного шарикопідшипника через нестачу мастильного матеріалу:

а) кольору втечі на сепараторі зруйнованого підшипника;

б) пошкодження підшипника 3530

- **нестача мастильного матеріалу (рисунок 9.5);**



Рисунок 9.5 - Пошкодження радіально-упорного шарикопідшипника через нестачу мастильного матеріалу

Перелік посилань

1. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт / В.І. Бобровицький, В.А. Сидорів. - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.
2. Сидоров В.А. Порушення змащування як причина відмов підшипників кочення // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2010. - №4. - С. 18-22.
3. Сидоров В.А. Порушення змащування як причина відмов підшипників кочення // Металообробка: обладнання та технології для професіоналів, 2010. - №5. - С. 72-74.

Запитання для контролю

1. Що забезпечує змащування поверхонь, що труться?
2. Назвіть основні види мастил.
3. Перерахуйте основні вимоги до експлуатації систем пластичного мастила.
4. Перерахуйте основні вимоги до експлуатації систем рідкого мастила.
5. Що перевіряють під час контролю надходження мастильного матеріалу?
6. Чим відрізняється принцип роботи контактних та безконтактних ущільнень?
7. Назвіть основні причини ушкоджень у разі порушення змащування.

10. Правила технічної експлуатації типових деталей, вузлів та механізмів

Перелік вимог складено на підставі [1] з урахуванням загальногалузевих Правил [2], затверджених Державним Комітетом промислової політики України.

10.1. Фундаменти

Встановлення обладнання на фундаменті включає:

- укладання опорних елементів;
- встановлення обладнання на опорні елементи та суміщення отворів базової деталі з фундаментними болтами;
- вивіряння обладнання в плані, за висотою, горизонтальністю;
- попередню фіксацію перед підливкою;
- підливу зазору "механізм-фундамент";
- закріплення обладнання затягуванням фундаментних болтів із заданим зусиллям.

Пакети металевих підкладок, що застосовуються як постійні опорні елементи, складають із сталевих настановних і регулювальних підкладок товщиною більше 5 мм і 0,5-5,0 мм відповідно. Загальна кількість підкладок у пакеті не повинна перевищувати 5 шт. Рекомендується використовувати пірамідальні пакети підкладок, що забезпечує їхнє стійке положення. Виставляють пакети підкладок на фундаменті перед затяжкою близько 1,5 мм вище від проектної позначки опорної поверхні обладнання.

Підливу обладнання виконують не пізніше 48 годин після перевірки точності вивірювання обладнання. Поверхні обладнання, що підливаються, і фундаментів очищають від мастила, сторонніх предметів і зволожують (воду в поглибленнях і приямках видаляють). Не дозволяється проводити підливу при температурі навколишнього повітря нижче 5 °С без підігріву суміші, що укладається. Товщина шару підливи під обладнанням повинна становити 50-60 мм, а за ширини опорної частини базової деталі більше 2 м - 80-100 мм. Клас бетону, що використовується для підливи, повинен бути не нижче класу бетону фундаменту, а для встановлення обладнання з динамічними навантаженнями - не менше ніж на один щабель вище. Поверхня шару підливи протягом 3 діб після завершення робіт систематично зволожують. Для збереження вологості відкриті ділянки поверхні підливи рекомендується засипати тирсою або вкривати мішковиною.

Остаточну затяжку різьбових з'єднань виконують у 2-3 обходи після досягнення бетонною сумішшю не менше 70% проектної міцності, про що слід отримати довідку від будівельної організації. Болти затягують у шаховому порядку симетрично щодо осей опорної частини обладнання, починаючи з болтів, розташованих на цих осях.

Під час огляду перевіряти:

- наявність тріщин (при виявленні через кожні 150-200 мм встановити "маяки" з алебастру, розрив "маяку" через 2-3 дні після встановлення свідчить про необхідність ремонту фундаменту);
- щільність прилягання корпусу до фундаменту по всьому периметру (при нещільному приляганні зробити підливу);
- ступінь затягування гайок фундаментних болтів;
- наявність масляних плям (частини фундаменту, просочені олією, вирубати та відремонтувати).

