

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

4. Мембрана, закріплена у корпусі без попереднього натягу, і виконана з матеріалу зі значним коефіцієнтом температурного розширення, може мати значну похибку вимірювального перетворення. Значно кращі характеристики має конструкція, у якій мембрана з'єднана з корпусом нерухомо, наприклад, зварюванням.

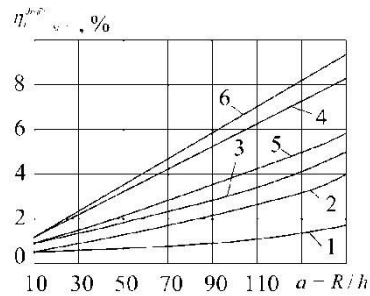


Рис. 3. Графік залежності відносної зміни чутливості на 1°C плоских мембран з натягом для різних сплавів від конструктивного параметру $a = R/h$: 1 – сплав 55ВТЮ; $\sigma_{0r} = 60$ МПа; 2 – сплав 55ВТЮ; $\sigma_{0r} = 30$ МПа; 3 – бронза Бр.Б2,5; $\sigma_{0r} = 60$ МПа; 4 – бронза Бр.Б2,5; $\sigma_{0r} = 30$ МПа; 5 – сплав 36НХТЮ; $\sigma_{0r} = 60$ МПа; 6 – сплав 36НХТЮ; $\sigma_{0r} = 30$ МПа

Інформаційні джерела

1. Осипович Л.А. Датчики физических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.
2. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. Е.П. Осадчего. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.

УДК 621.3.019.34

Т.В.Терлецький, О.Л.Кайдик

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ ПРОЕКТОВНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуто питання паралельного застосування технічних рішень із рішеннями, спрямованими на визначення оптимальних значень показників надійності технічних систем. Подано аналітичні залежності, які описують зв'язок між цими показниками і заходами, спрямованими на досягнення потрібного рівня надійності.

Ключові слова: технічне рішення, резервування, техніко-економічний аналіз, рівень надійності, ціна надійності, ймовірність відмови, інтенсивність відмови.

В статье рассмотрено вопросы параллельного применения технических решений с решениями, направленными на определение оптимальных значений показателей надежности технических систем. Подано аналитические зависимости, которые описывают связь между этими показателями и мероприятиями, направленными на достижение нужного уровня надежности.

Ключевые слова: техническое решение, резервирование, технико-экономический анализ, цена надежности, вероятность отказа, интенсивность отказа.

There are considered the questions of technical solutions with received solutions in effective technical system parallel using. The author has described statistical dependences which confirm connect between those indicators and measures for the need dependence level.

Kew words: technical decision, reservation, techno-economical analysis, dependence level, price of dependence, trust rejection, intensity of rejection.

Статистика відмов, яка довгий час була основним джерелом інформації про надійність виробів, є сигналом зворотного зв'язку, що дає уяву про те, наскільки конструкція, технологія і умови експлуатації забезпечили бажані показники надійності. Але не статистичні дані, а розрахунок і прогнозування можливої поведінки технічних систем в передбачених умовах експлуатації, технологічне забезпечення заданих показників якості, спеціальні випробування і регламентація умов їх експлуатації повинно бути основою для керування надійністю і забезпечення її потрібного рівня.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Розробка сучасних засобів вимірювання потребує одночасного застосування технічних рішень і теоретичних питань розрахунку надійності. Це дозволить отримати оптимальне співвідношення ціни та якості.

Питанням розрахунку надійності на різних етапах розробки і експлуатації технічних систем, вирішенням задач оптимального проектування присвячено багато наукових праць, але і досі залишається дилемою доцільна гранична межа рівня надійності, за якої забезпечаться мінімальні затрати на експлуатацію системи.

На початковому етапі проектування об'єкт прийнято розглядати як неремонтовану нерезервовану систему [2, ст.41], [3, ст.163]. Вимоги до рівня надійності функціонування такого об'єкта повинні впливати з техніко-економічного аналізу пропонувані рішень.

Можливий алгоритм дій під час проектування технічних систем, до яких висувають певні вимоги до рівня надійності, подано на рис. 1. На першому етапі формується технічне завдання, на основі якого в подальшому розробляють структуру об'єкта і логічну схему надійності, при чому структурну і логічну схеми потрібно виконувати паралельно, оскільки вони між собою взаємопов'язані. Після вибору відповідної елементної бази, розрахунку електричних навантажень і приведення показників надійності до реальних умов експлуатації визначають рівень надійності запропонованого варіанту. Якщо ж розрахований показник не відповідає технічному завданню – пропонуються певні заходи для досягнення потрібного рівня з можливою зміною структури, або у крайньому випадку – переглядають із замовником умови технічного завдання.

