

УДК 622.753:622.648.24

Ю.М. Рикуніч,

О.Є. Ситніков, канд. техн. наук

ПАТ «Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування»,

Г.Й. Зайончковський, д-р техн. наук

Національний авіаційний університет, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ ЗАПАСІВ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КЛАПАНІВ

Представлена методика определения параметрических запасов работоспособности электромагнитных клапанов на этапе проектирования.

The methodic of determination of parametrical reserves of the efficiency of the electromagetic valves during the designing.

Вступ

Досвід експлуатації малогабаритних електромагнітних клапанів (ЕМК), що широко використовуються в системах авіакосмічної техніки, показує, що значна частина їх відмов пов'язана з виходом за межі технічних умов значень вихідних параметрів клапанів, які визначають їх працездатність і технічний стан [1]. Тому для забезпечення вимог до надійності й безвідмовності ЕМК під час експлуатації актуальною задачею є наукове обґрунтування параметричних запасів працездатності ЕМК ще на початкових етапах проектування. Нижче представлено методику визначення і наукового обґрунтування параметричних запасів працездатності малогабаритних ЕМК, розроблену і впроваджену в практику проектування в ПАТ «Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування».

Методика визначення параметричних запасів працездатності електромагнітних клапанів

Припустимо, що процес функціонування ЕМК описується функціональними параметрами (ФП) $y_1, y_2, \dots, y_p, \dots, y_2$ і для кожного з них в Технічному завданні (ТЗ) визначені допустимі межі $[y_1]^{T3}, [y_2]^{T3}, \dots, [y_i]^{T3}, \dots, [y_2]^{T3}$.

Під запасом працездатності клапана за y_i -м ФП будемо розуміти різницю $\Delta y_i^{zn}(t)$ між нормованим за ТЗ значенням i -го параметру $[y_i]^{T3}$ і його реалізацією $\xi_i(t)$ у момент наробітку t , тобто

$$\Delta y_i^{zn}(t) = [y_i]^{T3} - \xi_i(t)$$

у разі обмеженні параметра зверху;

$$\Delta y_i^{zn}(t) = \xi_i(t) - [y_i]^{T3}$$

у разі обмеження параметра знизу.

Під коефіцієнтом запасу працездатності клапана за y_i -м ФП $\eta_{y_i}(t)$ розуміють співвідношення між нормованим за ТЗ значенням y_i -го ФП $[y_i]^{T3}$ і його реалізацією $y_i(t)$ у момент наробітку t , тобто

$$\eta_{y_i}(t) = \frac{[y_i]^{T3}}{y_i(t)}$$

у разі обмеження параметра зверху;

$$\eta_{y_i}(t) = \frac{y_i(t)}{[y_i]^{T3}}$$

у разі обмеження параметра знизу.

Поставлено задачу визначення на етапі проектування ЕМК значень запасів працездатності за його вихідними функціональними параметрами $\Delta y_{i0}^{zn}(t_0)$ та відповідних коефіцієнтів запасу працездатності $\eta_{y_{i0}}(t_0)$, що забезпечили би протягом усього періоду експлуатації клапана перебування ФП у межах допустимої області із заданою ймовірністю $[P_{y_i}]^{T3}$.

Визначення параметричних запасів працездатності ЕМК за змінами їх основних функціональних параметрів будується на ймовірнісних оцінках можливості виходу ФП клапана за доступні межі в будь-який довільний момент експлуатації.

Розглянемо вирішення цієї задачі для двох випадків обмеження y_i -го ФП клапана: зверху й знизу.

Приймаємо наступні припущення:

– зміна ФП $y_i(t)$ клапана протягом періоду його експлуатації є випадковим процесом з нормальним розподілом;

– зміна детермінованої основи (математичного очікування) y_i -го ФП $m_{y_i}(t)$ може бути представлено монотонно-зростаючої (чи монотонно-спадною) степеневою функцією від наробітку t вигляду

$$m_{y_i}(t) = m_{y_{i0}}(t_0) + ct^\alpha$$

або в залежності від кількості блок-циклів спрацьовування $n_{б.ц}$

$$m_{y_{in}}(n_{б.ц}) = m_{y_{i0}} + kn_{б.ц}^\beta,$$

де c і k — коефіцієнти, що визначають швидкість зміни математичного очікування $m_{y_i}(t)$ y_i -го ФП відповідно від наробітку t або блок-циклів спрацьовування клапана $n_{б.ц}$; α, β — відповідні коефіцієнти степеневої функції.