10.2. Різьбові з'єднання

Не допускається ослаблення різьбових з'єднань: болтові з'єднання, що систематично послаблюються, підлягають заміні або конструктивній зміні. Різьбові з'єднання встановлюють лише тих типів та розмірів, які передбачені кресленням. Експлуатація машин, механізмів та вузлів, у яких кількість встановлених різьбових з'єднань менша від передбаченого кресленням, не допускається.

Для попередження самовідгвинчування різьбових з'єднань обов'язково застосовують один із способів стопоріння :

- контргайкою ;
- пружинною шайбою;
- шплінтом розвідним;
- стопорною шайбою;
- шайбою з вусиками.

Пружинні шайби повинні щільно прилягати до опорних поверхонь по всьому периметру. Не допускається встановлення пружинних шайб, у яких розведення кінців у місці розрізу менше половини товщини тіла шайби. При болтовому з'єднанні деталей із похилими поверхнями встановлюють косі шайби.

Затягування та відгвинчування різьбових з'єднань проводять стандартним інструментом. При гвинті гайка повинна переміщатися по нарізці болта без гойдання, з невеликим опором. Зів ключів повинен відповідати розмірам гайок. Не допускається користування ключами більшого розміру із застосуванням прокладок.

У зібраному з'єднанні *стрижень болта* (шпильки) не повинен виступати над гайкою більш ніж на 2-3 витки різьблення. Не допускається застосування подовжених болтів із установкою під гайки кількох шайб або гайок більшого діаметру.

Шпильки повинні бути щільно (до упору) загорнуті по фарбі (сурік, білила) у своїх гніздах. Шпильки, що вивертаються при відгвинчуванні гайок, підлягають заміні.

При прийманні та здачі змін обов'язкової перевірки підлягають різьбові з'єднання, що зазнають змінних навантажень або вплив високих температур.

10.3. Шпонкові з'єднання

Контроль шпонкових з'єднань виконують систематично під час проведення ТОіР обладнання, при цьому перевіряють:

- надійність кріплення (стопоріння) клинових та тангенційних шпонок;
- зміщення, ослаблення посадки шпонки;
- змінання робочих поверхонь шпонок, шпонкових пазів.

Під час приймання та здачі зміни огляду підлягають шпонкові з'єднання, розташовані поза закритими корпусами та зазнають знакозмінного навантаження.

10.4. Сполучні муфти

При прийманні та здачі змін необхідно переконатися у відсутності:

- на працюючій муфті:
 - сторонніх шумів (кляцань, потріскування та ін);
- на непрацюючій муфті:
 - зазору між торцевими поверхнями напівмуфт (обойм);
 - порушення посадок напівмуфт, зубчастих втулок на валах;
 - зменшення чи ослаблення затяжки кріпильних деталей;
 - тріщин (за масляними підтіканнями і скупченням пилу біля пошкоджених місць, по звуку при легкому постукуванні молотком).

Поповнення зубчастих муфт роблять мастилом ОЗП-1 до появи гідравлічного опору зусилля заправки. Забороняється мастило муфт пластичними мастилами у чистому вигляді. Неприпустима експлуатація зубчастих муфт, у яких внаслідок зношування ущільнень відбувається витік мастила.

Ревізію з'єднувальних муфт необхідно проводити під час планових зупинок обладнання на ремонт у наступні терміни:

- поперечно - згортних , поздовжньо- згортних , втулково-пальцевих і зубчастих - не рідше одного разу на 15 діб;
- компенсуючих муфт із проміжним диском — не рідше одного разу на місяць.

При ревізії слід перевіряти:

- стабільність посадки напівмуфт на валах;
- стан напівмуфт (наявність тріщин - по звуку при легкому обстукуванні молотком, по масляним підтіканням і скупченню пилу біля пошкоджених місць або плям, що з'являються при випробуванні вапняною обмазкою);
- величину зазору між торцевими площинами;
- взаємне розташування осей валів, що з'єднуються.

При зміщенні вздовж осі, ослаблення посадки на валу напівмуфти замінюють. *Не допускається* встановлення прокладки між валом та отвором маточини напівмуфти, кернення валу, приварювання напівмуфти до валу. Напівмуфти сполучних муфт усіх типів, втулки зубчастих муфт із тріщинами підлягають обов'язковій заміні.

