

Розділ 5 Види програм технічного обслуговування

5.1 Вступ

Що таке технічне обслуговування і для чого воно виконується? Минулі і сучасні практики технічного обслуговування, як в приватному, так і в державному секторах визначають технічне обслуговування як дії, пов'язані з ремонтом обладнання після його поломки. Словник дає наступне визначення технічному обслуговуванню: «робота з підтримання чогось в належному стані; планово-профілактичний ремонт.» Це означає, що технічне обслуговування має бути направлене на вжиття заходів, необхідних для запобігання виходу пристрою чи його компоненту з ладу або на ремонт нормального поступового погіршення стану обладнання, пов'язаного з експлуатацією пристрою, для підтримання його в належному робочому стані. На жаль, дані, отримані в результаті багатьох досліджень за останнє десятиріччя, свідчать про те, що більшість приватних і державних установ не витрачають необхідні ресурси для підтримки обладнання в належному робочому стані. Скоріше, вони чекають доки не відбудеться відмова обладнання, а потім приймають всі необхідні заходи для ремонту або заміни обладнання. Ніщо не працює вічно і все обладнання має певні визначені тривалість служби або експлуатаційний термін. Наприклад, обладнання може бути розраховане на роботу при повному розрахунковому навантаженні протягом 5 000 годин і може бути розраховане на проходження 15 000 циклів запуску і зупинки.

Потреба в технічному обслуговуванні обумовлена фактичною або незворотною відмовою - в ідеалі, технічне обслуговування виконується для забезпечення ефективної роботи обладнання і систем протягом, принаймні, розрахункового терміну служби компонента(ів). Таким чином, практична робота компонента є функцією, що базується на часі. Якщо побудувати графік залежності частоти відмов, де співставляються номенклатури деталей та час, то, швидше за все, графік прийме форму "ванни", показану на мал. 5.1.1. На малюнку вісь Y представляє частоту відмов, а вісь X - час. За своєю формою крива може бути розділена на три відмінні частини: вихід з ладу в початковий період експлуатації, період нормальної експлуатації і періоди зносу.

Початкова частина кривої виходу з ладу на початку експлуатації характеризується високою частотою відмов, за якою слідує період зниження. Багато збоїв, пов'язаних з цією частиною, є причиною поганого проекту, поганою установкою або неправильним застосуванням. За періодом виходу з ладу на початку експлуатації слідує майже постійний показник «період постійної частоти відмов», відомий як період нормальної експлуатації. Є багато теорій про те, чому в цій частині стаються відмови компонентів, більшість визнає, що часто відіграє значну роль в цьому процесі відіграють неправильні експлуатація та технічне обслуговування. Також загальнопогодженим фактом є те, що



Малюнок 5.1.1. Інтенсивність частоти відмов з плином часу для номенклатури компонентів

виняткові практики технічного обслуговування, що включають превентивні і прогностичні елементи, можуть продовжити цей період. Період зносу характеризується швидким збільшенням частоти відмов з часом. В більшості випадків цей період охоплює нормальний розподіл відмов проектного ресурсу.

Розрахунковий термін служби більшості приладів вимагає періодичного технічного обслуговування. Ремені потребують регулювання, повинно підтримуватися вирівнювання, належне змащення обертового обладнання та інше. У деяких випадках певні компоненти потребують заміни (наприклад, підшипники на автомобілі) для забезпечення того, щоб основна частина обладнання (в цьому випадку автомобіля) прослужила свій розрахунковий термін служби. Кожен раз, не виконуючи роботи з технічного обслуговування, передбачені розробником обладнання, ми скорочуємо термін служби обладнання. Але які у нас є варіанти? За останні 30 років в Сполучених Штатах були розроблені різні підходи до проведення технічного обслуговування, спрямовані на забезпечення досягнення чи перевищення проектного терміну служби обладнання. Крім того, щоб очікувати на відмову обладнання (реактивне технічне обслуговування), ми можемо використовувати профілактичне, діагностичне обслуговування або обслуговування для підвищення надійності.

