

© В. О. Кохановський, к.т.н., доцент, НТУУ «КПІ», Київ,
Україна

ТЕХНІЧНИЙ СТАН ТА ВИБІР ЕФЕКТИВНОЇ СТРАТЕГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

Наведено методику визначення технічного стану і вибору
раціональної стратегії обслуговування і ремонту
поліграфічної техніки.

Ключові слова: технічний стан, методи технічного
обслуговування та ремонту, показники якості ремонту,
термін служби, експлуатаційна інформація.

Постановка проблеми

Одним із напрямків зростання продуктивності поліграфічного обладнання є забезпечення надійності його функціонування та зменшення часу на обслуговування та ремонт.

Постійне підвищення складності конструкції поліграфічних машин вимагає неухильного вдосконалення методів технічного обслуговування та ремонту. У спеціальній літературі з'являються дані, що свідчать про недостатню ефективність застосовуваної протягом багатьох років системи планово-попереджувального обслуговування і ремонту техніки, і висуваються пропозиції про проведення регламентних робіт і ремонту машин не по встановленим термінам або напрацюванням, а за фактичним рівнем їх технічного стану.

Мета роботи

Систематизація порядку контролю за технічним станом обладнання, визначення показ-

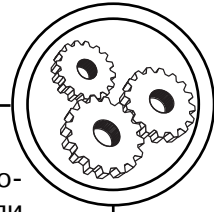
ників оцінки ефективності стратегій обслуговування і ремонту поліграфічної техніки та економічних характеристик відремонтованих машин.

Результати проведених досліджень

Визначення термінів служби машини та її окремих деталей і вузлів, оцінка ефективності методів боротьби із зносом та відновлення зношених деталей пов'язані з аналізом технічного стану поверхонь.

У загальному випадку аналіз технічного стану деталей та вузлів включає: визначення роботоздатності деталей та вузлів механізму; замір люфтів у шарнірних та інших рухомих з'єднаннях; мікрометричний замір деталей та зовнішній огляд поверхонь тертя; лабораторні та стендові дослідження [1].

Детальна схема аналізу технічного стану елементів машини представлена на рис. та відображає основні етапи вико-



нання досліджень та розробки рекомендацій [2].