При ревізії зубчастих муфт необхідно:

- перевірити стан та зношування зубів напівмуфт та втулок;
- перевірити стан ущільнювальних кілець;
- перевірити взаємне положення осей валів, що з'єднуються;
- при складанні після ревізії або ремонту промити внутрішню порожнину корпусу сумішшю гасу з індустріальним маслом І-12А і після просушування залити свіжим мастильним матеріалом (ОЗП-1).

Не допускається експлуатація зубчастих муфт при поломці понад 10% зубів, при зношуванні зубів за товщиною понад 30% початкового розміру. При з'єднанні валів зубчастими муфтами перекіс осей валів допускається трохи більше $1,5^\circ$ за відсутності зміщення осей.

Висохлі фетрові та повстяні *кільця* промити, просушити і просочити мастилом, зношені *кільця* ущільнювачів замінити.

Поперечно- звертні , втулково-пальцеві та в муфти з проміжним диском підлягають *центруванню* , якщо:

- величина відносного зміщення валів, що з'єднуються, виміряна за допомогою косинця або щупа в чотирьох діаметрально розташованих точках зовнішньої поверхні напівмуфти, перевищує 0,3 мм;
- різниця величини зазору, виміряна клиновим щупом в діаметрально протилежних точках, перевищує 0,001 зовнішнього діаметра напівмуфт.

У муфтах з проміжним диском проміжок між виступами диска і западинами напівмуфт не повинен перевищувати 0,5-2,0 мм (залежно від розміру муфт і місць їх встановлення).

У втулково-пальцевих муфтах вироблення отворів для кріплення пальців не допускається. Максимальний зазор між пружними кільцями і отворами напівмуфти допускається не більше 3% від діаметра пальця (на сторону).

10.5. Гальмівні пристрої

При прийманні та здачі змін перевіряють:

- щільність прилягання фрикційного матеріалу гальмівних колодок чи стрічок до гальмівного шківів при замкнутому гальмі;
- нагрівання гальмівного шківів, а також нерівномірність та ступінь вироблення фрикційного облицювання колодок або стрічок;
- стан робочої поверхні гальмівного шківів (виявлені масляні підтікання видалити);
- кріплення вантажу, шарнірних з'єднань важелів та тяг гальма;
- легкість переміщення штока вручну; відсутність підтікання робочої рідини (не рідше одного разу на тиждень рівень робочої рідини в штовхачі, яка повинна доходити до торця наливного отвору і бути не нижче 8 мм від нього; не рідше двох разів на місяць шарнірні з'єднання змащувати пластичним мастилом).

Не допускається робота механізму при несправному або невідрегульованому гальмі.

Протягом зміни необхідно:

- стежити за нагріванням шківів та фрикційного облицювання гальмівних колодок або стрічок (при надмірному нагріванні цих деталей, появи диму, запаху гару перевірити регулювання гальмівної пружини та рівномірність відходу колодок чи стрічок);
- при різкому або слабкому гальмуванні відрегулювати гальмо;
- не рідше одного разу на тиждень змащувати шарнірні з'єднання, осі та втулки важелів гальма;
- перевірити величину ходу якоря електромагніта чи кута повороту його (якщо хід якоря недостатній компенсації зношування облицювання, відрегулювати гальмо).

Періодичні огляди гальм проводять не рідше одного разу на 30-45 днів, при цьому додатково перевіряють:

- ступінь зношування фрикційного матеріалу колодок або стрічок та обода гальмівного шківів;
- одночасність та рівномірність відходу колодок (стрічок) від шківів при розгальмовуванні;
- ступінь зношування шарнірних з'єднань важелів та тяг гальма.

Хід або кут повороту якоря електромагніта регулюють таким чином, щоб за його крайнього положення забезпечувалося надійне гальмування при максимальному виробленні фрикційного матеріалу. «Мертвий» хід системи тяг та важелів гальма, наведений до якоря електромагніта, не повинен перевищувати 10% ходу останнього. При гальмуванні гальма колодки (стрічки) повинні відходити від шківів одночасно і рівномірно, утворюючи однакові зазори з поверхнею шківів на всьому протязі обкладок фрикційного матеріалу. Тяги та важелі, у яких отвори для осей (валиків) зношені більш ніж на 5% номінального діаметра, підлягають заміні.

