

УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Іванова М.В.

*кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри підприємництва, організації виробництва та теоретичної і
прикладної економіки*

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Лозовська Л.І.

*кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри економічної інформатики
Національна металургійна академія України
м. Дніпро, Україна*

Результати виробничо-господарської діяльності підприємств безпосередньо залежать від ефективності використання і оновлення основних фондів. На промислових підприємствах зосереджено великий парк різноманітного технологічного обладнання, яке у сукупності з виробничою інфраструктурою і технічним забезпеченням експлуатації обладнання формують технічну систему окремого підприємства. Для ефективного функціонування і забезпечення високих економічних показників експлуатації технологічне обладнання має своєчасно оновлюватися. Постає господарська дилема щодо визначення оптимального часу заміни обладнання: заміна, призведена більш раніше, потребує додаткових інвестицій; заміна, призведена більш пізніше, веде до зростання поточних витрат на утримання застарілого обладнання. Несвоєчасна заміна обладнання, таким часом, є економічно невиправданою в обох випадках, а питання раціонального оновлення обладнання за економічними характеристиками його експлуатації набуває особливої актуальності.

Метою даної роботи є пошук аналітичних підходів до розв'язання практичної проблеми з визначення оптимального часу заміни обладнання.

Традиційно планування строків експлуатації обладнання промислових підприємств здійснюють на основі регламентуючих документів за галузями промисловості та з урахуванням техніко-економічних показників експлуатації обладнання і ремонтних нормативів. Техніко-економічні показники

визначаються за даними звітів і планів проведення ремонтних робіт по системі ППР (планово-попереджувального ремонту і технічного обслуговування машин і устаткування). Головним в системі ППР є технічне обслуговування, спрямоване на попередження дефектів й несправностей в роботі машини та на зменшення фізичного зносу. Всі види технічного обслуговування проводяться за планом, в обов'язковому порядку, із відповідним розрахунком обсягів робіт, супутніх виробничих витрат, робочої сили, тощо. Таке планування має місце на підприємствах небезпечних і фондомістких галузей промисловості: машинобудування, енергетики, хімічної, металургійної галузях, ін. При цьому основні фонди цих підприємств виявляються критично зношеними – на 60-80% [1]. Недостатністю інвестицій, як браком коштів, це пояснює лише частково: адже мінімум, як за 5 р., відповідно до [2], підприємства повертатимуть всі кошти, авансовані в придбання обладнання, у вигляді амортизаційних відрахувань.

Практична проблема у встановленні оптимального часу експлуатації обладнання полягає також в тому, що для сучасного обладнання відсутні затверджені часові й трудові норми щодо проведення ремонтних робіт. Тому визначення моменту часу заміни технологічного обладнання покладається на керівництво кожного окремого підприємства. Якщо підходити до визначення цього показника тільки з боку технічного контролю і нагляду за обладнанням, ситуація може скластися так, що тривала підтримка технічного стану обладнання в задовільному стані вимагатимете все більше і більше ресурсів. При цьому обладнання буде моральне застарівати, а зростання витрат на його ремонт та обслуговування відіб'ється і на собівартості продукції виробництва, і на показниках ефективності всього підприємства.

При підході до заміни обладнання з точки зору економічної доцільності, необхідно також врахувати весь різний за типом і конструкцією парк технологічного обладнання, величезні обсяги інформації про його технічний стан та динамічність робочих процесів. Для визначення оптимального часу заміни певного обладнання може бути рекомендовано аналітична система управління технічними об'єктами. Наприклад, така, що заснована на багатокроковій оптимізації за методами динамічного програмування. У такій спосіб рішення про оптимальний час заміни обладнання буде прийняте на основі порівняння економічних результатів експлуатації, як заміненого (нового) обладнання, так і такого, експлуатація якого продовжуються. Модель

динамічного програмування, покладена в основу прийняття рішення про визначення оптимального часу експлуатації обладнання, матиме вид [3]:

$$F(\tau, u_k) = \max \begin{cases} r(\tau) - u(\tau) + F_{k+1}(\tau+1) & \text{при } u_k = C \\ S(\tau) - I_0 + r(0) - u(0) + F_{k+1}(1) & \text{при } u_k = 3 \end{cases}, \quad (1)$$

де $r(\tau)$ – продуктивність обладнання по роках τ ;

$u(\tau)$ – річні витрати на утримання обладнання;

$S(\tau)$ – залишкова вартість обладнання, яка коректується на амортизаційні відрахування;

I_0 – вартість нового обладнання;

$F_k(\tau)$ – проміжне розрахункове значення цільової функції на інтервалі від початку k -го року до останнього. Показує максимальний ефект, одержуваний від експлуатації обладнання віку τ років за останні k років розрахункового періоду.

Змінна управління на k -му кроці є логічною змінною, яка може приймати два значення: C – зберегти, 3 – замінити обладнання на початку k -го року. Змінної стану системи на k -му кроці є змінна τ . Таким чином, рішення про заміну обладнання може вважатися оптимальним, якщо воно забезпечує максимальний сумарний ефект від використання цього обладнання за весь часовий період його експлуатації.

Адекватне застосування моделі (1) на практиці вимагає достовірної інформації по техніко-економічних показниках експлуатації обладнання $r(\tau)$, $u(\tau)$.

За системою ППР інформаційною базою аналітичного забезпечення процесу управління експлуатацією технологічного обладнання можуть бути графіки планово-попереджувальних ремонтів, відповідні дефекто-кошторисні відомості ремонту, дані обліку основних засобів і відомості про наявність запасних частин на складі (відповідно, «Основні засоби» і «Облік запасів» в конфігурації ПЗ «1С: Підприємство»). Таким чином, при обслуговуванні обладнання за системою ППР дані по $u(\tau)$ в моделі (1) забезпечуються фактичною і запланованою інформацією по річних витратах на утримання обладнання. Графічно функцію $u(\tau)$ показано на рис. 1.