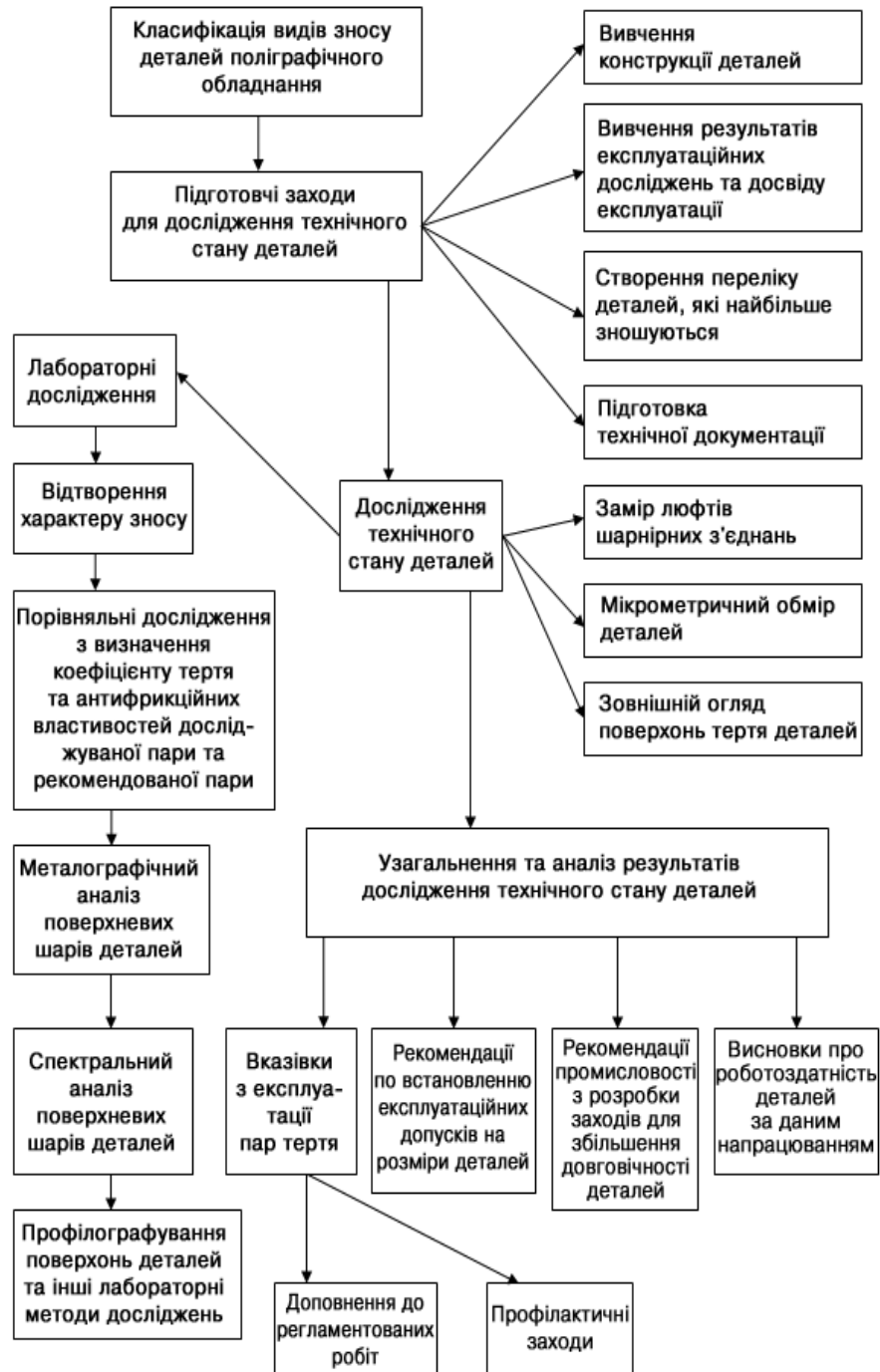
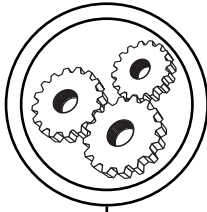
При визначенні роботоздатності конкретного з'єднання перевіряють робочі властивості деталей та їх відповідність технічним умовам. У ряді випадків деталі при зносі самі по собі працюють надійно, проте негативно впливають на роботу інших деталей або вузлів. Замір люфтів рухомих з'єднань дозволяє визначити сумарний знос деталей в їх робочому положенні без розбирання. Відхилення розмірів люфтів від меж, установлених технічними умовами, служить попередженням про можливе зношення в даному з'єднанні, що уточнюється при подальшому огляді поверхонь тертя та замірі деталей. Мікрометричний обмір деталей проводять після демонтажу та розбирання вузлів, ретельного очищення, промивки та сушіння робочих поверхонь. Зовнішній огляд деталей, наприклад, за допомогою лінзи, слід проводити паралельно з вимірюванням величини фактичного зносу контактуючих поверхонь. При огляді виявляється стан робочих поверхонь, вид зносу деталей та умови роботи вузла (якість і кількість мастила, наявність в мастилі абразивних часточок та ін.). У ряді випадків для встановлення виду та причин зносу потрібне проведення лабораторних досліджень на машинах тертя з визначення зносостійкості матеріалів, а також металографічний аналіз тонких поверхневих шарів деталей, визначення мікротвердості хімічного складу цих шарів і т. п. [3].

При проведенні аналізу зношені деталі ділять на три групи [4]. До першої відносять деталі, що мають задовільний стан робочих поверхонь, а їх розмір знаходиться в межах норми. Для деталей цієї групи дається висновок про їх задовільну роботу для даного періоду експлуатації.

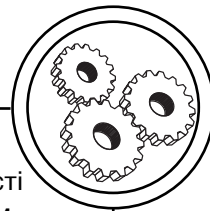
У другу групу включають деталі, що мають знос вище допустимого технічними умовами. Деталі цієї групи ділять на дві підгрупи: частина деталей допускають до подальшої роботи, попередньо визначивши величину максимально можливого зносу, а інші деталі підлягають відновленню або заміні.

До третьої групи відносять деталі, величина і характер зносу яких недопустимі за умовами роботи відповідного вузла або механізму. Знос вважається недопустимим, якщо стан робочої поверхні деталі (пошкодження, зменшення лінійних розмірів у напрямку зношення та ін.) загрожує втратою роботоздатності цієї чи іншими деталями у вузлі. Наприклад, для деталей, які працюють в умовах змінних навантажень, недопустимо утворення задирок і глибоких подряпин, які різко знижують їх міцність.