5.2 Реактивне Обслуговування

Реактивне обслуговування - це, фактично, режим обслуговування, що можна назвати "нехай працює, поки не зламається". Жодні дії або зусилля не докладаються для техобслуговування обладнання способами, передбаченими проектувальником для забезпечення проектного терміну служби. Дослідження, проведені взимку 2000 року, показують, що цей вид техобслуговування залишається переважним в Сполучених Штатах. Згадане дослідження розбиває середню програму обслуговування наступним чином:

- > 55% реактивне
- 31% профілактичне
- 12% діагностичне
- 2% інше.

Відзначимо, що більше 55% ресурсів і діяльності у технічному обслуговуванні середньостатистичної установи, як і раніше, є реактивними.

Переваги реактивного обслуговування можна розглядати як палицю з двома кінцями. Якщо ми маємо справу з новим обладнанням, можна очікувати мінімальних випадків відмови. Якщо наша програма технічного обслуговування побудована виключно за принципом реактивності, ми не будемо витрачати кошти на робочу силу або нести капітальні витрати, поки обладнання не зламається. Оскільки ми не бачимо жодних пов'язаних витрат на технічне обслуговування, ми могли б розглядати цей період як економію грошей. Але зворотна сторона - це реальність. Насправді, в той час як ми вважаємо, що економимо на обслуговуванні та капітальних витратах, ми витрачаємо більше коштів, ніж при іншому підході до обслуговування. Витрачається більше коштів, пов'язаних з капітальними витратами, тому що, чекаючи на поломку обладнання, ми скорочуємо його термін служби, а це призводить до більш

Переваги

- Низька вартість.
- Менше персоналу.

Недоліки

- Підвищена вартість через незапланований простій обладнання.
- Підвищена вартість робочої сили, особливо, якщо потрібна понаднормова робота.
- Витрати, пов'язані з ремонтом або заміною обладнання.
- Можливе вторинне пошкодження обладнання або процесів у випадку відмови обладнання.

частої заміни такого обладнання. Ми можемо понести витрати при відмові основного пристрою, пов'язані з його виходом з ладу, що викликає відмову вторинного пристрою. Це - збільшена витрата, яку ми не понесли б, якби наша програма обслуговування базувалася на більш активному підході. Наші витрати на робочу силу, пов'язані з ремонтом, ймовірно, будуть вищими, ніж зазвичай, тому що відмова, швидше за все, вимагатиме більш капітального ремонту, ніж, якби обладнання не експлуатувалося до відмови. Швидше за все, обладнання вийде з ладу в неробочий час або ближче до кінця звичайного робочого дня. Якщо це критичний елемент обладнання, що повинен бути швидко повернутий в експлуатацію, нам доведеться сплатити вартість понаднормового технічного обслуговування. У випадках, якщо ми розраховуємо слідувати принципу експлуатації обладнання до відмови, нам знадобиться великий матеріальний запас запасних частин. Це витрати, які ми могли б мінімізувати, використовуючи іншу стратегію обслуговування.

5.3 Профілактичне обслуговування

Профілактичне обслуговування можна визначити наступним чином: Дії, що виконуються за розкладом, що базується на часі або машинному прогоні, які виявляють, запобігають або пом'якшують деградацію компонента або системи з метою підтримки або продовження терміну його терміну роботи шляхом контролю деградації на прийнятному рівні.

ВМС США були першими у впровадженні профілактичного технічного обслуговування як засобу підвищення надійності своїх суден. Завдяки виділенню необхідних ресурсів на проведення робіт з технічного обслуговування, передбачених проектувальником обладнання, продовжується термін служби обладнання і підвищується його надійність. На додаток до підвищення його надійності, зберігаються кошти, в порівнянні з програмою, що передбачає реактивне технічне обслуговування.

Дослідження показують, що

така економія може скласти цілих 12%-

18% в середньому. В залежності від поточної практики технічного обслуговування об'єктів, існуючої надійності обладнання і часу простою об'єкта, існує мало сумнівів у тому, що багато об'єктів, повністю залежних від реактивного обслуговування, можуть заощадити набагато більше, ніж 18%, впровадивши належну програму профілактичного обслуговування.