При зменшенні товщини *фрикційного матеріалу* (обкладок) на гальмівних колодках (стрічках) до 50% виконується його заміна.

Фрикційний матеріал колодок (стрічок) повинен прилягати до гальмівного шківу не менше ніж на 80% загальної поверхні контакту, інакше необхідно:

- перевірити правильність установки гальма та усунути перекоси;
- перевірити постановку та положення заклепок, які виступають та неправильно встановлені заклепки переклепати;
- простукати обкладки фрикційного матеріалу колодок (стрічок) за допомогою мідної оправки для усунення місцевих виступів.

Ревізію гальм проводять не рідше одного разу на два місяці.

При ремонті , але не рідше одного разу на півроку, проводити промивання та зміну масла в штовхачі. Заливання свіжої олії проводити при вертикальному положенні штовхача.

10.6. Підшипники кочення

При прийманні та здачі зміни обов'язковому огляду підлягають:

- підшипники , у роботі яких у попередню зміну помічені відхилення;
- підшипники відповідальних машин та механізмів.

При огляді необхідно перевірити нагрівання підшипникових вузлів та надходження мастильного матеріалу, оцінити характер шуму під час роботи.

У підшипниках, обладнаних *централізованими системами мастила* , не менше одного разу на зміну слід перевіряти роботу живильників. Штоки-показчики всіх живильників повинні займати однакові положення (бути або піднятими, або опущеними до упору). Живильники, які не спрацювали протягом трьох послідовних циклів нагнітання, підлягають ремонту чи заміні. Розбирання або заміну живильників, що вийшли з ладу при подачі мастила автоматичною станцією САГ, слід проводити тільки після перемикання станції на ручне управління.

При виявленні на поверхні шийок задирів, рисок або інших дефектів пошкоджені місця необхідно зашліфувати дрібнонаждачним полотном і відполірувати.

Під час експлуатації підшипникових вузлів необхідно стежити за станом *ущільнюючих пристроїв* . Несправності, пов'язані з порушенням пиленепроникності та виникненням витоків, повинні бути негайно усунені. При кожній ревізії повстяні та фетрові кільця ущільнювачів необхідно очистити від бруду, промити в гасі, висушити і заново просочити розплавленим мастилом. Ущільнення, що обвуглилися, підлягають обов'язковій заміні.

При закладному мастилі підшипників заповнення корпусів мастильним матеріалом слід проводити не більше ніж на 2/3 вільного простору корпусу. Очищення, промивання та перезарядку підшипників, що працюють у нормальних умовах, потрібно проводити не рідше одного разу на 6 місяців; при роботі в умовах підвищеної температури (понад 60 °С) або насиченості навколишнього простору пилом (вологою) - не рідше одного разу на 3 місяці.

Ревізію підшипників загального призначення слід проводити не рідше одного разу на рік, великогабаритних - не рідше одного разу на 4 місяці.

При ревізії слід перевіряти:

- стан та якість поверхні бігових доріжок тіл кочення та сепараторів (по можливості);
- величину радіального та осевого зазору та щільність посадки кілець підшипника;
- стан ущільнювальних пристроїв.

10.7. Підшипники ковзання

При прийманні та здачі змін обов'язковому огляду підлягають:

- підшипники, у роботі яких у попередню зміну помічені відхилення;
- в консольно розташованих підшипниках та підшипниках відповідальних машин та механізмів - ступінь нагріву, надійність кріплення корпусу та кришки, достатність надходження мастильного матеріалу.

У підшипниках з *кільцевим мастилом* перевіряють характер обертання кільця (рівномірність, відсутність перебоїв) та подачу **олії** кільцем. Легкий дзвін кільця вказує на нестачу **олії**, уповільнене обертання - на його надлишок або підвищену в'язкість.

При ревізії додатково:

- очищають і промивають ванну, замінюють відпрацьовану **олію** свіжою, призначеного сорту та марки (не рідше одного разу на 3 місяці в умовах агресивного середовища);
- оглядають поверхню мастильних кілець і перевіряють міцність замків, що з'єднують півкільця.