Багато років система ППР була основним методом підтримки працездатності обладнання на більшості промислових підприємств. Однак,

сучасні масштабні дослідження механізмів відмови показали, що тільки 8...23% відмов відповідає прийнятому в практиці проведення ППР припущенням, що інтенсивність відмов зростає з напрацюванням обладнання [4]. Такі відмови властиві відносно простим об'єктам. Що ж стосується технічно складних об'єктів, то між ймовірністю їх відмови (p) і терміном експлуатації обладнання не завжди є взаємозв'язок. Для цих об'єктів ймовірність відмови може мати постійну величину, що не зростає зі спрацюванням обладнання. Альтернативою системі ППР наразі стає RCM-обслуговування або обслуговування за подією, при якому ремонт обладнання виконується після виходу його з ладу. У випадках RCM-обслуговування прогнозування показників $u(\tau)$ стає завданням більш складнішим. В першому наближенні для рішення цього завдання необхідно визначити сценарії зносу і спрацювання обладнання. В [4] показано, що при використанні будь-якого обладнання на будь-якому підприємстві існує всього декілька сценаріїв виходу цього обладнання з ладу. Графічно ці сценарії наведено на рис. 2.

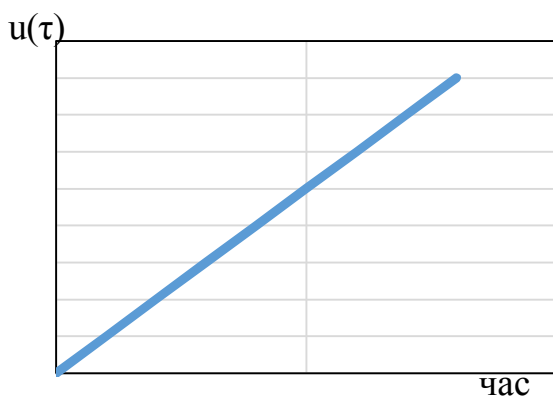


Рисунок 1 – Залежність витрат на ремонт і утримання обладнання за системою ППР

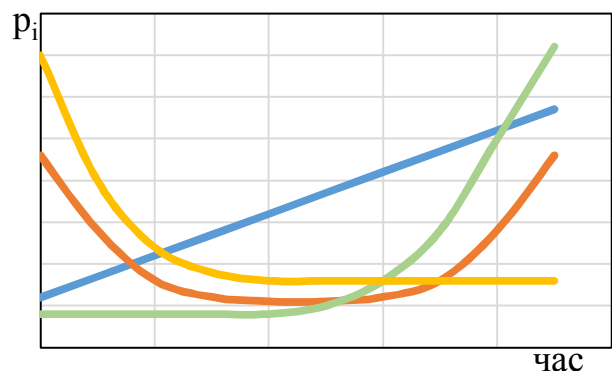


Рисунок 2 – Ймовірності виходу з ладу обладнання (можливі сценарії)

З рис. 2 видно, що передбачити відповідні витрати за функцією $u(\tau)$ можна, тільки визначившись з найбільш вірогідним сценарієм експлуатації обладнання. Очевидно, що вид функції ймовірності $p(\tau)$ буде визначатися специфікою обладнання, умовами його експлуатації, статистичними спостереженнями за відмовами та зносом, а також інтуїцією фахівця-дослідника. Отже, розв'язання проблеми з визначення економічно доцільного терміну експлуатації технологічного обладнання починається з моделювання і прогнозування його технічного стану. Саме на такому порядку визначення

економічно-доцільного строку експлуатації наполягають і автори [5]. На підставі отриманих даних з аналізу і моніторингу технічного стану обладнання, формуються висновки про надійність його функціонування, можливі сценарії фізичного зносу і виходу з ладу. Для обробки цієї інформації та з метою розрахунку показників $u(\tau)$ доцільно використовувати окрему аналітичну систему оцінки і прогнозування технічного стану обладнання.

Таким чином, управління технічними системами промислових підприємств ставить задачу визначення оптимального часу заміни обладнання. Актуальним підходом для вирішення задачі ми вважаємо застосування алгоритму багатокрокової оптимізації або методу динамічного програмування. Практична проблема такого аналітичного розв'язання полягає в адекватному визначенні річних витрат на утримання та експлуатацію обладнання. Якщо обладнання обслуговується за системою ППР, ці витрати заздалегідь плануються та (або) екстраполюються. В інших випадках обслуговування обладнання необхідно попередньо встановити найбільш вірогідний сценарій зносу і спрацювання обладнання, а потім вже спрогнозувати відповідні витрати $u(\tau)$, які в подальшому стануть об'єктивним підґрунтям для моделювання управлінських рішень за рівнянням (1).

Перелік посилань:

1. Наявність і стан основних засобів за видами економічної діяльності/ Державна служба статистики України [статистична інформація] : офіційний веб-сайт. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Податковий Кодекс України: Розділ III. Податок на прибуток підприємств [Електронний ресурс]. – URL: <https://tax.gov.ua/nk/>
3. Задачи о замене оборудования [Електронний ресурс] – URL: <https://math.semestr.ru/dinam/replacementofequipment.php>
4. SmartEAM : веб-сайт сервісу для автоматизованого обслуговування обладнання [Електронний ресурс]. – URL: <https://smart-eam.com/ua/planned/>
5. Новкунский А.А. Информационно-аналитическая система оценки и прогнозирования технического состояния гидросилового оборудования ГЭС [Електронний ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-otsenki-i-prognozirovaniya-tehnicheskogo-sostoyaniya-gidrosilovogo-oborudovaniya-ge>