Нижче подано методика визначення оптимальних значень деяких параметрів надійності.

Якщо засіб вимірювання складається з N логічно-послідовно з'єднаних блоків, то ймовірність безвідмовної роботи такої системи $P_c(t)$ визначається як:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t), \quad (1)$$

де $P_i(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи i -го блока.

Вартість цієї системи Q_c відповідає сумі вартостей усіх блоків:

$$Q_c = \sum_{i=1}^N Q_i \quad (2)$$

На етапі видачі технічного завдання формуються вимоги і до рівня надійності проектованого виробу. Якщо ж базовий варіант не відповідає цим вимогам – потрібно впровадити заходи для підвищення рівня надійності.

Підвищення рівня $P_c(t)$ до запланованого $P_{c3}(t)$, у випадку введення загального резервування (рис. 2), потребує залучення додаткових ланок з кратністю m , а отже і додаткових витрат Q_n . Якщо $P_{c3}^{заз}(t) = 1 - (1 - P_c(t))^{m+1}$, то вартість заходів становитиме $Q_n^{заз} = mQ_c$, а у кінцевому поданні

$$Q_n^{заз} = Q_c \frac{\ln(1 - P_{c3}(t))}{\ln(1 - P_c(t))} - 1 \quad (3)$$

У свою чергу запровадження поелементного (роздільного) резервування (рис. 3), яке складається з N груп з'єднаних логічно послідовно, при чому до кожної з груп входить $m+1$ елемент, призведе до здороження системи на $Q_n^{роз}$. Якщо рівень надійності $P_{c3}(t)$ цієї системи відповідає

$P_{c3}^{роз}(t) = \prod_{i=1}^N [1 - (1 - P_i(t))^{m+1}]$, то загальну вартість заходів з підвищення рівня надійності можна визначити як

$$Q_n^{роз} = \sum_{i=1}^N Q_i m_i = \sum_{i=1}^N Q_i \left[\frac{\ln(1 - \sqrt[m+1]{P_{c3}^{роз}(t)})}{\ln(1 - P_i(t))} - 1 \right] \quad (4)$$

У той же час, впроваджуючи заходи з підвищення рівня надійності потрібно керуватись і оптимальними значеннями параметрів надійності таких як ймовірність безвідмовної роботи,

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

ймовірність відмови, інтенсивність відмови тощо. Їх можна визначити на основі наступних залежностей.

Сумарні витрати на використання відповідної системи визначаються як:

$$Q_{\Sigma} = Q_o + Q_e t + Q_3 F(t), \quad (5)$$

де Q_o – витрати на придбання, транспортування, встановлення і налагодження; Q_e – витрати за одиницю часу на обслуговування; Q_3 – сума збитків внаслідок аварійної зупинки; $F(t)$ – ймовірність відмови системи протягом часу t .

Складовою витрат на придбання є вартість виготовлення системи, яка поєднує у собі постійні витрати на виготовлення Q_n , що не залежать від вимог до надійності, та величину Q_n , яка є функцією надійності. Останню прийнято називати ціною надійності. Її визначають за емпіричною залежністю:

$$Q_n = L \left(\frac{F_o(t)}{F_n(t)} \right)^d, \quad (6)$$

де L – коефіцієнт пропорційності; $F_o(t)$ – ймовірність відмови базового варіанту (прототипу чи аналога); $F_n(t)$ – ймовірність відмови проекрованої системи; d – константа, яка залежить від конкретного призначення системи.

