

УДК 621.9

Н.С. Григор'єва, к.т.н., докторант
Луцький державний технічний університет
В.А. Шабайкович, д.т.н., проф.
Жешівський технологічний університет

НАПРАВЛЕНЕ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВИРОБІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ

Розглядається механізм формування якості виробів як система взаємозв'язку конструкційних, технологічних, організаційних і експлуатаційних чинників, котрі через коефіцієнти впливу (кореляції) утворюють всі показники якості. Уявляється, що кожен чинник по-різному впливає на всі показники якості, зберігаючи при цьому взаємозв'язок.

Постановка задачі та її актуальність. Оскільки якість безпосередньо пов'язана з конкурентоспроможністю виробу, то в сучасних конструкціях виробів і їх технологіях виготовлення приділяється підвищена увага. Це супроводжується відомою системою керування якістю, котра охоплює усі стадії життєвого циклу продукції (петля якості). Як відомо, забезпечення якості виробів являє собою сукупність запланованих і систематично втілюваних заходів, котрі створюють усі необхідні умови для виконання кожного етапу так, щоб якість продукції задовольняла потрібні вимоги. Тому викликає жваву теоретичну та практичну зацікавленість творення якості як процесу, тобто окреслення та аналіз формуючих чинників, визначення та дослідження їх природи і характеру, їх вплив на якість виробів, а особливо сам процес формування основних показників якості.

Аналіз існуючих рішень щодо направленої формування якості виробів. Проблеми якості виробів присвячено багато робіт, котрі розкривають різні її сторони [1, 2, 3]. Розглядаються питання забезпечення якості на конструкційному, технологічному та експлуатаційному етапах, але на практиці відсутні роботи з побудови та дослідження механізму направленої формування якості виробів. Найближче до цього підійшов О.Г. Суслів [4], який детально розглянув технологічне забезпечення основних показників якості. В [5] наведено цікавий описовий матеріал з направленої формування властивостей виробів машинобудування, але схема такого механізму не наводиться. Інші роботи по-різному висвітлюють такі питання.

Метою проведених досліджень є покращення проблеми якості виробів у напрямку опису розробленого та дослідженого механізму направленої формування показників якості за рахунок впливу конструкційних, технологічних, організаційних і експлуатаційних чинників.

Викладення основного матеріалу. Всі показники якості виробів формуються не тільки впродовж всього технологічного процесу виготовлення, але також і до його початку. Наприклад, позначається суттєвий вплив якості основних і допоміжних матеріалів, комплектуючих виробів і т. ін. Тому для повноти моделі формування якості виробів необхідно розглядати чотири етапи: конструкційний, технологічний, організаційний та експлуатаційний. На першому етапі за рахунок впливаючих чинників деталей та складальних вузлів формуються показники якості конструкції виробу. Це превалюючий етап і його можна вважати підставовими. На технологічному етапі під час реалізації технологічних процесів обробки деталей і їх складання досягнуті величини показників якості матеріалізуються в реальних деталях, вузлах і виробках. Важливими будуть і організаційні чинники, що також впливають на показники якості виробів. Щоправда, ці чинники носять ніби допоміжний характер, але сприяють забезпеченню вищих показників якості виробів через оптимальну організацію робіт на вказаних етапах. І, нарешті, експлуатаційний етап, чинники якого також роблять великий вплив на показники якості виробів. По-перше, це стосується збереження одержаної якості під час функціонування як виробів, так і технологічного устаткування з оснащенням. По-друге, це ефект дії зворотного зв'язку експлуатації, котрий є головним впливаючим чинником на конструкцію виробів і технологію їх отримання, що в даний час використовується недостатньо. Деякі підприємства помилково вважають виробничий процес закінченням своєї роботи, а експлуатацію випущених виробів не простежують. Тому можна виділити нові високоефективні технологічні процеси, які вказаних недоліків не мають.

Основними ознаками нових високоефективних технологічних процесів нового покоління є категорії якісно нової сукупності властивостей деталей, виробів – як причина, і якісно нова міра їх корисності – як наслідок. З розвитком технологій поліпшуються геометричні, механічні, кінематичні, енергетичні й інші властивості як деталей, так і виробів. Особливостями таких технологій виступають: наукомісткість, висока інформаційність і комп'ютеризація, високий рівень енергозабезпечення, оптимальність технологічних процесів, нові методи і способи обробки деталей та складання, високий рівень автоматизації, стабільність і надійність процесів, безпека, відвертість до розвитку, екологічна чистота. Все це забезпечується висококваліфікованими кадрами, сучасними прогресивними технологічними системами і спеціальними

технологічними середовищами з використанням сучасного автоматизованого технологічного обладнання та оснащення, новими принципами їх роботи, системами діагностики і контролю, інтелекгентними системами управління.

