

УДК 615.8:57.089 (075.8)

В.Л. Кучеренко

Національний авіаційний університет, Київ

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ НОВІТНЬОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ МЕДИЧНОГО ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Запропоновано модель процесу переміщення матеріального ресурсу в системі експлуатації медичного діагностичного обладнання, яка дозволяє визначити умови сталості системи з урахуванням факторів ризику, оцінити їх кількісні показники, що забезпечує необхідний рівень ефективності експлуатації медичного діагностичного обладнання.

Ключові слова: технологічний процес, рівень якості, процес переміщення матеріального ресурсу.

Вступ

Питання пошуку рентабельних систем ремонту медичного діагностичного обладнання (МДО) являється актуальним, оскільки воно пов'язане з вірогідністю оцінювання стану здоров'я людини. Особливого значення проблема набуває для пересувних медичних комплексів (ПМК), які призначені для своєчасного діагностування стану здоров'я та проведення ефективного лікування населення на периферії. Зазначимо, що рівень рентабельності ПМК суттєво залежить від рівня експлуатаційної надійності МДО. Крім цього, на рентабельність експлуатації ПМК впливає рівень якості проведення ремонтних робіт в технологічному процесі. Аналізуючи існуючі технологічні процеси ремонту (ТПР) МДО, встановлено, що вони мають ряд суттєвих недоліків, які не дозволяють їх застосовувати в процесі експлуатації ПМК. Аналіз експлуатаційних характеристик ТПР показав наступне [1]:

- існуючі ТПР мають низький рівень автоматизації, що не дає можливості досягти необхідний рівень якості ремонтних робіт;
- існуючим ТПР властива висока собівартість проведення ремонтних робіт, що негативно впливає на рівень ефективності технологічного процесу в цілому;
- при існуючій системі ремонту МДО практично відсутня система збору, оброблення та зберігання інформації щодо технічного стану блоків чи модулів МДО;
- в існуючих технологічних процесах роботи з обслуговування та ремонту здійснюються за встановленим регламентом або за ресурсом.

Як показує досвід експлуатації, такі ТПР не доцільно застосовувати для ПМК, оскільки зазначені ознаки знижують рівень рентабельності ПМК.

Мета статті. Показати шляхи практичного забезпечення необхідного рівня якості ТПР за рахунок впровадження новітніх технологій ремонту медичного діагностичного обладнання за фактичним технічним станом.

Постановка проблеми. Для забезпечення необхідного рівня якості виконання ремонтних робіт в технологічному процесі доцільно розробити такий

ТПР для ПМК, який забезпечив би необхідний рівень ефективності проведення ремонтних робіт. Для вирішення поставленої проблеми, принаймні, потрібно:

- визначити рентабельність ТПР при переході на експлуатацію МДО за фактичним технічним станом;
- визначити умови оптимізації рівня якості виконання ремонтних робіт.

Основна частина

Оскільки ПМК, як уже зазначалось, призначені для своєчасного та якісного діагностування стану здоров'я людей, тому дуже важливим є те, щоб ПМК були завжди готовими до експлуатації, що може бути забезпечено при переході на експлуатацію за фактичним технічним станом. Під рентабельністю застосування ПМК будемо розуміти ефективну експлуатацію при найменших затратах на ремонт МДО, яке на них розміщене. Ступінь ефективності в нашому випадку характеризується рівнем якості виконання ремонтних робіт в технологічному процесі, який, в свою чергу, залежить від кваліфікації фахівців та рівня автоматизації етапів технологічного процесу. Тому поняття ефективності та якості ототожнюються для новітнього ТПР, а критерієм оцінки ефективності ТПР визначається собівартість виконання ремонтних робіт.

Враховуючи застосування ПМК, для формування структури новітнього технологічного процесу ремонту необхідно отримати техніко-економічні характеристики, які визначають ефективний алгоритм побудови ТПР.