Хоча профілактичне обслуговування і не є ідеальною програмою технічного обслуговування, воно має ряд переваг в порівнянні зі стовідсотково реактивною програмою. Виконуючи профілактичне техобслуговування, як передбачено проектувальником обладнання, ми максимально наблизимо термін служби обладнання до проектного. Це веде і до фінансових заощаджень. Профілактичне обслуговування (мастило, заміна фільтрів та інше) в цілому підвищуватиме ефективність обладнання, що призведе до економії. І хоча ми не зможемо запобігти катастрофічним відмовам обладнання, ми зменшимо загальну кількість відмов. Мінімізація відмов призводить до зниження капітальних витрат та витрат на технічне обслуговування.

Переваги

- Економічно ефективний у багатьох капіталомістких процесах.
- Гнучкість дозволяє регулювати періодичність технічного обслуговування.
- Збільшений життєвий цикл компонентів.
- Економія енергії.
- Зменшена відмова обладнання або процесу.
- Оцінені 12%- 18% вартостей заощаджень в порівнянні з реактивною програмою обслуговування.

Недоліки

- Катастрофічні збої все ще можуть статися.
- Трудомісткість.
- Включає в себе виконання необов'язкового обслуговування.
- Можливість випадкового пошкодження компонентів при проведенні необов'язкового технічного обслуговування.

5.4 Діагностичне обслуговування

Діагностичне обслуговування можна визначити наступним чином: Вимірювання, що виявляють початок деградації системи (зниження функціонального стану), що дозволяє усунути або контролювати причинні стресори до будь-якого значного погіршення фізичного стану компонента. Результати вказують на поточні та майбутні функціональні можливості.

В основному, діагностичне технічне обслуговування відрізняється від профілактичного обслуговування, базуючи потреби в технічному обслуговуванні на фактичному стані машини, а не на якомусь заданому графіку.

Ви пам'ятаєте, що профілактичне обслуговування базується на часі. Такі дії, як заміна мастила залежна від часу, календарного або часу роботи обладнання.

Наприклад, більшість людей змінюють масло в своїх автомобілях кожні 3000-5000 миль. Це є ефективним розрахунком відповідності потреби в заміні масла по часу роботи обладнання. Фактичному стану і експлуатаційним характеристикам масла тут увага не надається. Воно змінюється, тому що прийшов час. Ця методика буде аналогічна до завдання профілактичного обслуговування. Якщо, з іншого боку, оператор автомобіля врахував час роботи транспортного засобу і проводить перевірку масла з деякою періодичністю для визначення його фактичного стану і мастильних властивостей, він/вона може відтягнути заміну олії до тих пір, поки транспортний засіб не проїде 10 000 миль. Це фундаментальна відмінність між діагностичним і профілактичним технічним обслуговуванням, при якому діагностичне використовується для визначення необхідного завдання техобслуговування на основі визначення стану матеріалу/обладнання.

Переваги прогностичного обслуговування численні. Добре організована програма діагностичного технічного обслуговування дозволить практично повністю усунути катастрофічні відмови обладнання. Ми зможемо планувати заходи по технічному обслуговуванню, щоб мінімізувати або виключити вартість понаднормової роботи. Ми зможемо звести до мінімуму запаси і замовлення запчастин, по мірі необхідності, достатньо завчасно для того, щоб підтримати непершочергові потреби технічного обслуговування. Ми можемо оптимізувати роботу обладнання, економлячи витрати на електроенергію і підвищуючи надійність установки. Минулі дослідження показали, що правильно функціонуюча діагностична програма технічного обслуговування може забезпечити економію від 8% до 12% в порівнянні з програмою, де використовується лише профілактичне обслуговування.

Залежно від того як установа покладається на реактивне обслуговування і матеріального стану, можна легко розпізнати можливості економії, що перевищують 30%-40%. Фактично, незалежні опитування показують наступну середню промислову економію, отриману в результаті ініціювання програми функціонального діагностичного обслуговування:

- Повернення інвестицій: 10-кратне
- Зниження витрат на технічне обслуговування: Від 25% до 30%
- Усунення поломок: Від 70% до 75%
- Скорочення часу простою: Від 35% до 45%
- Зростання виробництва: Від 20% до 25%.

