

УДК 658.51

О.В.Сидорчук, О.О.Налобіна, М. А. Демидюк, О.П.Герасимчук, Л.М. Поліщук

СИСТЕМНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

В статті обґрунтовано системно-технологічний метод управління проектами модернізації технічних об'єктів, що передбачає системний аналіз їх технологічних процесів.

Ключові слова: *технічний об'єкт, модернізація, системно-технологічний метод, якість, енерговитрати.*

Постановка проблеми. Еволюція технічних об'єктів (ТО) є головною рисою науково-технічного прогресу. Вона відбувається шляхом створення нових або модернізації (удосконалення) існуючих ТО. Модернізація (високоякісних, енергоекономних) ТО повинна базуватись на науково-обґрунтованих методах управління проектами розроблення машин на основі системного підходу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми еволюції технічних систем є об'єктом вивчення таких наук як теорія технічних систем, системотехніка, технічна творчість.

Над проблемою створення ефективних методів розроблення ТО працювали багато вчених і винахідників [1, 2, 3, 4]. Ними запропоновано десятки методів вирішення інженерних задач, зокрема мозкова атака, синектика, морфологічний аналіз і синтез, функціонально-вартісний аналіз, алгоритм вирішення винахідницьких задач та ін. Ці методи дають змогу пришвидшити пошук кращого технічного рішення, особливо, якщо воно знаходиться за межами традиційної області пошуку. Проте, питання управління проектами модернізації наявних чи створення нових ТО залишається недослідженим.

Постановка завдання. Розкрити системно-технологічний метод управління проектами модернізації ТО.

Виклад основного матеріалу. Спершу визначимось з системою понять, зокрема зі змістом терміну «модернізація ТО». Модернізація (удосконалення) ТО (від фр. *moderne* – сучасний) — це процес зміни її стану з початкового (базовий ТО) до кінцевого (модернізований ТО), що виконується з метою покращення ефективності функціонування, зокрема підвищення якісних показників та зменшення енергомісткості.

Слід чітко розмежовувати поняття «модернізація ТО» і «ремонт ТО». Під ремонтом розуміється процес відновлення початкового або проміжного стану ТО, тобто відновлення його функціональних властивостей, модернізація ж передбачає якісну зміну ТО. Наприклад, заміна зношеного підшипника кочення в машині – це ремонт, а зміна конструкції підшипникового вузла шляхом встановлення радіально-упорних підшипників замість радіальних з метою забезпечення сприйняття як радіальних, так і осьових навантажень – модернізація.

Розмежуємо поняття «модернізація ТО» і «створення ТО». Якщо для задоволення певних людських потреб ТО не існувало, то однозначно можна вести мову про необхідність створення нового ТО.

Проте, у практичній діяльності, часто виникає ситуація, коли для задоволення певних потреб існує один або декілька ТО, що не задовольняють нас за певними критеріями. В цьому випадку слід відмітити відносність термінів «модернізація ТО» і «створення ТО», так само, як і термінів «технічна система (об'єкт)» і «елемент». Адже, модернізацію ТО, наприклад, льонобралки, можна здійснити шляхом заміни її елементів, наприклад, конструкції вивідного устаткування на нове, тобто створенням нової конструкції вивідного устаткування. По відношенню до ТО «льонобралка» виконано модернізацію, по відношенню до ТО «вивідне устаткування» – створено нову ТО. Створення нової ТО – підрівнювача стрічки стебел льону передбачає модернізацію надсистеми – технології збирання льону-довгунця. З прикладу про підшипниковий вузол

можна зробити висновок, що відносними, за певних умов, є терміни «модернізація ТО» і «заміна ТО».

Узагальнюючи вищесказане, відмітимо цілісність і ієрархічність понять «модернізація ТО», «створення ТО» та «заміна ТО» в процесі вищого ієрархічного рівня – процесі еволюції ТО.

Відмінність між процесами модернізації і створення машини, полягає у зміні послідовності формування її структури (рис. 1), що є частиною структури «Технологічний комплекс машин».

Модернізацію розглядатимемо як проект, який скерований на зміну якісного його стану. Управління таким проектом є специфічним, воно має базуватись на системному підході та технологічному аналізі ТО.

Кожна технічна система призначена для перетворення предметів праці за певною технологією. Тому при створенні машини послідовно виконуються наступні етапи її синтезу: формування необхідності якісного перетворення предметів праці, вибір технології, виділення елементарних операцій та вибір елементарних робочих органів, що виконують ці операції, обґрунтування машинної технології, машинних процесів та формування структури машини.