Для оцінювання ефективності процесу експлуатації та з метою створення перспективного технологічного процесу ремонту МДО необхідно дослідити динаміку переміщення ресурсних потоків в контурі «експлуатація-ремонт-експлуатація». Досліджуючи процес експлуатації як об'єкт, в якому необхідно забезпечити якісні показники виконання запланованих робіт, потрібно визначити критерій сталості процесу оптимального використання матеріального ресурсу. Побудова і використання математичної моделі процесу перетворення матеріального ресурсу дозволяє визначити умо-

ви сталості системи з урахуванням обмежень, зумовлених зовнішніми впливами. Характерним представником таких зовнішніх впливів є сукупність факторів ризику. Для побудови математичної моделі процесу переміщення матеріального ресурсу представимо структуру переміщення матеріального ресурсу (рис. 1), де $X_1(t)$ – потік демонтованих виробів, які знаходяться в експлуатації; $\bar{X}_2(t)$ – потік відремонтованих виробів; $\bar{P}(t)$ – потік демонтованих виробів на ремонті; $\bar{V}(t)$ – потік запасних інструментів і приладів; $\bar{Z}(t)$ – потік відбракованих виробів при ремонті; $\bar{W}(t)$ – потік демонтованих виробів, які поступили на експлуатацію; $\bar{U}_1(t)$ – керуючі впливи на процес обслуговування демонтованих виробів; $\bar{U}_2(t)$ – керуючі впливи на процес ремонту демонтованих виробів.

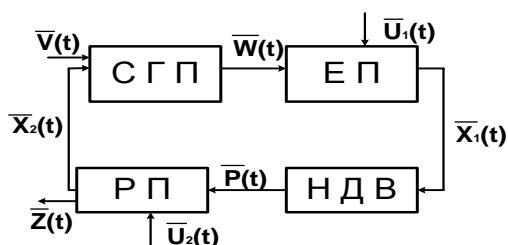


Рис. 1. Структура переміщення потоку матеріального ресурсу

Побудову математичної моделі процесу перетворення матеріального ресурсу в ТПР будемо здійснювати за таким алгоритмом:

- визначення якісних і кількісних характеристик процесу перетворення матеріального ресурсу в контурі експлуатації;
- оптимізація за критерієм собівартості сукупності характеристик;
- отримання системи диференціальних рівнянь, які описують динаміку процесу перетворення матеріального ресурсу;
- дослідження математичних залежностей, які отримані в результаті розв’язання системи диференціальних рівнянь;
- визначення коренів характеристичного рівняння;
- визначення областей зміни критерію сталості, для цього використовується метод побудови фазових поверхонь, на який відображається динаміка поведінки коренів характеристичного рівняння;
- визначення рівняння сталості системи в процесі перетворення матеріального ресурсу;
- представлення в загальному вигляді математичної моделі процесу перетворення матеріального ресурсу;
- розроблення рекомендацій щодо забезпечення ефективності технологічного процесу ремонту демонтованих виробів БМА в контурі експлуатації.

Для того, щоб в експлуатаційних підприємствах був забезпечений необхідний рівень ефективності, повинна виконуватися балансова рівновага потоків $X_1(t)$ і $X_2(t)$, які пов’язані між собою співвідношенням:

$$\alpha X_1(t) = X_2(t) + V(t), \quad (1)$$

де $0 \leq \alpha \leq 1$

Інтенсивність множини $X_2(t)$ з урахуванням надходження нових виробів $V(t)$ повинна бути рівна певній частці $\alpha \leq 1$ множини $X_1(t)$ цих однотипних виробів, що перебувають в експлуатації.

Якщо $\alpha = 1$, то це означає, що з ймовірністю, рівній 1, будь-який ДВ буде замінено на справний, і не буде простою МДО. Якщо $\alpha = 0$, то це означає, що в такій же ситуації простій МДО неминучий до прибуття в СГП справного виробу (1 категорії або відремонтованого) або до моменту відновлення знятого із експлуатації.

Відповідно до поставленої задачі, процес розробки математичної моделі для потоків $X_1(t)$ та $X_2(t)$ полягає в наступному. Припустимо, що $V(t)=0$, тобто на експлуатаційне підприємство не надходять у період часу $(t+\Delta t)$ із заводу-виробника нові вироби. Позначимо через $x_1(t)$ – загальне число однотипних виробів, що перебувають в експлуатації в момент часу t . Враховуючи, що процес відмови має випадковий характер, то функція $x_1(t)$ характеризує динаміку математичного сподівання дискретної випадкової величини. У цьому випадку функція $x_1(t)$ відповідає властивостям детермінованої (квазидетермінованої) функції і може бути диференційована на всій осі часу (t) . А це значить, що при зміні часу на Δt кількість виробів також зміниться при цьому на величину Δx_1 .