Для деталей третьої групи дають висновок про їх незадовільний стан для даного періоду експлуатації, визначають дослідно-експериментальним шляхом причини зношування деталей, визначають вид зносу і розробляють конкретні рекомендації з виготовлення, експлуатації або конструктивної зміни елементів з'єднання.



Детальна схема технічного стану елементів машини



Необхідно співставити дані про знос деталей, отримані для різних термінів експлуатації. Це дозволить в'ясувати закономірності процесу зношування і вирішити питання про можливість встановлення граничних експлуатаційних зазорів [4] (граничного стану) для з'єднань у вузлах і механізмах машин.

Сумарним критерієм граничного стану, наприклад, друкарської машини, може служити гранично допустимий рівень якості друкованої продукції.

Гранична зношеність є випадковою величиною і, як показує практика, задовільно апроксимується законом нормального розподілу. Тому швидкість зношування визначають статистичним методом, як відношення вимірюваної величини зносу $\delta_{\text{вим}}$ напрацювання до моменту вимірювання $T_{\text{вим}}$.

Таким чином, для визначення швидкості зношування деталі або сполучення необхідно керуватись двома видами статистичної інформації про величину зносу деталей і про міжремонтне напрацювання вузлів, що вимагають ремонту.

Наближено середню швидкість зношування можна визначити діленням середнього значення зносу на середній міжремонтний ресурс.

Методи та організаційні форми технічного обслуговування і ремонту залежать від технологічного процесу та його відповідності промисловим умовам конкретного поліграфічного підприємства. Визначальними факторами при вирішенні цього питання є: об'єм ремонтно-профілактичних робіт, конструк-

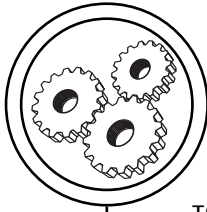
тивно-технологічні особливості обладнання даного підприємства, затрати на ремонтні роботи і рівень надійності (наприклад, термін служби) відремонтованих елементів і вузлів машин [5, 6].

Технічне обслуговування та ремонт обладнання повинні забезпечити потрібний рівень ефективності поліграфічної техніки при мінімальних витратах засобів на виконання відновлювальних робіт.

Комплекс заходів з технічного обслуговування і ремонту устаткування повинен містити сукупність запланованих робіт, мета яких — попередження відмов і несправностей для підтримки працездатного стану та ресурсу машин та сукупність ремонтних робіт, мета яких — відновлення працездатного стану і ресурсу машин.

Виконання в цілому всіх робіт з ремонту та обслуговування може виконуватись по досягненні визначеного напрацювання, вимірюного у відповідних одиницях (знос, шум і т.п.) або в заплановані календарні терміни.

Для кожного з етапів процесу технічного обслуговування і ремонту необхідно встановити раціональність поєднання експлуатаційних (технологічних) чинників ремонтпридатності і особливостей обслуговуваного обладнання. При цьому з'являється реальна можливість кількісної оцінки впливу факторів системи технічного обслуговування та ремонту на такі характеристики ремонтпридатності як тривалість, трудомісткість і вартість виконання робіт.



Розглянемо приклад, коли технічне обслуговування та ремонт машини можуть проводитися за однією з двох стратегій: перша — заміна та ремонт складальних одиниць машини проводиться через визначенні заплановані проміжки часу; друга — заміна та ремонт складальних одиниць машини проводиться залежно від їх технічного стану.

Якщо в якості характеристики ремонтпридатності даної машини використовувати показники тривалості виконання технічного обслуговування та ремонту, то ними можуть бути час відновлення t_v , час технічного обслуговування $t_{то}$, час ремонту t_p або сумарний час виконання робіт t_{Σ} . При цьому найбільш повною характеристикою впливу факторів ремонтпридатності є закон розподілу прийнятої характеристики (показника) ремонтпридатності даної машини $F(x)$.

У даному прикладі кожна з можливих систем технічного обслуговування і ремонту характеризується законами розподілу відповідно $F_1(x)$ і $F_2(x)$, причому в загальному випадку приймаємо, що $F_1(x) \neq F_2(x)$.

Якщо вид законів відомий, то завдання полягає в установленні співвідношення між $F_1(x)$ і $F_2(x)$, і визначенні ефективності зміни факторів процесу технічного обслуговування і ремонту для даної машини.

Відповідно до першої стратегії заміна та ремонт проводяться для цілком певного числа конструктивних елементів машини. Число виконаних при цьому операцій технологічного

процесу технічного обслуговування і ремонту є величиною постійною, хоча тривалість робіт по кожній з операцій є величина випадкова.