У підшипниках, що обслуговуються *циркуляційними системами рідкого мастила*, систематично протягом зміни слід перевіряти за показниками протоки достатність надходження **олії**. Струмień масла повинен бути безперервним. При огляді редуктора з циркуляційним **мастилом** підшипників необхідно перевіряти показання манометрів, що вказують тиск **олії** на вході; при нульовому показанні манометра в системах, не обладнаних сигналізацією, або тиску менше 50 кПа, в системах обладнаних сигналізацією слід припинити роботу машини і з'ясувати причину відсутності тиску.

Подачу *пластичних мастил* потрібно проводити не рідше одного разу на 4 місяці.

Систематично слід перевіряти наявність *витоків* мастила: пролиті мастильні матеріали повинні бути негайно прибрані, а місце протоки очищене.

Ревізію підшипників слід проводити під час зупинки на ревізію механізмів, у яких вони встановлені, при цьому потрібно перевіряти:

- щупом зазор між цапфою валу та вкладишем (для регульованих підшипників при необхідності вкладиш підтягнути);
- стан робочих поверхонь цапфи та вкладишів (втулок), а також характер їхнього зношування;

- правильність взаємного **становища** валів;
- стан та розміри масляних кишень (розвалів холодильників та маслорозподільних канавок) вкладишів;
- стан мастильних пристроїв (пошкоджені **маслюки** замінити), ущільнень, кріплення масловідбивача, повстяні та фетрові кільця очищати від бруду, промивати в рідині для промивання, висушувати і просочувати в маслі або розплавленому мастилі протягом 30-40 хвилин; повстяні, шкіряні, фетрові кільця замінити;
- стан контрольно-вимірювальних приладів.

Дрібні задираки та неглибокі ризки, виявлені на робочій поверхні цапф, необхідно видаляти зашліфуванням дрібнозернистим наждачним полотном або оксамитовим напилком на місці; такі ж дефекти на робочій поверхні вкладишів слід видаляти шабруванням. Не дозволяється обробляти наждачним полотном вкладиші, залиті антифрикційним сплавом. Вкладиші (втулки), у тілі яких виявлено тріщини, підлягають заміні.

Бабітові вкладиші підлягають перезаливанню з наступним припасуванням по шийці валу при виявленні одного з наступних дефектів:

- розшаровування або відшаровування від корпусу вкладиша бабітового шару (виявляється по глухому брязкітному звуку при простукуванні);
- зменшення товщини бабітового шару на величину, що перевищує допустимі норми для механізму.

При виявленні матової поверхні на шийці валу та мозаїчної на робочій поверхні вкладиша, що свідчить про наявність *блукаючих струмів*, необхідно ретельно ізолювати підшипник від їхнього джерела.

Робочі поверхні вкладишів повинні бути пришабрені по шийці валу із щільністю шабрування не менше 4 плям на 1 см² для валів із частотою обертання понад 300 об/хв. і не менше 2 плям на 2 см² - для решти. Найбільша густина плям повинна розташовуватись під кутом 80-90° симетрично щодо напрямку дії навантаження; шийка валу повинна прилягати до вкладиша щонайменше 60% поверхні опорного вкладиша. У підшипниках, що зазнають знакозмінного навантаження, пришабрування підлягають як нижній, так і верхній вкладиші.

Зменшення діаметра шийок валів допускається не понад 2% величини, зазначеної на кресленні, при спокійному навантаженні і не більше 1% при ударному або знакозмінному навантаженні.

У підшипниках *не допускається встановлювати прокладки*, крім прокладок, розміщених у місці роз'єму вкладишів для регулювання діаметрального зазору.

Перед встановленням валів робочу поверхню цапф змащують.

10.8. Зубчасті передачі та редуктори

При прийманні та здачі змін слід перевіряти:

- рівень **олії** в редукторі (переконатися у справності покажчика шляхом пробного зливу **олії** через контрольний кран чи пробку);

- наявність витоків **олії** (вжити заходів щодо усунення);
- надходження **олії** з бризків;
- достатність надходження **олії** до підшипників та зубчастих зачеплень у редукторах, забезпечених індивідуальними циркуляційними системами **мастила** (при необхідності відрегулювати подачу);
- герметичність **сполук** маслопроводів, тиск і температуру **олії** на вході та виході (у ванні редуктора з циліндричними та конічними передачами 60 °С, з черв'ячними передачами 75 °С), перепад тиску до фільтра охолоджувача та після нього;
- наявність мастильного матеріалу на зубцях відкритих передач та рейкових зачеплень (при необхідності змастити).