Припустимо, що $x_1(t)$ – кількість виробів у момент часу t , а $x_1(t+\Delta t)$ – кількість виробів у момент часу $t + \Delta t$. Тоді $\Delta x_1 = x_1(t+\Delta t) - x_1(t) = P_1 - Q_1$, де P_1 – загальна кількість виробів, уведених в експлуатацію в період часу Δt . Можна вважати, що $P_1 = f_1(x_2, t)$, $P_1 = b x_2 \Delta t$, де b – деякий інтегральний параметр, прийнятий $b = \text{const}$; x_2 – кількість виробів, що надходять на експлуатацію. Q_1 – загальна кількість виробів, виведених з експлуатації. Тому, $Q_1 = f_2(x_1, t)$, $Q_1 = a x_1 \Delta t$, де a – деякий інтегральний параметр, прийнятий $a = \text{const}$. Зробивши перетворення, маємо: $\Delta x_1 = -a x_1 \Delta t + b x_2 \Delta t$. Розділивши обидві частини рівняння на Δt і переходячи до межі при $\Delta t \rightarrow 0$, маємо диференціальне рівняння:

$$\frac{dx_1}{dt} = -a x_1 + b x_2. \quad (2)$$

Тепер, нехай $x_2(t)$ – кількість виробів, відремонтованих до моменту часу t , $x_2(t+\Delta t)$ – кількість виробів, відремонтованих до моменту часу $t+\Delta t$. Тоді $\Delta x_2 = x_2(t+\Delta t) - x_2(t) = P_2 - Q_2$, P_2 – загальна кількість ремонтів виробів; функція якої представлена $P_2 = f_3(x_1, t)$, $P_2 = c x_1 \Delta t$, де c – деякий інтегральний параметр, прийнятий $c = \text{const}$. Q_2 – загальна кількість

виробів, які за результатами оцінки технічного стану, забраковані. $Q_2 = f_4(x_2, t)$, $Q_2 = dx_2 \Delta t$, де d – деякий інтегральний параметр, прийнятий $d = \text{const}$. Зробивши перетворення, одержимо $\Delta x_2 = -cx_1 \Delta t - dx_2 \Delta t$.

Розділивши обидві частини рівняння на Δt і переходячи до межі при $\Delta t \rightarrow 0$, приходимо до диференціального рівняння виду:

$$\frac{dx_2}{dt} = cx_1 - dx_2. \quad (3)$$

Звівши рівняння (2) і (3), одержимо систему диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -ax_1 + bx_2; \\ \frac{dx_2}{dt} = cx_1 - dx_2. \end{cases} \quad (4)$$

Система рівнянь (4) здійснює аналітичний зв'язок між змінними (x_1) і (x_2). Таким чином, система (4) являє собою математичну модель процесу перетворення потоку $X_1(t)$ у потік $X_2(t)$. Отримана модель справедлива для випадку, що передбачає обмеження $V(t) = 0$.

Враховуючи викладене, динамічна рівновага потоків $X_1(t)$ і $X_2(t)$ у рівнянні (1) очевидно залежить від коефіцієнта a , який можна охарактеризувати як коефіцієнт, що характеризує ступінь динамічної рівноваги між потоками $X_1(t)$ і $X_2(t)$. Необхідно зауважити, що потоки $X_1(t)$ і $X_2(t)$ відрізняються не тільки кількістю однотипних виробів, але і якісним складом експлуатаційних характеристик. Якщо, наприклад, припустити, що $V(t) = 0$, тобто експлуатаційне підприємство не купує нові вироби, а користується тільки тими, які відремонтовані, то кількість виробів, які повинні постійно перебувати в експлуатації на ЕП, залежить від часу знаходження цих виробів на ремонті, а отже, залежить від рівня продуктивності технологічного процесу ремонту. На рівень динамічної рівноваги між відзначеними потоками виробу впливає величина відбракованих виробів ($Z(t)$) і ряд інших факторів. З огляду на викладене, коефіцієнт динамічної рівноваги a у розглянутій системі перетворення потоків $X_1(t)$ і $X_2(t)$ є функція параметрів a, b, c, d із системи рівнянь (4). Таким чином,