Окремим випадком степеневої функції за $\alpha = 1$ (чи $\beta = 1$) розглядається лінійний закон зміни математичного очікування параметра $m_{y_i}(t)$ y_i -го ФП;

– закон розподілу y_i -го ФП у кожному t_j -му перерізі процесу експлуатації не змінюється протягом заданого наробітку.

Запаси працездатності клапана за y_i -м параметром після $n_{б.ц}$ блок-циклів напрацювання визначаються як:

– у разі обмеження параметра зверху

$$\Delta y_{i_1} = [y_i]_s^{T3} - m_{y_{in}};$$

– у разі обмеження параметра знизу

$$\Delta y_{i_2} = m_{y_{in}} - [y_i]_n^{T3}.$$

Тоді умова працездатного стану ЕМК має вигляд:

$$\begin{cases} \Delta y_{i_1} \geq 0; \\ \Delta y_{i_2} \geq 0; \\ \dots \\ \Delta y_{i_1} \geq 0; \\ \Delta y_{i_2} \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

Дослідження змін функціональних параметрів ЕМК, доповнені за результатами відпрацювальних (ресурсних) випробувань, свідчать про те, що вони носять невідновлювальний характер і можуть бути зображені випадковим процесом з монотонними реалізаціями.

У разі обмеження y_i -го ФП клапана зверху (або знизу) оцінку імовірності безвідмовної роботи ЕМК за змінами їх ФП можна одержати з виразу

$$P_{y_i}(t, n) = F(u_{y_i}); \quad (2)$$

$$u_{y_i} = \frac{[y_i]_s^{T3} - m_{y_{in}}}{S_{y_{in}}} = \frac{[y_i]_s^{T3} - m_{y_{in}}}{m_{y_{in}} v_{y_{in}}}, \quad (3)$$

якщо $y_i \leq [y_i]_s^{T3}$

або

$$u_{y_i} = \frac{\bar{y}_{i_n} - [y_i]_n^{T3}}{S_{y_{in}}} = \frac{\bar{y}_{i_n} - [y_i]_n^{T3}}{\bar{y}_{y_n} v_{y_n}}, \quad (3, a)$$

якщо $y_i \geq [y_i]_n^{T3}$,

де $F(\cdot)$ — знак функції нормованого нормального розподілу; u_{y_i} — квантиль розподілу y_i параметра; $m_{y_{in}}$, $S_{y_{in}}$ та $v_{y_{in}}$ — вибіркові оцінки математичного очікування, середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації y_i -го ФП клапана після $n_{б.ц}$ блок-циклів відпрацювання.

Аналіз виразів (3) і (3, a) показує, що на етапі проектування ЕМК, коли $[y_i]_s^{T3} = \text{const}$, оцінка імовірності безвідмовної роботи проектного клапана залежить від параметрів $m_{y_{in}}$, $S_{y_{in}}$ та $v_{y_{in}}$.

Вираз (3) одержав в літературі назву “рівняння зв’язку”.

Таким чином, розподіл випадкових значень y_i -го ФП в t -му перерізі процесу відпрацювання ресурсу (або після $n_{б.ц}$ блок-циклів спрацьовувань) визначається параметрами $m_{y_{in}}$, $S_{y_{in}} = v_{y_{in}} m_{y_{in}}$ (або $m_{y_{in}}$, $S_{y_{in}} = v_{y_{in}} m_{y_{in}}$).

Так як параметри розподілу $m_{y_{in}}$ та $v_{y_{in}}$ змінюються під дією експлуатаційних навантажень $R_{екс}^\Sigma$ і за кількістю блок-циклів спрацьовувань $n_{б.ц}$, їх можна зобразити у вигляді функцій

$$m_{y_{in}} = f_{m_{y_i}}(R_{екс}^\Sigma, n_{б.ц}); \quad (4)$$

$$v_{y_{in}} = f_{v_{y_i}}(R_{екс}^\Sigma, n_{б.ц}). \quad (5)$$

де $R_{екс}^\Sigma$ — сумарні експлуатаційні навантаження різної природи, які викликають невідновлювальні зміни у конструкції клапана.