Рис. 1. Структура системи машинний агрегат: ПП – предмети праці; Т – технологія; ЕО – елементарна операція; ЕРО – елементарних робочих орган; МТ – машинна технологія; МП – машинний процес; М – машина; ТП – технологічний процес; МА – машинний агрегат

При проведенні модернізації наявна машину, яка потребує аналізу для визначення тих елементарних робочих органів, що погіршують якісні та енергетичні показники технологічного процесу. На основі аналізу структури машини, машинних процесів та машинних технологій виділяють елементарні робочі органи та елементарні операції, що погіршують якісні та енергетичні показники процесу перетворення та їх змінюють, а отже змінюють структуру машини

Необхідно відмітити множину підходів до здійснення модернізації ТО. Самим простим є підхід, що базується на «методі проб і помилок», коли винахідник або конструктор при проведенні модернізації керується лише інтуїцією і власним досвідом, а не науковими знаннями. Даний підхід є ненауковим, та не може застосовуватись до складних технічних систем, де ціна помилки може виявитись катастрофічною.

Науково-обґрунтовані підходи до модернізації повинні базуватись на обґрунтуванні задач модернізації ТО, обґрунтуванні призначення ТО та функцій її окремих елементів, обґрунтуванні конкретних змін ТО. Кожен з цих етапів повинен базуватись на розгляді об'єкта модернізації – ТО як цілісної множини елементів і відношень між ними, що дає змогу виявити закономірності і взаємозв'язки, а отже підвищити ефективність процесу модернізації. Таким чином, системний підхід є вищим рівнем наукового пізнання, що дозволяє підвищити ефективність як процесу постановки задач модернізації, так і технологічного та фізичного (механічного) її обґрунтування. Тобто можна вести мову про два ієрархічні рівні обґрунтування модернізації ТО – системно-технологічний та фізико-технологічний (механіко-технологічний) (рис. 2).

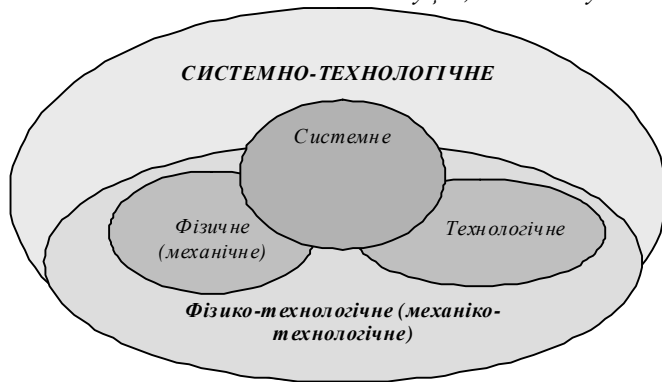


Рис. 2. Підходи до обґрунтування механізму модернізації ТО

1. Наявність підстав для модернізації. Модернізація є результатом маркетингових досліджень, оцінки конкурентів і реальної оцінки машини. Підставою для проведення модернізації є суперечності між потребами та можливостями наявних ТО, які виникають внаслідок:

- неналежного виконання ТО технологічного процесу, що виявляється в процесі її експлуатації;
- появи ТО конкурентів, що ефективніше реалізують технологічний процес;
- зміни технології, а отже вимог до ТО, що її реалізують.

Таким чином завданням модернізації ТО є виявлення і усунення суперечностей між технічним рівнем наявних ТО і вимогами до їхнього технічного рівня, що виникають на певному етапі еволюції техніки. Для виявлення зазначених суперечностей необхідно проаналізувати масив емпіричних даних про технічний рівень наявних ТО з метою обґрунтування доцільності модернізації одного з них.

2. Оцінка технічного рівня наявних ТО та обґрунтування доцільності модернізації вибраного ТО. Оцінку технічного рівня ТО слід проводити за емпіричними даними, тобто отриманими в результаті експлуатації ТО. Якщо існує декілька ТО аналогічного функціонального призначення, то оцінку технічного рівня слід проводити для кожної системи. Доцільно здійснювати модернізацію тих ТО, що мають технічний рівень вищий за системи аналогічного функціонального призначення, хоча можливі і інші критерії вибору – наприклад розповсюдження ТО.

Для вибраного ТО формулюємо задачу модернізації.

3. Постановка задачі модернізації виконується у наступній послідовності:

3.1. Формулюються перелік вимог до якісного перетворення операнда (об'єкта дії, предмета праці) з одного стану (вхідний або початковий) в інший стан (вихідний або кінцевий), яке реалізується в під час виконання технологічного процесу. На даному етапі важливо визначити узагальнений вектор вхідних показників операнда X та узагальнений вектор вихідних показників операнда Y – кількісних та якісних показників перетворення. Зв'язок між векторами вихідних і вхідних показників:

$$Y = F(X, Z), \quad (1)$$

де $F(X, Z)$ – функція, що реалізується машиною, яка удосконалюється; Z – вектор, що характеризує фізичні і функціональні параметри ТО, що здійснює процес перетворення.