У таких технологічних процесах спостерігається:

- підвищення концентрації та паралелізму технологічних областей обробки або складання, що призводить до підвищення продуктивності;
- прогресивні нетрадиційні просторові структури технологічних сфер обробки і складання (багатовимірні циклічні структури), які розширюють їх технологічні можливості;
- компоновка технологічних сфер обробки і складання лінійними, поверхневими і об'ємними структурами з їх компоновкою у виробничі комірки і просторові структури з можливістю їх широкого застосування;
- підвищення ступеня компактності структури за рахунок збільшення щільності технологічних сфер обробки і складання;
- потокове функціонування технологічних сфер обробки і складання з підвищенням їх інтенсивності;
- інформаційність технологій, зниження маси технологічних систем з підвищенням їх енергозабезпеченості;
- технологічні операції з направленим формуванням експлуатаційних властивостей та показників якості;
- використання самоналагоджувальних технологічних систем;
- технології та технологічні системи з використанням принципів механотроніки;
- спрощені функціональні структури за рахунок поєднання різних функцій технологічних систем сумісно з використанням транспортних й інших функцій.

Відомий загальний теоретичний підхід до створення та функціонування нетрадиційних технологічних систем, які мають якісно нові властивості й можливості, що дозволяють проектувати потоково-просторові технологічні системи безперервної дії таких видів:

- технологічні системи високої і надвисокої продуктивності;
- технологічні системи безперервної дії для тривалих циклів технологічної дії, наприклад термічної, хімічної, фізико-хімічної й іншої обробки деталей і продовженого складання;
- технологічні системи безперервної дії для комплексної обробки і складання деталей;
- гнучкі технологічні системи безперервної дії з інтелектуальними системами управління.

Опускаючи перераховані особливості в методиці проектування сучасних технологічних процесів, можна зупинитися на деяких з відмінних рис. Під направленим формуванням показників якості виробів розуміється комплекс активних технологічних заходів, які забезпечують отримання заданих значень показників якості та відповідних експлуатаційних властивостей виробу. Вивчення фундаментальних закономірностей взаємодії і взаємовпливу формованих показників якості деталей значно зменшує вплив випадкових чинників, зменшує поле розсіювання значень показників якості, що сприяє підвищенню якості виробів. Відомо, що кожній експлуатаційній властивості виробу та відповідно показнику якості відповідає певне поле розсіювання, тому забезпечення окремих часткових показників якості не гарантує потрібні експлуатаційні властивості виробу. Формування показників якості виробу та його деталей можна представити як процес взаємодії предмету виробництва з технологічним і навколишнім середовищем, які є носіями механізму спадкоємства і трансформації властивостей виробів під час їх виготовлення (рис. 1).



Рис. 1. Схема направленої формування показників якості виробів

Для кожної деталі може бути створене оптимальне технологічне середовище, в якому і формуватимуться оптимальні фактичні показники якості. Таке забезпечення формування якості деталей базується на тому, що показники визначаються властивостями основних матеріалів і формуючим технологічним середовищем процесу виготовлення, яке враховує структурно-параметричний характер такої взаємодії.

Задані показники якості визначаються залежно від конструкційно-технологічних параметрів виробів з урахуванням умов експлуатації деталей та складальних одиниць. Технологічний процес визначає реальні властивості деталей, а в результаті порівняльного аналізу заданих і реальних властивостей та знання механізму їх формування і здійснюється формування оптимальних технологічних середовищ, які забезпечують найбільш оптимальні фактичні властивості. Тоді з урахуванням спадкових властивостей заготовок і головних закономірностей спадковості й визначається структура відповідного технологічного процесу. Процесний підхід до трансформації властивостей деталей дозволяє будувати моделі трансформації показників якості. Такі моделі повинні бути простими, відображати забезпечення автоматизованого відображення процесу формування властивостей деталей і проведення розрахунків значень заданого комплексу показників якості і мати нагоду визначення необхідних характеристик елементів технологічних середовищ залежно від заданого напрямку змін властивостей і показників якості. Властивості деталей в якомусь місці технологічного процесу можуть бути підсиленими, ліквідованими чи зміненими за знаком. За простотою найдоцільнішою формою представлення змін властивостей деталей виробів є лінійна:

$$x_{ij} = x_{i(j-1)} (1 + k_i) \quad (1)$$

де $x_{i(j-1)}$ – значення властивості x_i після операції відповідно $(j-1)$; k_i – коефіцієнт технологічної спадковості для даної властивості.