Параметри розподілу y_i -го ФП після $n_{б.ц}$ блок-циклів спрацьовувань можуть бути визначені через їхні початкові значення $m_{y_{i0}}$, $v_{y_{i0}}$ та відповідні прирости $\Delta m_{y_{in}}$, $\Delta v_{y_{in}}$, $\Delta v_{y_{in}}$ унаслідок дії навантажень, що виникають під час спрацьовування клапана, та дії інших експлуатаційних факторів (інших експлуатаційних навантажень):



$$m_{y_n} = m_{y_0} \left(1 + \frac{\Delta m_{y_m}}{m_{y_0}} + \frac{\Delta m_{y_R}}{m_{y_0}} \right) = m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_m} + \Delta \bar{m}_{y_R}); \quad (6)$$

$$v_{y_n} = v_{y_0} \left(1 + \frac{\Delta v_{y_m}}{v_{y_0}} + \frac{\Delta v_{y_R}}{v_{y_0}} \right) = v_{y_0} (1 + \Delta \bar{v}_{y_m} + \Delta \bar{v}_{y_R}); \quad (7)$$

де $(\Delta m_{y_m} / m_{y_0}) = \Delta \bar{m}_{y_m}$, $(\Delta m_{y_R} / m_{y_0}) = \Delta \bar{m}_{y_R}$ —

відносна зміна математичного очікування параметра y_i після N блок-циклів спрацьовування внаслідок дії навантажень, що виникають під час спрацьовування клапана, та внаслідок дії за цей час інших експлуатаційних факторів;

$(\Delta v_{y_m} / v_{y_0}) = \Delta \bar{v}_{y_m}$, $(\Delta v_{y_R} / v_{y_0}) = \Delta \bar{v}_{y_R}$ — відносна

зміна коефіцієнта варіації параметра y_i після N блок-циклів спрацьовування внаслідок дії навантажень, що виникають під час спрацьовування клапана, та внаслідок дії за цей час інших експлуатаційних факторів.

Подальше рішення задачі зводиться до пошуку початкових значень m_{y_0} , v_{y_0} та відповідних приростів Δm_{y_m} ,

Δm_{y_R} , Δv_{y_m} , Δv_{y_R} . Ці дані можуть бути знайдені шляхом узагальнення експериментальних даних, одержаних в результаті дослідження виробів-аналогів.

Якщо не розглядати випадковості, пов'язані з явними помилками виконавців або порушень технології виготовлення ЕМК, то в процесах зміни їх функціональних параметрів можна виділити наступні закономірності:

- функціональні параметри ЕМК однієї фізичної природи під впливом тих самих експлуатаційних навантажень змінюються подібним чином;
- початкові значення коефіцієнта варіації v_{y_0} функціональних параметрів ЕМК однієї фізичної природи і діапазон їх можливих змін зберігаються у порівняно вузьких діапазонах у вибірках аналогічних виробів;
- найбільш суттєвий вплив на зміни коефіцієнтів варіації функціональних параметрів ЕМК має кількість блок-циклів спрацьовування $n_{б.ц.}$

Характерні зміни коефіцієнта варіації v_{y_i} ФП клапана проаналізуємо на прикладі зміни коефіцієнта варіації мінімальної напруги відкриття ЕМК з однопозиційним штовхуючим приводом (рисунк 1).

На осі наробітку t можна виділити 4 характерних ділянки:

- ділянка I — ділянка нестабільної зміни коефіцієнта варіації ФП з напрацюванням $v = f(t)$; коефіцієнт варіації, як правило, зменшується в залежності від початкового стану поверхонь тертя рухливої частини клапана;

- ділянка II характеризується стабілізацією процесу функціонування ЕМК; на цій ділянці $v \cong \text{const}$;

- ділянка III — коефіцієнт варіації $v = f(t)$ збільшується з напрацюванням; у клапані відбуваються невідновні зміни стану поверхонь тертя, геометричних параметрів деталей та вузлів;

- ділянка IV — швидкість зміни коефіцієнта варіації $v = f(t)$ зростає з напрацюванням; ця ділянка відповідає фазі інтенсифікації деградаційних процесів в клапані; як правило, ділянка IV фізично відповідає переходу ЕМК у непрацездатний технічний стан.