Переваги

- Збільшений термін служби/доступність компонентів.
- Дозволяє здійснювати попереджувальні коригувальні дії.
- Зменшення часу простою обладнання або технологічного процесу.
- Зниження витрат на запчастини і робочу силу.
- Краща якість продукції.
- Підвищення безпеки праці та навколишнього середовища.
- Покращений моральний стан робітників.
- Економія енергії.
- Оцінені 8%-12% вартості заощаджень у порівнянні з програмою профілактичного обслуговування.

Недоліки

- Збільшення інвестицій в діагностичне обладнання.
- Збільшення інвестицій в навчання персоналу.
- Потенціал економії не завжди видно керівництву.

З іншого боку, запуск процесу діагностичного обслуговування - задоволення не з дешевих. Велика частина обладнання вимагає витрат понад \$ 50,000. Навчання персоналу підприємства ефективному використанню технологій діагностичного технічного обслуговування потребуватиме значних фінансових вкладень. Розробка програми вимагатиме розуміння діагностичного обслуговування і твердого принципу того, щоб програма дотримуватиметься всіма відділами та керівництвом установи.

5.5 Технічне обслуговування для підвищення надійності

Технічному обслуговуванню для підвищення надійності (ТПН) спеціалізовані видання дають наступне визначення: "процес, що використовується для визначення вимог до технічного обслуговування будь-якого фізичного активу в контексті його експлуатації."

В основному, методи ТПН направлені на деякі ключові питання, що не розглядаються іншими програмами технічного обслуговування. Метод базується на принципі, що все обладнання на об'єкті має різне значення для процесів та для безпеки установи. Він передбачає, що конструкція і експлуатація різного обладнання відрізняються і що певний обладнання матиме більш високу ймовірність відмови від різних механізмів деградації, ніж інші. Він також передбачає структурування програми технічного обслуговування, визнаючи, що об'єкт не володіє необмеженими фінансовими та кадровими ресурсами і що використання того й іншого має бути пріоритетизованим і оптимізованим.

У двох словах, ТПН

являє собою системний підхід до оцінки обладнання і ресурсів об'єкта, щоб найкращим чином поєднувати їх і забезпечити високий ступінь надійності і фінансової ефективності об'єкта. ТПН є дуже надійним методом діагностичного техобслуговування, але також допускає, що діяльність з технічного обслуговування обладнання, яке є недорогим і не має значення для надійності об'єкта, найкраще залишити для реактивного технічного обслуговування. Такі розбивки програм технічного обслуговування найбільш ефективних об'єктів будуть повторювати підхід ТПН, щоб використовувати всі доступні підходи до технічного обслуговування з діагностичним методом в якості превалюючого.

- < 10% реактивне
- Від 25% до 35% профілактичне
- Від 45% до 55% діагностичне.

Оскільки для ТПН є важливим використання профілактичного технічного обслуговування його програмні переваги та недоліки є такими ж, як і у діагностичного техобслуговування. На додаток до цих переваг, ТПМ дозволить об'єкту більш точно співвідносити ресурси з потребами, при цьому поліпшуючи надійність і зменшуючи витрати.

Переваги

- Може бути найефективнішою програмою обслуговування.
- Нижчі витрати шляхом виключення необов'язкових техобслуговувань або ремонтів.
- Мінімізація частоти капітальних ремонтів.
- Знижена ймовірність раптових відмов обладнання.
- Здатність фокусувати діяльність з технічного обслуговування на критичних компонентах.
- Підвищена надійність компонентів.
- Включає аналіз першопричини.

Недоліки

- Може мати значні витрати на запуск, навчання, обладнання тощо.
- Потенціал економії не завжди видно керівництву.

Таблиця 5.5.1 Використання елементу технічного обслуговування для підвищення надійності

Ієрархія ТПН		
Елементи реактивного	Елементи профілактичного	Елементи діагностичного
Дрібні компоненти та обладнання	Обладнання, для якого характерний знос	Обладнання з випадковими моделями виходу з ладу
Некритичне обладнання	Витратне обладнання	Критичне обладнання
Обладнання, що навряд чи вийде з ладу	Обладнання з відомими моделями виходу з ладу	Обладнання, для якого не характерний знос
Запасні системи	Рекомендації виробника	Системи, відмова яких, може бути викликана неправильним профілактичним обслуговуванням

5.6 Як ініціювати обслуговування для підвищення надійності

Перехід від виключно реактивної програми до програми ТПН не є простим. Нижче наведено список деяких основних кроків, які допоможуть просунутися цим шляхом (NASA 2000).