У математичну модель закладається, що:

- якість деталі формується до і після технологічного втручання і більшість її показників є результатом цих періодів;
- технологічна дія на заготовку змінює всі властивості та показники якості;
- будь-який показник якості, змінюючись, змінює решту властивостей і показників якості (взаємовплив між показниками якості).

Загальноприйняте і відоме припущення в технології, що кожна з властивостей деталей виробів формується незалежно від інших, є помилковим. На базі таких моделей трансформації властивостей можуть бути визначені її кількісні інтегральні характеристики, бажані рівні їх значень по окремих операціях.

Зміна значень показників якості деталей в результаті діяння різних чинників визначаються за виразом:

$$[\Delta K]_i = \begin{vmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ k_{m1} & k_{m2} & \dots & k_{mn} \end{vmatrix}_j \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \dots \\ K_n \end{vmatrix}_{j-1}, \quad (2)$$

де K_1, K_2, \dots, K_n – значення показників якості, одержані після $j-1$ операції; $k_{11}, k_{22}, \dots, k_{mn}$ – коефіцієнти зміни значень показників якості при виконанні j -го технологічного способу обробки (коефіцієнти кореляції). Всі труднощі подальшого розгляду виникатимуть при визначенні коефіцієнтів кореляції.

Спадкову зміну показників якості можна представити виразом:

$$\pm \Delta K_i = k_{i1} (K_1)_{j-m} + k_{i2} (K_2)_{j-m} + \dots + k_{in} (K_n)_{j-m}, \quad (3)$$

де k_{in} – коефіцієнт впливу властивостей на властивості i ; K_n – значення показників якості, досягнуті до операції j ; $(j-m)$ – індекс впливу властивостей, сформованих до операції j на результат її виконання.

Оскільки такий підхід вимагає багатьох розрахунків значень безлічі взаємопов'язаних властивостей та показників якості, особливо коефіцієнтів кореляції, застосування методів генерації первинних структур маршрутних технологічних процесів, то він має бути тісно пов'язаним з автоматизацією технологічних розрахунків і синтезом структур технологічних об'єктів. Тому технологічний процес, який забезпечує формування потрібних показників якості, повинен проектуватися в автоматизованому режимі як на підставі загальних технологічних основ, так і з урахуванням фундаментальних закономірностей технологічної спадковості. Поки що технологічні процеси розробляються без урахування спадковості властивостей деталей. Створюючи технологічні середовища з потрібними характеристиками трансформації властивостей і управляючи взаємодією окремих елементів між собою та оброблюваною деталлю, можна направлено формувати бажані показники якості й експлуатаційні властивості.

Зараз дуже багато пишеться про управління якістю, відповідні системи, нормалізацію і стандартизацію процедур і т. ін., проте абсолютно не вказуються механізми такого управління, що фактично позбавляє такі розробки практичної цінності. Структурна схема механізму формування показників якості виробів розроблена на підставі теоретичних і експериментальних розробок з проблем якості, яка враховує вплив чотирьох груп визначальних вхідних змінних (конструкторських, технологічних, організаційних і експлуатаційних) на вихідні змінні, тобто самі показники якості (рис. 2).