*При картерному **мастилі** необхідно підтримувати такий рівень **олії**, щоб:*

- змащувальні колеса циліндричних передач, що обертаються з окружною швидкістю більше 3 м/с, занурювалися в олію не більше ніж на висоту зуба;
- конічні колеса при окружних швидкостях до 5 м/с занурювалися в олію усю довжину зуба;
- черв'як у черв'ячних передачах занурювався лише на висоту витка, а при верхньому розташуванні черв'яка — лише на висоту зуба черв'ячного колеса.

*При заміні **олії** внутрішню поверхню корпусу редуктора та розташовані в ньому деталі необхідно очистити від бруду та промити гасом. У редукторах, що піддаються при роботі інтенсивному нагріванні, заміну **олії** необхідно проводити не рідше одного разу на рік.*

*Місяця роз'єму корпусів редукторів, кришки підшипників та кришки люків для огляду зачеплень та заливки **олії** повинні бути надійно ущільнені.*

Ревізію відкритих зубчастих передач слід проводити під час зупинення механізмів, у яких вони встановлені, ревізію редукторів – не рідше одного разу на рік.

При ревізії перевіряють:

- стан робочих поверхонь зубів шестерень та ступінь їхнього зношування;
- розміри та характер плям контакту на декількох зубцях кожної пари (при виявленні нерівномірності зношування перевірити правильність положення та кривизну валів);
- взаємне центрування зубчастих пар;
- надійність кріплення зубчастих коліс на валах, а також кріплення балансувальних вантажів на зубчастих колесах, у бандажованих колесах - щільність посадки вінця (надійність кріплення та затягування різьбових з'єднань за наявності);
- стан маслосистеми, справність контрольно-вимірювальних приладів за наявності, іншої апаратури, сопел, колекторів та ін., чистоту маслопроводних трубок та повітрообмінника (віддушини);
- очищення корпусу редуктора та його деталей від бруду та відкладень.

*Не допускається робота механізмів, якщо в редукторі виявлено незвичайний шум, стукіт або підвищення температури **олії** понад допустиму межу. **При виявленні лежить на поверхні валу тріщини її кромки вирубуються і зачищаються наждачним***

кругом по всій довжині протягом усього глибини, встановлюється допустимість ремонту чи необхідність заміни вала. За наявності залишкових деформацій, скручування або поперечних тріщин завглибшки понад 5% від діаметра вали підлягають заміні.

10.9. Ланцюгові передачі

При прийманні та здачі змін під час огляду перевіряють:

- надходження та якість мастила, достатність надходження **олії** з бризків (при необхідності відрегулювати подачу **олії**);
- наявність витоків **олії** (підлягають усуненню), герметичності з'єднань маслопроводів;
- у тихохідних передачах, що не мають закритого корпусу, - наявність мастильного матеріалу на ланках ланцюга (при необхідності змастити).

При прийманні та здачі змін під час огляду перевіряють:

- натяг гілок передачі та плавність її роботи (провисання не більше 2% від міжосьової відстані для горизонтальних та 0,2% - для вертикальних передач);
- змащування ланцюга, при необхідності замінити масло в картері, очистити систему струминного змащення; рівень відпрацьованого масла в нижній частині картера повинен бути нижче веденої гілки, що рухається;
- температуру працюючого ланцюга (не більше 70 °C);
- вібрацію гілок, посилення шуму передачі, торкання ланцюгом кожуха або інших деталей (не допускається).

Ревізію відкритих ланцюгових передач слід проводити при зупинці на ревізію механізмів, в яких вони встановлені, закритих передач — не менше одного разу на рік.

При цьому, промивши передачу, перевіряють:

- робочі поверхні та ступінь зношування зубів зірочок, ланок ланцюга, втулок, роликів, шпонок, шпонкових пазів, отворів у маточках;
- витяжку ланцюга;
- дефекти валів та підшипників.