$$a = F(a; b; c; d). \quad (5)$$

Далі, дамо фізичні ознаки параметрам $\{a\}$; $\{b\}$; $\{c\}$; $\{d\}$. Інтенсивність виходу демонтованих виробів із експлуатації, яка характеризує в певній мірі рівень якості, собівартості, продуктивності автоматизованого робочого місця на ПМК може бути представлена таким чином:

$$a = \frac{1}{x_1} \frac{dx_1}{dt}.$$

Інтенсивність вводу відремонтованих виробів в експлуатацію, яка характеризує продуктивність ТПР, може бути представлена:

$$b = \frac{1}{x_2} \frac{dx_2}{dt}.$$

Інтенсивність виходу відремонтованих виробів з ремонту характеризує якість виконання ремонтних робіт при мінімальній собівартості виконання ремонтних робіт (C_{min}), може бути представлена:

$$c = \frac{1}{x_1} \frac{dx_2}{dt}.$$

Інтенсивність відходу виробів при бракуванні може бути представлена:

$$d = \frac{1}{x_2} \frac{dx_2}{dt}.$$

Дослідження показали, що зазначені параметри залежать від ряду експлуатаційних характеристик, а саме:

$$a = f_1(P_k, \tau_n, R_{\text{ДВ}}, C_0); \quad b = f_2(\tau_n, V_{\text{рр}}, C_0);$$

$$c = f_3(P_{\text{ТЛ}}, V_{\text{рр}}, C_0); \quad d = f_4(\alpha, \beta, K_{\text{В}}).$$

Враховуючи викладене, показник якості виконання ремонтних робіт в технологічному процесі залежить від:

$$\alpha = F(P_k, \tau_n, R_{\text{ДВ}}, C_0, P_{\text{ТЛ}}, K_{\text{В}}, V_{\text{рр}}, \alpha, \beta).$$

Для дослідження динаміки процесу перетворення матеріального ресурсу у вихідній системі рівнянь (4) досліджується матриця коефіцієнтів:

$$A = \begin{bmatrix} -a & b \\ c & -d \end{bmatrix}.$$

У цій матриці кожний із коефіцієнтів залежить від цілого ряду показників, за якими здійснюється оцінка рівня ефективності ТПР. Так, наприклад, коефіцієнт b залежить від сукупності параметрів, які впливають на рівень рентабельності технологічного процесу. Коефіцієнт d характеризує сукупність показників, що визначають економічну доцільність проведення відновлювальних і ремонтних робіт. Отже, всі коефіцієнти матриці A є позитивні числа, значення яких змінюються в діапазоні від 0 до 1. Для того, щоб визначити умови сталості системи, що досліджується, необхідно певним чином дослідити систему диференціальних рівнянь. Процедура дослідження полягає в наступному [2]:

– розглядається поведінка системи у фазовій площині $R^2(x_1, x_2)$. Для цього матриця A представляється як неособлива матриця, що не має нульових власних значень. З цього виходить, що система на фазовій площині має одну єдину ізольовану точку на перетині координат;

– за видом матриці A і за числовими значеннями її коефіцієнтів визначається вид характеристичного рівняння, дослідження якого дозволяє установити принциповий вигляд фазових портретів досліджуваної системи. В результаті рішення характеристичного рівняння одержують значення коренів λ_1 і λ_2 ;

– використовуючи засоби Жорданового перетворення, будується фазовий портрет. Суть такого перетворення полягає в тому, що система із базових координат $R^2(q_1, q_2)$ переходить в систему Жорда-

нових координат $R^2(q_1, q_2)$. При цьому, матриця переходу Жорданова перетворення визначає якісний характер поведінки системи на фазовій площині;

– проводиться класифікаційний аналіз коренів характеристичного рівняння λ_1 і λ_2 . Встановлюється характер співвідношення між ними. Ці співвідношення і визначають поведінку системи на фазовій площині. В результаті проведених досліджень одержуємо три варіанти поведінки системи в залежності від співвідношення λ_1 і λ_2 .

Варіант 1. Розглянемо фазові характеристики системи в координатах q_1 і q_2 Жорданового перетворення за умови $\lambda_1 < \lambda_2 < 0$ (рис. 2, а).