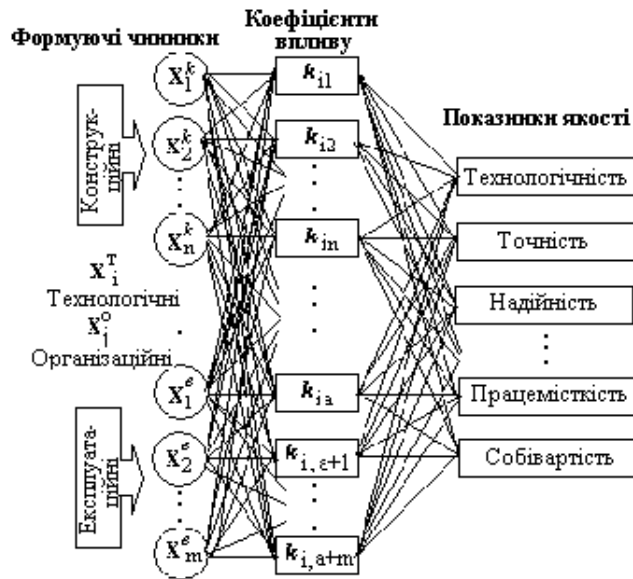


Рис. 2. Модель формування показників якості виробів

Кожна вхідна змінна через коефіцієнти впливу, а фактично кореляції k_{ij} , формує всі показники якості. Наприклад матеріал деталі виробу X_{1k} кореляційно взаємопов'язаний з усіма показниками якості Z_i , але його вплив на окремі показники якості буде різним. Введення додаткових центрувальних поверхонь збираних деталей виробу робить великий вплив на спосіб складання, автоматичну складуваність і т. ін. Зрештою ці поверхні впливають також на такі показники якості, як технологічність, трудомісткість, продуктивність, і менш значно – на інші. Запропонований механізм формування показників якості повністю адекватний технологічному процесу, під час якого формується якість виробів, і тому його можна вважати типовим. Складність такої типової моделі може полягати тільки в правильному виявленні основних вхідних змінних і особливо коефіцієнтів кореляції.

На підставі принципу суперпозиції кожна з впливаючих на показники якості змінних може розглядатися, як їх лінійна комбінація і в загальному вигляді записуватися матричним рівнянням $Z = K \cdot X$, або в розгорненій формі:

$$\begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \dots \\ Z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1m} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \dots & k_{nm} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_m \end{pmatrix}, \tag{4}$$

де k_{ij} – коефіцієнти впливу вхідних змінних чинників на показники якості або коефіцієнти кореляції; Z_i – окремі показники якості. З метою спрощення передбачається, що ця система взаємозв'язку є лінійною, сталою і описує статичні властивості об'єкта. Для нелінійної перетворювальної системи, яка є адекватнішою, принцип суперпозиції неприйнятний, і використовувати його не можна, але в певних межах змін і впливу змінних конструкційних, технологічних і експлуатаційних чинників на показники якості може бути застосована лінеаризація, тобто заміна нелінійних рівнянь лінійними:

$$\begin{aligned} Z_1 &= F_1(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_m}) = \sum \left(\frac{\partial z_1}{\partial x_j} \right)_o (x_j - m_{x_j}); \\ Z_2 &= F_2(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_m}) = \sum \left(\frac{\partial z_2}{\partial x_j} \right)_o (x_j - m_{x_j}); \\ &\dots \dots \dots \\ Z_n &= F_n(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_m}) = \sum \left(\frac{\partial z_n}{\partial x_j} \right)_o (x_j - m_{x_j}), \end{aligned} \tag{5}$$

де F_i – диференціальні функції зв'язку показників якості виробу Z_j з вхідними змінними чинниками x_j ; m_{x_j} – математичні очікування похибок вхідних чинників і перетворюючої системи; $\frac{\partial z_i}{\partial x_j}$ – значення

часткових похідних після підстановки в них замість кожного аргументу його математичного очікування. Надалі з метою спрощення можна розглядати лінійні залежності або лінеаризовані рівняння.

У наведених рівняннях найскладнішим є отримання матриць кореляційних коефіцієнтів, які можна розглядати як оператори лінійних перетворень вхідних змінних чинників у показники якості. Елементами головних діагоналей є коефіцієнти кореляції основних ланок, а інші – перехресних ланок. За відсутності зв'язку між чинниками і показниками якості у відповідних місцях матриці проставляються нулі. Визначення матриці зводиться до знаходження чисельних значень коефіцієнтів кореляції одним з двох способів. Якщо функціональна залежність між вхідними і вихідними змінними відома, то такі коефіцієнти розраховуються аналітично як часткові похідні, одержувані диференціюванням функції від вхідних змінних. У протилежному випадку коефіцієнти кореляції визначаються експериментально, вважаючи, що статистичним аналогом функціональних залежностей є рівняння множинної лінійної регресії. Обробка одержаних результатів виконується способом найменших квадратів або методом парних кореляцій. З метою спрощення система рівнянь визначення коефіцієнтів кореляції записується у матричній формі, як

$$M = W \cdot Q, \quad (6)$$

де M – блокова матриця, елементами якої є кореляційні моменти; Q – блокова матриця, елементами якої слугують шукані коефіцієнти регресії і W – квазідіагональна матриця, в якій уздовж головної діагоналі розташовані клітки, що є квадратними матрицями, складеними з кореляційних моментів, а решта елементів приймається рівними нулю.

Таким чином для будь-якого коефіцієнта регресії:

$$k_{ij} = \Delta^{-1} \sum_{\mu=1}^n A_{x_{\mu}} x_j \cdot M_{z_{x_{\mu}}}^* \quad (7)$$

де Δ – визначник матриці W ; n – загальна кількість спостережень; $A_{x_{\mu}}$ – доповнення алгебри відповідних елементів і визначника матриці.