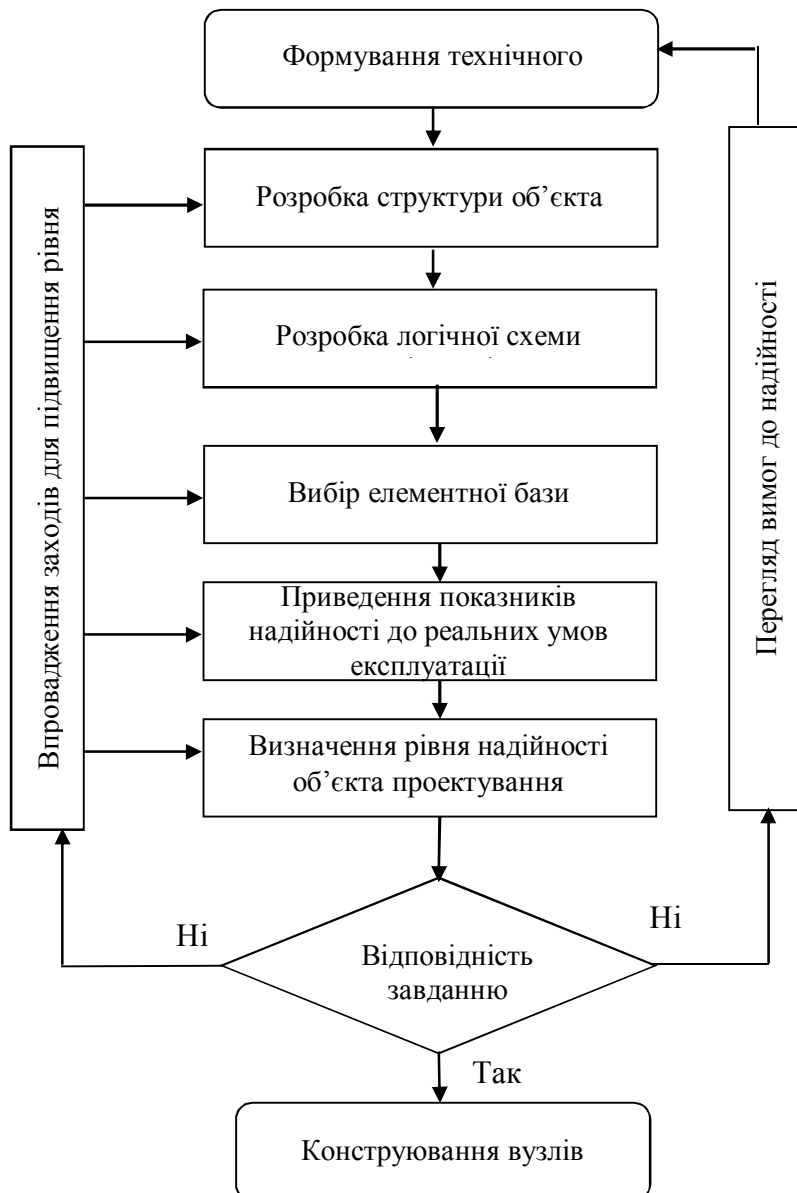


Рис. 1. Алгоритм дій під час проектування систем

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

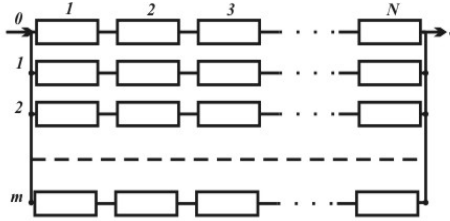


Рис. 2. Загальне пасивне резервування

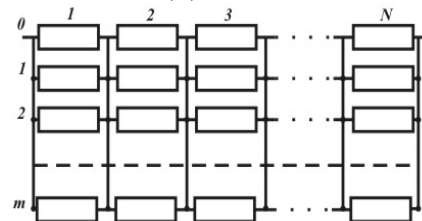


Рис. 3. Поелементне пасивне резервування

Прийнявши, що $Q_e t = Q_{ek}$, і з урахуванням складових витрат на придбання з виразу (5) отримаємо

$$Q_{\Sigma} = Q_n + L \left(\frac{F_o(t)}{F_n(t)} \right)^d + Q_{ek} + Q_3 F_n(t) \quad (7)$$

Дослідивши функцію $Q_{\Sigma}[F_n(t)]$ на екстремум отримаємо:

$$\frac{dQ_{\Sigma}}{dF_n(t)} = -\frac{L \cdot F_o^d(t) d}{F_n^{1+d}(t)} + Q_3 \quad (8)$$

Прирівнявши попередній вираз до нуля отримаємо

$$F_n(t) = \left(\frac{L F_o^d(t) d}{Q_3} \right)^{\frac{1}{1+d}} \quad (9)$$

Продиференціювавши (8) за $F_n(t)$ отримаємо

$$\frac{d^2 Q_{\Sigma}}{dF_n(t)^2} = (1+d)L \cdot F_o^d(t) d F_n(t)^{-(2+d)} > 0 \quad (10)$$

Оскільки $\frac{d^2 Q_{\Sigma}}{dF_n(t)^2} > 0$, то (9) є умовою мінімуму функції $Q_{\Sigma}[F_n(t)]$. Тобто, при досягненні даного рівня $F_n(t)$ системи подальші заходи на підвищення рівня надійності будуть недоцільними, оскільки витрати на покращення системи стануть більшими за втрати внаслідок її відмови.

У свою чергу, оптимальне значення інтенсивності відмови λ_n^{onm} системи можна визначити з виразу (7) враховуючи, що $P_c(t) + F_c(t) = 1$.