За другою стратегією число і тривалість цих операцій визначаються за результатами контролю технічного стану деталей і вузлів даної машини. Якщо поставити задачу визначення функції ремонтпридатності машини для першого і другого випадків і встановлення з двох стратегій технічного обслуговування і ремонту найбільш ефективної, то її рішення зводиться до наступного. При першій стратегії сумарна тривалість виконаних робіт визначається як:

$$t_{\Sigma,n} = \sum_{i=1}^n t_{\Sigma,i}, \quad (1)$$

де n — число елементів машини, які підлягають технічному обслуговуванню та ремонту; $t_{\Sigma,i}$ — сумарний час виконання робіт по i -ій деталі.

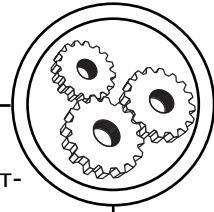
При достатньо великому n сума незалежних випадкових величин розподіляється асимптотично нормально.

В другому випадку заміна елементів машини та їх ремонт виконується із ймовірністю P_i , а сумарний час виконання робіт буде:

$$t_{\Sigma,N} = \sum_{j=1}^N t_{\Sigma,j} = \sum_{i=1}^n P_i t_{\Sigma,i}, \quad (2)$$

де N — випадкове число операцій з технічного обслуговування та ремонту.

Оскільки N є величина випадкова, то для визначення ймовірності появи N подій застосовується вираз Пуассона [6].



В свою чергу, математичні очікування випадкових величин $t_{\Sigma,n}$ та $t_{\Sigma,N}$ дорівнюють відповідно:

$$M[t_{\Sigma,n}] = n \bar{t}_{\Sigma,1}, \quad (3)$$

$$M[t_{\Sigma,N}] = M[N] \bar{t}_{\Sigma}, \quad (4)$$

де $\bar{t}_{\Sigma,1}$ — середнє сумарне значення часу робіт, яке припадає на один конструктивний елемент машини.

Так як $M[N] \leq n$, то $M[t_{\Sigma,n}] \geq M[t_{\Sigma,N}]$.

Порівнюючи значення функції ремонтпридатності в точках для двох систем технічного обслуговування та ремонту, отримаємо:

$$t_1 = M[t_{\Sigma,n}], \quad t_2 = M[t_{\Sigma,N}]. \quad (5)$$

Так як $F_1(t_{\Sigma})$ є нормальним розподіленням, то $F_1(t_1) < F_2(t_2)$, оскільки для другої системи випадкова величина $t_{\Sigma,N}$ по розподілу Пуассона розподілена по показниковому закону. Нерівність $F_1(t_1) < F_2(t_2)$, зберігається і в тому випадку, коли $t_1 = t_2$.

В свою чергу, величина $M[t_{\Sigma,n}]$, та, відповідно, $t_{\Sigma,n}$, завжди більше величин $M[t_{\Sigma,N}]$ та $t_{\Sigma,N}$.

Таким чином, при другій стратегії виконання робіт із технічного обслуговування та ремонту забезпечується більш високий рівень ремонтпридатності $F_{\Sigma}(t)$ машини.

Друга стратегія технічного обслуговування та ремонту застосовується до тих машин та агрегатів, конструктивні особливості яких дозволяють використовувати прогресивні мето-

ди профілактичних та ремонтних робіт.

Важливе значення в процесі експлуатації обладнання має правильність оцінки якості профілактичних та ремонтних робіт.

В якості комплексного показника такої якості може слугувати коефіцієнт готовності K_r [6], який визначається з рівняння:

$$K_r = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{то}} + T_{\text{ев}}}, \quad (6)$$

де T_p , $T_{\text{то}}$ та $T_{\text{ев}}$ — відповідно час роботи машини, час проведення щомісячних і табельних технічних обслуговувань, час, який витрачається на усунення експлуатаційних відмов.

Коефіцієнт готовності слід розраховувати на основі інформації про відмови машин, зібраної в конкретних промислових умовах експлуатації.

Найбільш повною економічною характеристикою якості нових та відремонтованих машин може слугувати питома вартість надійності D_n [7], яку прийнято визначати за рівнянням:

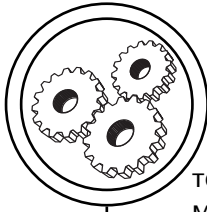
$$D_n = D_m + D_{\text{рпр}} + D_{\text{пр}}, \quad (7)$$

де D_m — питома вартість придбаної нової машини, $D_{\text{рпр}}$ — питома вартість ремонтпридатності; $D_{\text{пр}}$ — питома вартість простою машини.