Базуючись на понятті модернізації ТО, виходячи з системно-технологічного підходу до її обґрунтування, керуючись логікою процесу наукового пізнання, сформулюємо механізм проведення модернізації ТО у вигляді алгоритму, що містить наступні етапи (рис 3):

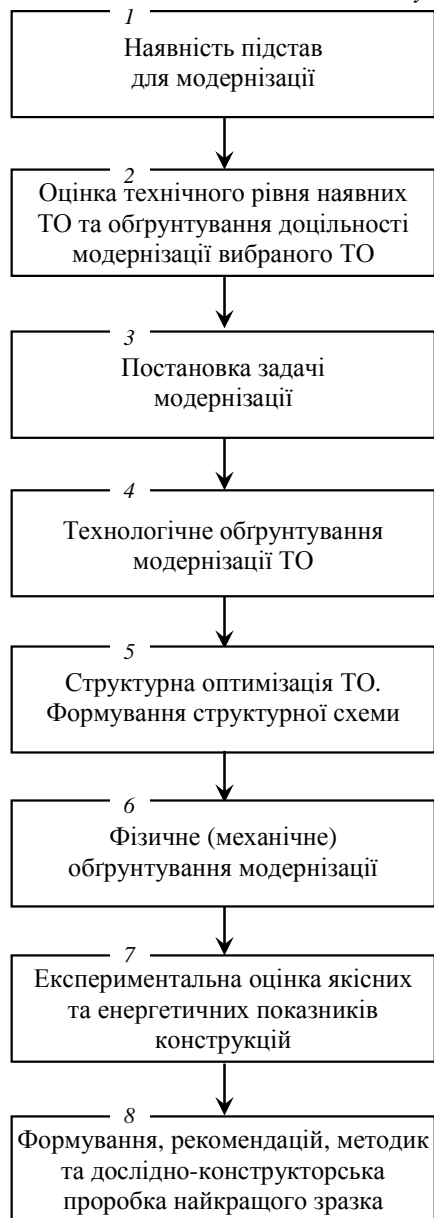


Рис. 3. Основні етапи модернізації ТО

4. Технологічне обґрунтування модернізації

4.1. Поділ перетворення на елементарні операції. Елементарна операція – це операція, яка передбачає лише одну робочу дію і не може бути подрібнена на менші операції, наприклад операції типу розділити, перемістити, відділити. В результаті отримуємо вектор елементарних операцій E_B , що виконує необхідне перетворення в базовій машині.

4.2. Знаходження принципів дії (ефектів), за допомогою яких реалізується елементарна операція. В результаті отримуємо вектор EF_B , кожен елемент якого – це елементарна операція і ефект, що її реалізує. Вектор EF_B є функціональною схемою перетворення, що реалізована в базовій ТО.

4.3. Якісна та енергетична оцінки кожної елементарної операції – елемента вектора EF_B . Як зазначалось вище, для задоволення потреби необхідне якісне перетворення операнда, яке здійснюється в результаті виконання послідовності елементарних операцій. Кожна елементарна операція забезпечує елементарну якість. В результаті отримуємо вектор якісної оцінки елементарних операцій Q_B .

3.2. Формування вектора вихідних показників (критеріїв якості) Y_N , які повинні забезпечувати модернізований ТО. Кожному елементу вектора Y_N відповідає елемент вектора вихідних показників базового ТО Y . Задачею цього етапу є не визначення конкретних числових значень елементів вектора Y_N , а встановлення тенденцій, тобто визначення векторів:

$$\left. \begin{aligned} Y_N^+ &\in Y_N, \\ Y_N^- &\in Y_N, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де Y_N^+, Y_N^- – вектори, що містять вихідні показники операнда, які необхідно збільшувати та зменшувати відповідно.

3.3. Постановка задачі модернізації. Математично задачу модернізації можна представити як знаходження оператора (удосконаленої конструкції ТО), що реалізує функцію F_N за мінімальних енерговитрат E :

$$Z - ?$$

$$Y_N = F_N(X, Z),$$

$$Y_N^+ \rightarrow \max, Y_N^+ \in Y_N, \quad (3)$$

$$Y_N^- \rightarrow \min, Y_N^- \in Y_N,$$

$$E \rightarrow \min.$$

Наступним етапом є обґрунтування послідовності формування якісних і енергетичних показників на кожній операції технологічного процесу.

Для виконання елементарної операції необхідна певна енергія, яка в результаті її здійснення перетворюється в роботу. Так як ефекти, що використовуються при виконанні елементарних операцій відомі, можна провести енергетичну оцінку елементарної операції, тобто визначити корисну роботу. В результаті отримуємо вектор енергетичної оцінки принципу дії, що закладений в базовій машині E_B . Сума елементів вектора E_B є мінімально необхідною енергією для реалізації заданого перетворення з використанням принципу дії, що закладений в базовій машині:

$$E_{\min} = \sum E_B. \quad (4)$$

Величина E_{\min} разом є орієнтиром при удосконаленні конструкції машини.