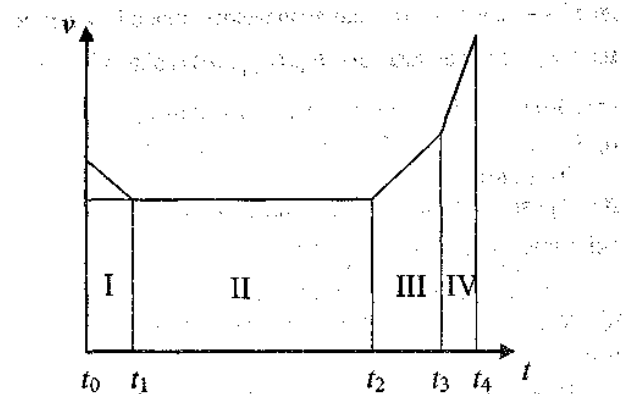


Рисунок 1 — Зміна коефіцієнта варіації мінімальної напруги відкриття ЕМК з однопозиційним штовхуючим приводом.

Аналіз показаної на рисунку 1 залежності $v = f(t)$ свідчить, що у випадку, коли ресурс клапана обмежено величиною наробітку t_2 (або відповідною кількістю спрацьовувань n_2), на етапі проектування клапана у першому наближенні можна прийняти коефіцієнт варіації $v_{y_0} \approx v_{y_n} \approx \text{const}$, який визначаються шляхом узагальнення досвіду експлуатації клапанів-аналогів.

У загальному випадку за даними відпрацьованих та ресурсних випробувань виробів-аналогів для кожного функціонального параметру y_i проєктованого ЕМК можна побудувати емпіричну функцію $v_{y_n} = f_{y_n}(n_{б.ц.})$, яка поєднує коефіцієнт варіації v_{y_n} y_i -го ФП клапана з напрацюванням (кількістю блок-циклів спрацьовування N).

Узагальнення досвіду розробки малогабаритних ЕМК у ПАТ «Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування» свідчить, що зміни математичного очікування ФП клапанів з електромагнітним приводом з напрацюванням (кількістю блок-циклів спрацьовування $n_{б.ц.}$) можуть бути у першому наближенні описані степеневими або навіть лінійними функціями вигляду:

а) у разі обмеження y_i параметра зверху:

$$m_{y_n} = m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_R}) + k_{y_i} n_{б.ц.}^p \quad (8)$$

або за $\beta \approx 1$

$$m_{y_n} = m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) + k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}; \quad (8, a)$$

б) у разі обмеження y_i параметра знизу:

$$m_{y_n} = m_{y_0} (1 - \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) - k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta} \quad (9)$$

або за $\beta \approx 1$

$$m_{y_n} = m_{y_0} (1 - \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) - k_{y_i} n_{б,ц}; \quad (9, a)$$

де k_{y_i} — коефіцієнт, що відображає швидкість зміни y_i -го параметра з напрацюванням; $n_{б,ц}$ — напрацювання клапана у блок-циклах; β — показник степені.

Для прогнозування очікуваного значення коефіцієнта варіації v_{y_0} y_i -го параметра проектованого клапана після $n_{б,ц}$ блок-циклів спрацювання слід враховувати тільки ті зміни коефіцієнта варіації, що являють собою негативну тенденцію (збільшення v_{y_0} з напрацюванням $n_{б,ц}$):

$$v_{y_n} = v_{y_0} (1 + (\Delta v_{y_{r,n}} + \Delta v_{y_{m,n}}) / v_{y_0}), \quad (10)$$

де $(\Delta v_{y_{r,n}} + \Delta v_{y_{m,n}}) / v_{y_0}$ — відносний сумарний приріст коефіцієнта варіації v_{y_i} параметра y_i після напрацювання $n_{б,ц}$ блок-циклів.

Підставивши знайдені значення m_{y_n} і v_{y_n} у рівняння «зв'язку» (3) або (3, a) отримаємо

а) для випадку обмеження y_i -го параметра зверху значенням $[y_i]_в^{T3}$

$$u_{y_n}^p = \frac{[y_i]_в^{T3} - [m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) + k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}]}{v_{y_0} (1 + \Delta \bar{v}_{y_{m,n}}) [m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) + k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}]}; \quad (11)$$

б) для випадку обмеження y_i -го параметра знизу значенням $[y_i]_н^{T3}$

$$u_{y_n}^n = \frac{[m_{y_0} (1 - \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) - k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}] - [y_i]_н^{T3}}{v_{y_0} (1 + \Delta \bar{v}_{y_{m,n}}) [m_{y_0} (1 - \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) - k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}]} \quad (12)$$

У разі можливості апроксимації зміни математичного очікування параметра y_i і його коефіцієнта варіації v_{y_i} лінійними функціями від кількості блок-циклів спрацювання $n_{б,ц}$ маємо:

а) для випадку обмеження y_i -го параметра зверху значенням $[y_i]_в^{T3}$:

$$u_{y_n}^p = \frac{[y_i]_в^{T3} - [m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) + k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}]}{v_{y_0} (1 + \Delta \bar{v}_{y_{m,n}}) [m_{y_0} (1 + \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) + k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}]}; \quad (11, a)$$

б) для випадку обмеження y_i -го параметра знизу значенням $[y_i]_н^{T3}$:

$$u_{y_n}^n = \frac{[m_{y_0} (1 - \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) - k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}] - [y_i]_н^{T3}}{v_{y_0} (1 + \Delta \bar{v}_{y_{m,n}}) [m_{y_0} (1 - \Delta \bar{m}_{y_{r,n}}) - k_{y_i} n_{б,ц}^{\beta}]} \quad (12, a)$$

З використанням виразів (11), (12) або (11, a), (12, a) для кожного y_i -го ФП клапана може бути виконана оцінка ймовірності невиходу його значення за допустиму межу.

Функціональний параметр, якому відповідає мінімальне значення $P(t)$, може розглядатися як параметр, що лімітує безвідмовність проектованого ЕМК.

Аналогічним чином можуть бути визначені коефіцієнти запасу працездатності проектованого клапана за його вихідними ФП.

Розглянемо випадок обмеження y_i -го ФП зверху.

Приведемо вираз (3) до безрозмірної форми, поділивши чисельник і знаменник на m_{y_n} :

Тоді «рівняння зв'язку» набуде вигляду:

$$u_{y_n} = \frac{\eta_{y_n} - 1}{v_{y_n}}, \quad \text{якщо } y_i \leq [y_i]_в^{T3} \quad (13)$$

Вирішивши рівняння (13) відносно η_{y_n} для граничної умови $u_{y_n} = [u_{y_i}]_в^{T3}$, отримаємо

$$\eta_{y_n} = [u_{y_i}]_в^{T3} v_{y_n} + 1. \quad (14)$$

Рівняння (14) дає можливість за відомим значенням коефіцієнта варіації y_i -го ФП клапана v_{y_n} визначити коефіцієнт запасу працездатності ЕМК після $n_{б,ц}$ блок-циклів напрацювання або коефіцієнт запасу працездатності клапана після виробітку встановленого ресурсу n_p , якщо $n_{б,ц} = n_p$.

Тоді початковий запас працездатності клапана за y_i ФП визначиться, як

$$\eta_{y_0} = \eta_{y_n} + \Delta \eta_{y_n}, \quad (15)$$

де $\Delta \eta_{y_n} = f(n_{б,ц})$ — зменшення запасу працездатності клапана за y_i ФП внаслідок експлуатаційних змін технічного стану клапана під дією експлуатаційних навантажень під час виробітку ресурсу.

З виразу (15) випливає

$$\Delta \eta_{y_i} = \eta_{y_{i0}} - \eta_{y_{in}} = \frac{[y_i]_b^{T3}}{m_{y_{i0}}} - \frac{[y_i]_n^{T3}}{m_{y_{in}}}$$

або

$$\Delta \eta_{y_i} = \frac{[y_i]_b^{T3} (m_{y_{in}} - m_{y_{i0}})}{m_{y_{i0}} m_{y_{in}}} \quad (16)$$

З урахуванням того, що $m_{y_{in}} = m_{y_{i0}} + k_{y_i} n_{б.ц}^\beta$, отримаємо

$$\Delta \eta_{y_i} = \frac{[y_i]_b^{T3} \cdot k_{y_i} n_{б.ц}^\beta}{(m_{y_{i0}})^2 + m_{y_{i0}} \cdot k_{y_i} n_{б.ц}^\beta} \quad (16, a)$$

Підставивши у вираз (15) вирази (14) і (16), отримаємо шукане значення запасу працездатності клапана для початкового перерізу процесу $\eta_{y_{i0}}$:

$$\eta_{y_{i0}} = 1 + [u_{y_i}]^{T3} (v_{y_{i0}} + \Delta v_{y_{in}}) + \frac{[y_i]_b^{T3} (m_{y_{in}} - m_{y_{i0}})}{m_{y_{i0}} m_{y_{in}}} \quad (17)$$

Для випадку, коли зміна математичного очікування параметра y_i близька до лінійного закону

$m_{y_{in}} \approx m_{y_{i0}} + k_{y_i} n_{б.ц}$, то

$$\Delta \eta_{y_i} \approx \frac{[y_i]_b^{T3} \cdot k_{y_i} n_{б.ц}}{(m_{y_{i0}})^2 + m_{y_{i0}} \cdot k_{y_i} n_{б.ц}} = \frac{[y_i]_b^{T3} \cdot k_{y_i} n_{б.ц}}{m_{y_{i0}} (m_{y_{i0}} + k_{y_i} n_{б.ц})} \quad (18)$$

Розглянемо випадок обмеження параметра $y_i(t)$ знизу допустимою межею $[y_i]_n^{T3}$.