Якщо вхідні чинники незалежні між собою, то попередня формула спрощується:

$$k_{ij}^* = r_{z_i x_j} \cdot S_{z_j} / S_{x_j} \quad (8)$$

де $r_{z_i x_j}$ – емпіричні коефіцієнти парної кореляції; S_{z_j}, S_{x_j} – емпіричні середньоквадратичні відхилення чинників перетворювальної системи. Для проведення аналізу впливу вхідних чинників на показники якості необхідно провести деякі підготовчі роботи, пов'язані з формалізацією даних. Це – велика частина роботи, що вимагає спеціальних знань і певних експериментів. Найкращий випадок, коли змінні будуть безрозмірними величинами або однієї розмірності. Інакше для цього потрібно використовувати метод експертних оцінок, хоча він суб'єктивний і менш точний.

Висновки. Моделлю направленої формування якості виробів при розробці технологічних процесів їх виготовлення може бути орієнтований граф, котрий пов'язує вплив вхідних конструкційних, технологічних, експлуатаційних і організаційних змінних через коефіцієнти кореляції з показниками якості виробів. Як вхідні змінні обов'язковим є включення технологічної спадковості та самоорганізації, а також інших можливих корисних для високої якості явищ в технологічних процесах виготовлення виробів. Для практичного використання такої моделі необхідно правильно окреслити коло головних вхідних змінних і встановити кореляційні залежності між ними та показниками якості. Основною трудностю буде правильне визначення коефіцієнтів кореляції, що потребує додаткових теоретичних і експериментальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Машиностроение: Энциклопедия. – Том III-3 / Технология изготовления деталей машин / Ред. составитель А.Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 2002. – 840 с.
2. Качество машин: Справочник. – В 2 т. / А.Г. Суслов и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
3. Суслов А.Г. и др. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.
4. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 640 с.
5. Васильев А.С. и др. Направленное формирование свойств изделий машиностроения */ Под ред. А.И. Кондакова. – М.: Машиностроение, 2005. – 352 с.
6. Божидарник В.В., Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Технологія виготовлення деталей виробів: Навч. посібник. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – 612 с.

ГРИГОР'ЄВА Наталія Сергіївна – кандидат технічних наук, докторант Луцького державного технічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія гнучкого та модульного виробництва;
- математичне модулювання;

- автоматичне складання виробів;
- технологічна спадковість і самоорганізація при виготовленні деталей та складанні виробів.

ШАБАЙКОВИЧ Віктор Антонович – академік транспортної академії України, доктор технічних наук, професор кафедри технології машинобудування Жешовського технологічного університету.

Наукові інтереси:

- автоматичне складання виробів;
- застосування у виробництві CALLS-технологій;
- технологічна спадковість і самоорганізація при виготовленні деталей та складанні виробів.

Подано 28.10.2006

Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. **Направлене формування якості виробів при розробці технологічних процесів виготовлення**

Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. **Направленное формирование качества изделий при разработке технологических процессов изготовления**

Grigorieva N.S., Shabaykovitch V.A. Directional forming of quality products at working of technological processes production

УДК 621.9

Направлене формування якості виробів при розробці технологічних процесів виготовлення / Н.С. Григор'єва, В.А. Шабайкович

Розглядається механізм формування якості виробів як систему взаємозв'язку конструкційних, технологічних, організаційних і експлуатаційних чинників, котрі через коефіцієнти впливу (кореляції) створюють всі показники якості. Покладається, що кожен чинник по-різному впливає на всі показники якості, зберігаючи при цьому взаєв'язок.

УДК 621.9

Направленное формирование качества изделий при разработке технологических процессов изготовления / Н.С. Григор'єва, В.А. Шабайкович

Рассматривается механизм формирования качества изделий как систему взаимосвязи конструкционных, технологических, организационных и эксплуатационных фактором, которые через коэффициенты влияния (корреляции) образуют все показатели качества. Полагается, что каждый фактор по-разному влияет на все показатели качества, сохраняя при этом взаимовлияние.

УДК 621.9

Directional forming of quality products at working of technological processes production / N.S. Grigorieva, V.A. Shabaykovitch

The mechanism of forming quality is presented as system of correlation constructions, technological, organizational and operational by a factor, which through the coefficients of influencing (correlations) form all indexes of quality. Suppose that every factor variously influences on all indexes of quality saving inter-influence here.