Якщо $\lambda(t) = const$, то

$$F_c(t) = 1 - \exp(-\lambda t) = 1 - (1 - \lambda t + \dots) \approx \lambda t \quad (11)$$

Із урахуванням останнього вираз сумарних витрат (7) набуде наступного вигляду

$$Q_{\Sigma} = Q_n + L \left(\frac{\lambda_o}{\lambda_n} \right)^d + Q_{ek} + Q_3 \lambda_n(t) \quad (12)$$

Розділивши вираз (12) на t , отримаємо можливі витрати за одиницю часу.

$$q_{\Sigma} = q_n + l \left(\frac{\lambda_o}{\lambda_n} \right)^d + q_{ek} + Q_3 \lambda_n \quad (13)$$

де $q_{\Sigma} = \frac{Q_{\Sigma}}{t}$, $l = \frac{L}{t}$, $q_{ek} = \frac{Q_{ek}}{t}$.

Дослідивши функцію $q_{\Sigma}(\lambda_n)$ на екстремум, отримаємо

$$\lambda_n^{onm} = \left(\frac{l \lambda_o^d d}{Q_3} \right)^{\frac{1}{1+d}} \quad (14)$$

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Отже, використовуючи λ_n^{onm} , що відповідає інтенсивності відмови за якої забезпечаться мінімальні затрати на експлуатацію системи, можна встановити за (3) або (4) витрати на заходи для досягнення потрібного рівня надійності, оскільки $P(t) = \exp(-\lambda t)$.

Інформаційні джерела

1. Стрельников В.П. Анализ методик расчета безотказности избыточных систем / В.П. Стрельников, Е.В. Барзик, Е.С. Пантелеева // Математичні машини і системи. – 2005. – №2, – С. 168-173.
2. Надежность технических систем: справочник / [Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др.] ; под ред. И.А. Ушакова. – М: Радио и связь, 1985. – 606 с.
3. Азарсков В.Н. Надежность систем управления и автоматики: учебное пособие / Азарсков В.Н., Стрельников В.П. –К.: НАУ, 2004. – 164 с.
4. Лозинский О.Ю. Розрахунок надійності електроприводів: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Лозинский О.Ю., Марущак Я.Ю., Костробій П.П. – Львів, вид-во ДУ «Львівська політехніка», 1996. – 234 с.
5. Reliability prediction of electronic equipment. MIL-HDBK-217E-Notice 2.

УДК 621.787.4

В.І. Марчук, А.А. Ткачук, С.О. Приступа

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ТА ЕВОЛЮЦІЇ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ХОДІ ЗМІЦНЮВАЛЬНО-ВИГЛАДЖУВАЛЬНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ

В статті за допомогою методу ліній ковзання проведено дослідження еволюції залишкових напружень в ході зміцнювально-вигладжувального оброблення. Виявлено, що поле напружень утворюється двома ортогональними групами ліній ковзання, які в кожній точці своєї дотичної площини мають максимальне значення. Встановлено взаємозалежності між головною силою вигладжування та середніми напруженнями стиску і мікротвердістю поверхневого шару.

Ключові слова: деформація, мікротвердість, модель, поле напружень, поверхневе пластичне деформування.

В статье с помощью метода линий скольжения проведено исследование эволюции остаточных напряжений в процессе упрочняюще-выглаживающей обработки. Обнаружено, что поле напряжений образуется двумя ортогональными группами линий скольжения, которые в каждой точке своей касательной плоскости имеют максимальное значение. Установлено взаимозависимости между главной силой выглаживания и средними напряжениями сжатия и микротвердостью поверхностного слоя.

Ключевые слова: деформация, микротвердость, модель, поле напряжений, поверхностное пластическое деформирование.

In this paper, using the method of slip lines investigated the evolution of residual stresses in the screed processing. Found that the stress field is formed by two orthogonal groups of slip lines, which at each point its tangent plane has a maximum value. Established the relationship between the main force and smoothing average compressive stresses and microhardness of the surface layer.

Keywords: deformation, microhardness, model, stress field, surface plastic deformation.

Постановка проблеми. В умовах сучасного машинобудування важливим питанням є прогнозування залежності величини зміцненого шару від технологічних умов механічного оброблення. В ході вирішення науково-практичних задач пов'язаних з розрахунком величини зміцненого поверхневого шару виникають труднощі, пов'язані з необхідністю врахування об'ємів напруженого та деформованого станів, нелінійністю основних рівнянь станів, складністю геометрії осередку деформації (ОД), окремі межі якого зазвичай невідомі [1, 3]. Навіть, якщо це вдається, то розв'язок стає настільки громіздким, що втрачає свою інженерну цінність. Тому вирішення такої задачі з врахуванням всіх перерахованих факторів є актуальною науково-практичною задачею,