1. Розробити список основного обладнання у вашій установі.
2. Визначити пріоритетність перерахованих компонентів на основі важливості або критичності для функціонування, процесу або місії установи – див. текстове поле з поясненням схеми пріоритетів.

Матриця пріоритетів для впровадження ТПН (№ Опис розстановки пріоритетів Застосування)

- 1 **Надзвичайна ситуація** Ризик для життя, здоров'я та безпеки - критичність місії
- 2 **Терміновість** Безперервна експлуатація установи в умовах ризику
- 3 **Пріоритет** Підтримка місії / терміни виконання проектів
- 4 **Поточний режим роботи** Пріоритет: "перший надійшов/перший обслужений"
- 5 **Дискреційність** Бажано, але не істотно
- 6 **Відстрочка** Виконується тільки тоді, коли дозволяють ресурси

Порівняння чотирьох програм технічного обслуговування (Piotrowski 2001)

Реактивне обслуговування (техобслуговування у випадку поломок або прогону обладнання до відмови)

Основний принцип

- Дозволити машинному обладнанню функціонувати до відмови.
- Ремонт або заміна пошкодженого обладнання при виникненні очевидних проблем.

Вартість: \$18/к. с./рік

Цей принцип технічного обслуговування дозволяє механізмам працювати до відмови, забезпечуючи ремонт або заміну пошкодженого обладнання тільки тоді, коли виникають очевидні проблеми. Дослідження показали, що витрати на експлуатацію таким чином складають близько \$ 18 за кінську силу (к. с.) в рік. Переваги цього підходу полягають у тому, що він добре працює, якщо зупинки обладнання не впливають на виробництво і якщо трудові та матеріальні витрати не мають значення.

3. Розподіл компоненти на логічні групи.
4. Визначити тип і кількість виконання необхідних робіт з технічного обслуговування і їх періодичність, використовуючи:
 - a. Технічні інструкції виробника
 - b. Історія машинного обладнання
 - c. Результати аналізу першопричин - чому відбулася поломка?
 - d. Хороші інженерні рішення
5. Оцінити чисельність обслуговуючого персоналу.
6. Визначити завдання, які може виконувати обслуговуючий персонал.
7. Провести аналіз режимів відмови обладнання і вплив на компоненти та системи.
8. Визначити ефективні завдання технічного обслуговування або стратегії пом'якшення наслідків.

Наведені нижче посилання і ресурси ні в якому разі не є всеосяжними. Перераховані організації не є рекомендацією авторів цього керівництва і надані виключно для вашої інформації. Для пошуку додаткових ресурсів автори цього посібника рекомендують звертатися у відповідні торгові групи, бази даних і мережу Інтернет.

An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering

Автор: Charles E. Ebeling
 Видавництво: McGraw Hill College Division
 Дата публікації: вересень 1996

Maintenance Engineering Handbook

Автор: Lindley R. Higgins, Dale P. Brautigam, and R. Keith Mobley (Editor)
 Видавництво: McGraw Hill Text, 5th Edition
 Дата публікації: вересень 1994

Condition-Based Maintenance and Machine Diagnostics

Автор: John H. Williams, Alan Davies, and Paul R. Drake
 Видавництво: Chapman & Hall
 Дата публікації: жовтень 1994

Maintenance Planning and Scheduling Handbook

Автор: Richard D. (Doc) Palmer
 Видавництво: McGraw Hill
 Дата публікації: березень 29, 1999

Maintainability and Maintenance Management

Автор: Joseph D. Patton, Jr.
 Видавництво: Instrument Society of America, 3rd Revision
 Дата публікації: лютий 1994

Reliability-Centered Maintenance

Автор: John Moubray
 Видавництво: Industrial Press, 2nd Edition
 Дата публікації: квітень 1997

Reliability-Centered Maintenance

Автор: Anthony M. Smith Видавництво: McGraw Hill
 Дата публікації: вересень 1992.

Профілактичне (Техобслуговування, що базується на часі)

Основний принцип

- Планування заходів з технічного обслуговування через задані проміжки часу.
- Ремонт або заміна пошкодженого обладнання до виникнення очевидних проблем.