10.10. Гідравлічні та пневматичні циліндри

При прийманні та здачі змін :

- перевірити роботу циліндра та стан гнучких шлангів підведення робочої рідини, повітря в циліндр, а також ущільнень циліндрів;
- ввести шприцом мастило в порожнину пневмоциліндра при заїданні поршня (якщо заїдання поршня продовжується, замінити циліндри);
- перевірити величину зношування штоків та стан їх поверхні, при появі задиров зачистити та змастити штоки;
- перевірити кріплення циліндрів на механізмах;
- випробувати справність дії циліндрів.

Протягом зміни :

- вести ретельне спостереження за правильністю функціонування;
- при виявленні перепуску робочої рідини з однієї порожнини в іншу негайно зупинити механізм і вжити заходів щодо усунення.

При тривалих зупинках машин та механізмів необхідно відключити всі магістралі гідросистеми та стисненого повітря та знеструмити апаратуру управління.

Ревізії та ремонти слід проводити при необхідності, але не рідше одного разу на рік. При цьому необхідно:

- промити, протерти та перевірити деталі циліндра, вертлюга та повітророзподільника;
- зачистити та відшліфувати дрібнозернистим наждачним папером місця на внутрішній поверхні циліндра та штока поршня, що мають незначні задираки;
- замінити :
 - циліндр при зношуванні робочої поверхні більше 1 мм або наявності задир і тріщин;
 - шток циліндра, якщо він погнутий або має задираки, тріщини, зношування поверхні на глибину більше 0,3 мм, а також при пориві різьблення та зношуванні отвору під вісь більше 1 мм діаметром;
 - втулки штока при зазорі між ними та штоком понад 0,3 мм;
 - поршень із зношеними пазами кілець;
 - зношені манжети та кільця, ущільнення, золотник та інші деталі замінити.

При складанні:

- ретельно змастити солідолом всі частини, що труться;
- встановити кришки так, щоб отвори для спуску в конденсатор знаходилися в нижній частині циліндра;
- надійно та рівномірно затягнути болтові з'єднання та перевірити, щоб при цьому не порушувалася плавність руху штока по довжині робочого ходу;
- відрегулювати за допомогою регулювальних голок гальмівні пристрої так, щоб до крайнього положення шток підходив плавно, без ударів кришки циліндра;
- випробувати циліндр на герметичність тиском, що перевищує робочий на 0,2 МПа, протягом 30 хвилин (відплив не допускається).

10.11. Інші типові елементи обладнання

При огляді *дротяних канатів* перевіряють:

- витріщення пасм і перекрутки, обрив пасм, наявність заломів і зім'ятих ділянок (не допускається);
- кількість обривів дротів на довжині кроку звивки каната (не більше 14% на одному кроці звивки, для стропу кількість обривів зовнішніх дротів на довжині 3d - 4; 6d - 6; 30d - 16);
- укладання каната в канавки барабана (блоку);

- надійність затягування болтів кріплення кінця каната та закріплення затискачів (хомутів);
- зношування і корозію (трохи більше 40% початкового діаметра дротів, трохи більше 7% від діаметра каната);
- достатність мастила (при необхідності змастити).

Умови бракування блоків :

- зношування струмка понад 40% первинного радіусу;
- часткові обломи реборд трохи більше 75 мм.

Перелік посилань

1. Механічне обладнання: технічне обслуговування та ремонт / В.І. Бобровицький , В.А. Сидорів . - Донецьк: Південний Схід, 2011. - 238 с.
2. Правила технічної експлуатації механічного обладнання доменних цехів, затверджені Державним комітетом промислової політики України 11.10.2000р.

Запитання для контролю

Назвати основні обов'язки персоналу з ТО:

1. Фундаменти.
2. Різьбових з'єднань.
3. Шпонкових з'єднань.
4. Сполучних муфт.
5. Гальмівні пристрої.
6. Підшипники кочення.
7. Підшипники ковзання.
8. Зубчастих передач та редукторів.
9. Ланцюгові передачі.
10. Гідравлічних та пневматичних циліндрів.
11. Дротових канатів та блоків.