У розглянутому випадку система не може бути стійкою, тому що градієнти зміни характеристик є від'ємними (напрям векторів зворотній від початку координат).

Варіант 2. Розглянемо фазові характеристики системи в координатах q_1 і q_2 Жорданового перетворення за умови $\lambda_2 < 0 < \lambda_1$ (рис. 2, б).

Як видно з рис. 2, епюри фазового портрету симетрично протилежні, тому в даному випадку система не може мати стійкий стан.

Варіант 3. Розглянемо фазові характеристики системи в координатах q_1 і q_2 Жорданового перетворення за умови $\lambda_2 < \lambda_1 < 0$ (рис. 2, в).

З огляду на викладене, проведені дослідження і розрахунки, які дозволили визначити співвідношення коефіцієнтів в системі рівнянь (6), при яких будуть виконуватись умови сталості системи:

$$\left\{ \frac{b}{a} > \frac{d}{c}, \text{ або } \{bc > ad\}. \quad (6)$$

Співвідношення (6) дозволяє визначити граничні значення динамічних характеристик процесу перетворення матеріального ресурсу в ТПР. Якщо система знаходиться в ситуації нестійкого стану (варіанти 1 і 2), застосовуються зворотні зв'язки.

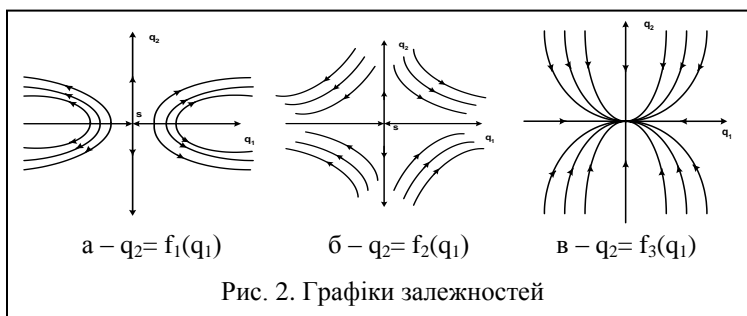


Рис. 2. Графіки залежностей

Для технологічного процесу ремонту МДО такими зворотними зв'язками є канали управління матеріальним ресурсом на етапі вхідного контролю і етапі автоматизованого робочого місця виконавця.

Висновки

В результаті дослідження процесу експлуатації МДО, яке розміщене на ПМК, можна заключити, що при переході на експлуатацію за фактичним технічним станом доцільно використовувати математичну модель, яка описує процес перетворення демонтованих виробів як потік матеріального ресурсу. Для оптимізації побудови ефективного технологічного процесу ремонту доцільно використовувати співвідношення сталості, яке формується із коефіцієнтів аналітичного опису процесу перетворення матеріального ресурсу в контурі експлуатація-ремонт-експлуатація.

Список літератури

1. Кузовик В.Д. Методика оцінювання рівня якості процесу ремонту медичного обладнання / В. Кузовик, Л. Кошева, В. Кучеренко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 6(96). – С. 64-67.
2. Кузовик В.Д. Основи управління організаціями. – К.: НАУ, 2006. – 64 с.

Надійшла до редколегії 12.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.О. Кошова, Національний авіаційний університет, Київ.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ НОВЕЙШЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА МЕДИЦИНСКОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.Л. Кучеренко

Предложена модель процесса перемещения материального ресурса в системе эксплуатации медицинского диагностического оборудования, которая позволяет определить условия устойчивости системы с учетом факторов риска, оценить их количественные показатели, что обеспечивает необходимый уровень эффективности эксплуатации медицинского диагностического оборудования.

Ключевые слова: технологический процесс, уровень качества, процесс перемещения материального ресурса.

METHOD OF CONSTRUCTION OF THE NEWEST TECHNOLOGICAL PROCESS OF REPAIR OF MEDICAL DIAGNOSTIC EQUIPMENT

V.L. Kucherenko

The model of process of moving of financial resource is offered in the system of exploitation of medical diagnostic equipment, which allows to define the terms of stability of the system taking into account the factors of risk, to estimate their quantitative indexes, that provides the necessary level of efficiency of exploitation of medical diagnostic equipment.

Keywords: technological process, level of quality, process of moving of financial resource,