Під терміном «питома вартість» слід розуміти вартість, яка припадає на одиницю друкуваної продукції.

Висновки

В статті наведено порядок аналізу технічного стану деталей та вузлів поліграфічної



техніки та використання отриманої інформації для визначення показників системи технічного обслуговування та ремонту. Розглянуто приклади розрахунку параметрів, які визначають ефективність вибраних стратегій технічного обслуговування та ремонту, якість профілактичних і ремонтних робіт та еко-

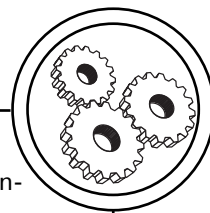
номічні характеристики відремонтованих машин. Така методика допоможе раціонально організувати технічне обслуговування та ремонт поліграфічного обладнання. Також, це один із шляхів підвищення рівня ефективності використання техніки на поліграфічному виробництві.

Список використаної літератури

1. Положение о техническом обслуживании и ремонте оборудования полиграфических предприятий. — М. : Госкомпечать СССР, «Книжная палата», 1990. — 272 с.
2. Якименко Ю. И. Эффективность полиграфического оборудования / Ю. И. Якименко. — М. : Книга, 1987. — 142 с.
3. Волков П. Н. Ремонт полиграфического оборудования / П. Н. Волков, С. Т. Галкин, Л. М. Добин, Ю. И. Якименко. Учебное пособие. — Москва : Книга, 1982. — 262 с.
4. Методические указания. Надежность в технике. Общие правила классификации отказов и предельных состояний : РД 50-699-90. — Введ. 01.01.92. — М. : Госкомитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. — 8 с.
5. Есин Б. И. Техническое обслуживание и ремонт полиграфического оборудования. Ч. 2 : Учеб. Пособие / Б. И. Есин. — М. : Изд-во МПИ «Мир книги», 1994. — 139 с.
6. Бобров В. И. Надежность технических систем : Учеб. пособие / В. И. Бобров. — М. : МГУП, 2004. — 236 с.
7. Хейфец Л. М. Техничко-экономические вопросы конструирования и модернизации полиграфических машин / Л. М. Хейфец. — М. : Искусство, 1962. — 223 с.

References

1. Polozhenie o tehničeskom obsluživanii i remonte oborudovanija poligraficheskih predprijatij. — M. : Goskompechat' SSSR, «Knizhnaja palata», 1990. — 272 s.
2. Jakimenko Ju. I. Jeffektivnost' poligraficheskogo oborudovanija / Ju. I. Jakimenko. — M. : Kniga, 1987. — 142 s.
3. Volkov P. N. Remont poligraficheskogo oborudovanija / P. N. Volkov, S. T. Galkin, L. M. Dobin, Ju. I. Jakimenko. Uchebnoe posobie. — Moskva : Kniga, 1982. — 262 s.
4. Metodicheskie ukazanija. Nadezhnost' v tehnikе. Obshhie pravila klassifikacii otkazov i predel'nyh sostojanij : RD 50-699-90. — Vved. 01.01.92. — M. : Goskomitet SSSR po upravleniju kachestvom produkcii i standartam, 1991. — 8 s.
5. Esin B. I. Tehničeskoе obsluživanie i remont poligraficheskogo oborudovanija. Ch. 2 : Ucheb. Posobie / B. I. Esin. — M. : Izd-vo MPI «Mir knigi», 1994. — 139 s.
6. Bobrov V. I. Nadezhnost' tehničeskix sistem : Ucheb. posobie / V. I. Bobrov. — M. : MGUP, 2004. — 236 s.



7. Hejfec L. M. Tehniko-jekonomicheskie voprosy konstruirovaniya i modernizacii poligraficheskikh mashin / L. M. Hejfec. — M. : Iskusstvo, 1962. — 223 s.

Наведены методика определения технического состояния и выбора рациональной стратегии обслуживания и ремонта полиграфической техники.

Ключевые слова: техническое состояние, методы технического обслуживания и ремонта, показатели качества ремонта, срок службы, эксплуатационная информация.

Imposed method of determining the technical condition and the choice of a rational strategy for maintenance and repair of printing equipment.

Keywords: technical conditions, methods of maintenance and repair, indicators of repairs quality, service life, operational information.

Рецензент — В. Г. Кушик, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 23.09.14