Вартість: \$13/к. с./рік

Ця філософія передбачає планування робіт з технічного обслуговування в заздалегідь визначені проміжки часу, коли пошкоджене обладнання ремонтується або замінюється до виникнення очевидних проблем. Коли все проводиться правильно, дослідження показали, що витрати на експлуатацію таким чином складають близько \$ 13 за к. с. в рік. Переваги такого підходу полягають у тому, що він добре працює для обладнання, що не експлуатується безперервно, і з персоналом, який має достатньо знань, навичок і часу для виконання профілактичного техобслуговування.

Діагностичне технічне обслуговування (обслуговування за станом)

Основний принцип

- Планування заходів з технічного обслуговування, коли дозволяють механічні або експлуатаційні умови.
- Ремонт або заміна пошкодженого обладнання до виникнення очевидних проблем.

Вартість: \$9 /к.с./рік

Цей принцип полягає в плануванні заходів з технічного обслуговування лише в тому випадку, якщо і коли цього вимагають механічні або експлуатаційні умови-шляхом періодичного моніторингу обладнання на предмет надмірної вібрації, температури і/або погіршення мастила, або шляхом спостереження за будь-якими іншими негативними тенденціями, що відбуваються з плином часу. Коли стан досягає заздалегідь визначеного неприйняттого рівня, обладнання вимикається для ремонту або заміни пошкоджених компонентів, щоб запобігти значно дорожчим відмовам. Іншими словами "Не ремонтувати те, що не зламано." Дослідження показали, що у випадку правильного виконання, витрати на експлуатацію таким чином складають близько \$ 9 за к. с. в рік. Переваги цього підходу полягають у тому, що він працює дуже добре, якщо персонал володіє достатніми знаннями, навичками і часом для виконання діагностичного технічного обслуговування, і що він дозволяє планувати ремонт обладнання впорядкованим чином. Це також забезпечує деякий час для покупки матеріалів для необхідного ремонту, зменшуючи потребу у високому запасі деталей. Оскільки роботи з технічного обслуговування виконуються тільки тоді, коли це необхідно, існує ймовірність збільшення виробничих потужностей.

Технічне обслуговування для підвищення надійності (проактивне або профілактичне обслуговування)

Основний принцип

- Використовує методи діагностичного/профілактичного обслуговування з аналізом відмови основної причини для того, щоб виявити і загострити увагу на конкретній проблемі, у сукупності з попередніми методами встановлення та ремонту, включаючи потенційні перепроєктування або зміну обладнання для уникнення або виключення потенційних проблем.

Вартість: \$6/к.с./рік

Цей підхід використовує всі раніше обговорені методи діагностичного/профілактичного обслуговування, в поєднанні з аналізом причин відмови. Це не тільки виявляє і визначає конкретні проблеми, що виникають, але і гарантує, що виконуються передові методи установки і ремонту, включаючи потенційний редизайн або модифікацію, тим самим допомагаючи уникнути проблем або запобігти їх виникненню. Згідно з дослідженнями, коли це робиться правильно, робота коштує близько \$6 за к. с. в рік. Одною з переваг цього підходу є те, що він працює дуже добре, якщо персонал володіє знаннями, навичками і часом для виконання всіх необхідних процесів. Як і у випадку з програмою, що ґрунтується на діагностиці, ремонт обладнання може бути запланований впорядкованим чином, але також можуть бути вжиті додаткові зусилля з поліпшення, щоб зменшити або усунути багаторазове виникнення потенційних проблем. Крім того, це дозволяє своєчасно закуповувати матеріали для необхідного ремонту, тим самим знижуючи потребу у великому запасі. Оскільки роботи з технічного обслуговування виконуються тільки тоді, коли це необхідно, і додаються додаткові зусилля для ретельного вивчення причини несправності та визначення шляхів підвищення надійності машин, може відбутися істотне збільшення виробничих потужностей.

5.7 Посилання

NASA. 2000. *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment*. National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C.

Piotrowski, J. April 2, 2001. *Pro-Active Maintenance for Pumps, Archives, February 2001, Pump-Zone.com* [Report online]. Посилання: <http://www.pump-zone.com>. Передруковано з дозволу Pump-Zone.com.