Приведемо вираз (3, а) до безрозмірної форми, вводячи параметри:

$$\eta_{y_{in}} = \frac{m_{y_{in}}}{[y_i]_n^{T3}}; \quad v_{y_{in}} = \frac{S_{y_{in}}}{m_{y_{in}}} \quad (19)$$

Після перетворення отримаємо

$$m_{y_{in}} = \frac{[y_i]_n^{T3}}{1 - [u_{y_i}]^{T3} \cdot v_{y_{in}}}; \quad (20)$$

$$\eta_{y_i} = \frac{1}{1 - [u_{y_i}]^{T3} \cdot v_{y_{in}}} \quad (21)$$

Тоді

$$\Delta \eta_{y_i} = \eta_{y_{i0}} - \eta_{y_{in}} = \frac{m_{y_{i0}} - m_{y_{in}}}{[y_i]_n^{T3}} \quad (22)$$

З огляду на те, що $y_i(t, n_{б.ц})$ є лінійною монотонно-спадною степеневою функцією, запишемо:

$$m_{y_{in}} = m_{y_{i0}} - k_{y_i} n_{б.ц}^\beta \quad (23)$$

Підставивши вираз (23) у формулу (22), отримаємо

$$\Delta \eta_{y_i} = \frac{k_{y_i} n_{б.ц}^\beta}{[y_i]_n^{T3}} \quad (24)$$

Тоді шуканий вираз для визначення коефіцієнта запасу $\eta_{y_{i0}}$ визначиться як

$$\eta_{y_{i0}} = \frac{1}{1 - [u_{y_i}]^{T3} \cdot v_{y_{in}}} + \frac{k_{y_i} n_{б.ц}^\beta}{[y_i]_n^{T3}} \quad (25)$$

Для випадку, коли зміна математичного очікування параметра y_i близька до лінійного закону

$m_{y_{in}} \approx m_{y_{i0}} - k_{y_i} n_{б.ц}$, то

$$\Delta \eta_{y_i} = \frac{k_{y_i} n_{б.ц}}{[y_i]_n^{T3}}; \quad (26)$$

$$\eta_{y_{i0}} = \frac{1}{1 - [u_{y_i}]^{T3} \cdot v_{y_{in}}} + \frac{k_{y_i} n_{б.ц}}{[y_i]_n^{T3}} \quad (27)$$

Таким чином, для визначення параметричного коефіцієнта запасу $\eta_{y_{i0}}$ за y_i -м ФП клапана на етапі проектування необхідні наступні статистичні дані:

- відомості про вихідні значення математичного очікування $m_{y_{i0}}$ й коефіцієнта варіації $v_{y_{i0}}$;
- дані щодо прогнозованих значень $m_{y_{in}}$ та $v_{y_{in}}$ у перерізі процесу, що відповідає наробітку $n_{б.ц}$;
- відомості про характер зміни ФП із наробітком $m_{y_{in}} = f(n_{б.ц})$.

Ці необхідні статистичні дані визначаються на підставі узагальнення досвіду експлуатації клапанів-аналогів, а також за результатами ресурсних випробувань дослідних зразків клапана, що проектується.

Висновок

Визначені за розробленим підходом параметричні запаси працездатності ЕМК дозволяють обґрунтувати на етапі проектування необхідні вихідні значення y_{i0} параметрів проектованого клапана перед початком регулярної експлуатації з урахуванням вимог ТЗ щодо експлуатаційної надійності виробу. Забезпечення цих необхідних значень вихідних ФП клапана реалізується шляхом відповідного розрахунку ЕМК.

Література

1. Хильчевский, В.В. Надежность трубопроводной пневмогидроарматуры / В.В.Хильчевский, А.Е.Ситников, В.А.Ананьевский. — М.: Машиностроение, 1989. — 208 с.

Надійшла 14.10.2011 р.