5. Структурна оптимізація ТО, що включає:

5.1. Структурну декомпозицію базового ТО. Визначення робочих органів, що виконують певні елементарні операції. Формування структури робочих органів базового ТО, що описується вектором структури O_B , елементами якого є робочі органи ТО.

5.2. Енергетичну та якісну оцінку виконання елементарних операцій робочими органами. Визначення векторів енергетичної та якісної оцінки структури робочих органів E_O та Q_O .

5.3. Порівняння відповідних елементів векторів якісної оцінки Q_B та Q_O . Визначення підмножини робочих органів базового ТО, що знижують якісні показники перетворення.

5.4. Порівняння відповідних елементів векторів енергетичної оцінки W_B та W_O . Визначення підмножини робочих органів базового ТО, що підвищують енергетичні витрати на перетворення.

Множина робочих органів машини $O_X \in O_B$, що потребують удосконалення, формується із двох вищеперерахованих підмножин. Робочі органи множини O_X виконують елементарні операції множини EF_X .

5.5. Вибір альтернативних робочих органів для виконання елементарних операції множини EF_X . Формування груп елементарних операцій, що виконуються одним робочим органом.

При виборі альтернативних робочих органів доцільно використати методи збільшення хаотичності перебору варіантів, наприклад мозкову атаку, синектику. При цьому важливо абстрагуватись від конкретних технічних систем і ставити питання: Які робочі органи можуть реалізувати відповідні елементарні операції?

5.6. Енергетичну та якісну оцінку виконання елементарних операцій кожним робочим органом. Визначення та порівняння енергетичних та якісних показників процесу виконання елементарних операцій аналогічними робочими органами. Вибір робочих органів, що забезпечують кращі енергетичні та якісні показники. Формування векторів структури робочих органів $O_k, k=1,2,\dots$. Об'єднання цих векторів утворює множину робочих органів:

$$MO = \bigcup_{k=1}^h O_k, \quad (5)$$

5.7. Сумарну енергетичну та якісну оцінку кожної структури робочих органів $O_k, k=1,2,\dots$. Порівняння з іншими структурами, уточнення структур робочих органів. Порівняння з енергетичними та якісними показниками базової структури робочих органів O_B . Вибір однієї або декількох удосконалених структур робочих органів O_Y .

При проведенні енергетичної оцінки слід враховувати розсіювання енергії в результаті її передавання від двигуна до робочих органів. А тому перевагу варто надавати структурам робочих органів з коротшими зв'язками між двигуном і робочими органами.

Результатом структурної оптимізації має бути вибір структури робочих органів та формування структурної схеми модернізованого ТО.

6 Фізичне (механічне) обґрунтування:

6.1. Визначення раціональних або оптимальних параметрів робочих органів з використанням засобів математичного моделювання та прикладного оптимального проектування.

6.2. Визначення раціональних об'єднань (композиції) операцій, що виконуються одним і тим же робочим органом. Синтез конструкцій ТО

6.3. Вибір робочих органів та конструкцій ТО за критеріями якості і енерговитрат.

В результаті отримуємо одну або декілька конструкцій ТО, що забезпечують необхідну якість (мають найвищі показники якості) при мінімальній енергомісткості.

7. Експериментальна оцінка якісних та енергетичних показників, що забезпечуються запропонованими конструкціями ТО. Вибір найкращого експериментального зразка за критеріями якості та енерговитрат.

8. Формування рекомендацій, методик та дослідно-конструкторська проробка найкращого експериментального зразка.

Висновки: 1. Модернізація ТО передбачає їх перетворення з початкового стану у бажаний, що є підставою віднесення даного виду діяльності до проектної.

2. Розроблення методів управління проектами модернізації ТО базується на наукових засадах системотехніки ТО.

3. Обґрунтований системно-технологічний метод модернізації ТО передбачає системний аналіз їх технологічних процесів, який лежить в основі управління знаннями у проектах модернізації.

4. Обґрунтовані на основі системно-технологічного методу етапи модернізації ТО дають змогу розробити дорожні карти відповідних проектів.

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: [Учебн. пособие для студентов вузов] / Половинкин А.И. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

2. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем. Монографія / О.В.Сидорчук. – К.: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – 263 с.

3. Хубка В. Теория технических систем. Монография: [пер. з немецкого] / В.Хубка. – М.: Мир, 1987. – 210 с.

4. Чус А.В. Основы технического творчества. Учебн. пособие / А.В.Чус, В.А.Данченко. – Киев-Донецк: Вища школа, 1983. – 184 с.