

**М.Л. Хейфец**, д.т.н., проф.<sup>1</sup>,  
**А.Г. Колмаков**, чл.-кор. РАН, д.т.н., проф.<sup>2</sup>,  
**С.А. Клименко**, д.т.н., проф.<sup>3</sup>,  
*Державне науково-виробниче об'єднання «ЦЕНТР»*  
*НАН Білорусі*<sup>1</sup>,  
*Інститут металургії та матеріалознавства ім. О.О. Байкова РАН*<sup>2</sup>,  
*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України*<sup>3</sup>

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБІВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ**

Основне завдання проектувальників і виробників – максимальною мірою задовольняти вимоги до якості продукції, що пред'являються глобальним міжнародним ринком. У умовах зростаючої конкуренції якість продукції має зростати випереджаючими темпами, а це можливо забезпечити лише на основі наукового аналізу, з урахуванням результатів всебічних досліджень формування показників якості виробів в технологічних комплексах сучасного виробництва. Однією з ключових проблем машинобудування є забезпечення безвідмовності і довговічності деталей і вузлів машин технологічними методами. Надійність деталей багато в чому визначається станом їх поверхневого шару, параметри якого формуються протягом усього технологічного процесу і стадій експлуатації.

Серед комплексу технологічних методів, що підвищують безвідмовність і довговічність деталей, у виробництві на заключних операціях технологічних маршрутів широко використовуються методи механічної, суміщеної та комбінованої обробки. Практика показала, що при правильно обраних маршрутах і операціях, призначених режимах обробки і керованих впливах можна збільшити надійність виробів в десятки разів. У той же час невірно призначені режими і відсутність обліку накопичення дефектів на попередніх операціях можуть привести до руйнування поверхневого шару вже при виготовленні деталі або до передчасної відмови при її експлуатації.

Сьогодні не викликає сумніву необхідність урахування технологічного успадкування при вдосконаленні існуючих і проектуванні нових технологічних процесів, засобів оснащення для їх реалізації і комплексів технологічного обладнання. Наукові основи вивчення і використання технологічної спадковості в виробничих процесах закладені в дослідженнях П.І. Ящерицина, А.М. Дальського, Е.В. Риждова, їх колег та учнів.

Під спадковістю у технології машинобудування мається на увазі явище перенесення властивостей оброблюваного об'єкта від попередніх операцій і переходів до наступних, що надалі позначається на експлуатаційних властивостях виробів. Носіями спадкової інформації служать оброблюваний матеріал і поверхневий шар деталі з усім різноманіттям параметрів, які їх описують. Носії інформації активно беруть участь в технологічному процесі, проходячи через різні операції і переходи, відчуваючи впливу технологічних факторів.

Сукупність властивостей виробів, кожний з яких може характеризуватися безліччю показників якості, є проявом пов'язаних складним чином технологічних показників при формуванні якості виробу. Властивості виробу формуються при його виготовленні взаємопов'язано.

В результаті в сучасних умовах потрібно з єдиних позицій успадкування параметрів якості функціональних елементів розглядати проектні і виробничі етапи життєвого циклу виробів в технологічних комплексах і при експлуатації їх в машинах. Тому на основі синергетичної концепції запропоновано при проектуванні методів обробки виробів з конструкційних матеріалів враховувати домінування властивостей притаманним технологічним рішенням, які описують забезпечення контрольованих параметрів технічної системи. Саме з цих позицій потрібно розглядати проектування механічних і термічних процесів, для яких характерні різноманітні впливи на зміцнення та розмірність поверхонь виробів з конструкційних матеріалів.

Застосування синергетичної концепції дозволяє формувати комплексну математичну модель технологічного успадкування експлуатаційних показників якості, яка описує різні режими поведінки при виробництві і експлуатації виробів. Використання такої математичної моделі при комп'ютерному проектуванні надає широкі можливості для скорочення витрат при виготовленні і використанні конструктивно-складних деталей.

В даний час вивчені особливості управління процесами механічної, суміщеної і комбінованої обробки, що формують комплекс механічних і геометричних параметрів якості виробів. На основі статистичного аналізу запропоновано метод управління багатофакторними процесами, який використовує комплексні діаграми. Показано, що проектування систем управління технологічними комплексами базується на використанні структурного аналізу і полягає у виконанні послідовних етапів: – визначення класу вирішуваних завдань розробки програмних модулів; – моделювання динамічних об'єктів; – розрахунок параметрів математичної моделі; – аналіз результатів моделювання; – рішення про доцільність застосування розробленої моделі.

Відзначено, що поєднання статистичного та структурного аналізу і синтезу забезпечує моделювання і управління багатофакторними технологічними операціями по комплексу параметрів, дозволяє визначити і оптимізувати чинники, через які ефективно здійснюється процес управління в технологічних комплексах, і вказує основні параметри для контролю в режимі реального часу при обробці.

Технологічна спадковість при виконанні операцій багатофакторної обробки визначається впливами, які формують структуру матеріалу поверхневого шару і рельєф поверхні виробу. В результаті досліджень визначена складно-формалізована, але необхідна, умова структурного аналізу при виборі маршрутів і деталізацій операцій технологічного процесу – виділення з численних впливів керуючих технологічних факторів обробки. При використанні структурного аналізу маршрутів, операцій, дій в процесі обробки, для деталізації на структурній діаграмі технологічної операції слід розділяти групи, що формують параметри якості виробів. Регулювання технологічних впливів потрібно здійснювати в результаті виконання заходів з оперативного управління процесами, а також довготривалого статистичного контролю визначальних параметрів якості виробів.

На основі синергетичного підходу розроблено математичну модель успадкування показників якості в життєвому циклі виробу, що описує різні режими поведінки при виробництві і застосуванні технічних систем.

Технологічне успадкування потрібно розглядати як сукупність складних явищ переносу параметрів якості виробу, що залежать один від одного. Потрібно враховувати, що технологічне успадкування не може бути описано одновимірними моделями, а потрібно розглядати технологічний ланцюжок режим обробки-стан поверхневого шару-експлуатаційні властивості, що передбачає наявність складних зв'язків у вигляді функціоналів. Розробка моделей технологічного успадкування у вигляді системи функціоналів визначає характер опису фізичних закономірностей формування поверхневого шару деталей машин. Наявність такого опису дозволяє не тільки простежити закономірності технологічного успадкування, але і застосувати їх, як для поопераційного контролю з використанням фізичних методів, так і для проектування технологій, що забезпечують високу довговічність деталей і безвідмовність машин.

Спадкоємність рішень для технологічних комплексів при математичному моделюванні, конструкторсько-технологічному проектуванні, виробництві і застосуванні складних технічних систем базується на принципах самоорганізації фізичних явищ і уявлень щодо життєвого циклу виробів.

Сучасний рівень цифровізації промислового виробництва забезпечує перехід до використання інформаційних технологій створення, підтримки і застосування загального інформаційного простору в часі на всіх етапах життєвого циклу виробів: від їх проектування до експлуатації та утилізації. Єдиний інформаційний простір дозволяє інтегруватися розрізненим частинам технологічного комплексу в віртуальне підприємство, що створюється з різних просторово віддалених підрозділів, для використання комп'ютерної підтримки етапів життєвого циклу виробів.