

ББК 0 561.5 - 021.8 + 49(44+P)305.851.513 - 85-078

УДК 621.37

В.В. Зубарев

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ БОРТОВОЇ РАДІОАПАРАТУРИ

Розглянуто проблему підвищення надійності бортової апаратури.

За весь період інтенсивного розвитку промисловості нашої держави проблеми якості і надійності займали важливе місце у науковій та господарській діяльності фахівців науково-дослідних установ, організацій і підприємств. Великого значення набувало це питання, коли йшлося про створення і виробництво космічних апаратів, літаків, поїздів, автомобілів, різних видів і призначення вузлів, блоків, комплектуючих виробів до них, які забезпечували надійну роботу готових виробів і безпеку людей.

Проблемам підвищення якості і надійності бортової апаратури відводилося особливе місце у роботі спеціалізованих науково-дослідних установ, конструкторських бюро, підприємств і організацій, які займалися розробкою і виробництвом космічних апаратів і літаків. В 60-80-х роках ХХ століття у різних галузях промисловості впроваджувалися державні та галузеві стандарти направлені на підвищення надійності роботи радіоелектронної апаратури, блоків, вузлів, комплектуючих виробів та якості матеріалів, енергоносіїв, хімікатів. Галузеві стандарти передбачали підвищені вимоги до виконання технологічних процесів, випробувань та технічних параметрів готових виробів. Ще більш жорсткими були вимоги до виробів, які застосовувалися при виготовленні бортової апаратури.

З урахуванням специфіки технології і виробничої діяльності на підприємствах розроблялися і впроваджувалися системи керування якістю продукції, що забезпечувало залежність майже всіх робітників та службовців від дотримання виконання технологічних процесів, операцій, якості і надійності готових виробів.

Одночасно, конверсійні процеси, що відбуваються в економіці України за останні роки, призвели до зменшення загальних обсягів промислового виробництва та наукових досліджень. До галузей, які зазнали найбільших спадів виробництва, відносяться наукоємні галузі із складними технологічними процесами і енергетичним забезпеченням. В першу чергу, це приладобудування і радіоелектроніка. Високий рівень спеціалізації виробництва не дозволив їм у короткі терміни перейти на випуск конкурентоспроможної продукції цивільного призначення, частка якої становила лише 5-10 %.

Рівень конструювання, стан технологій, організація робіт у галузях, що займалися спеціальною технікою, були завжди на порядок вищими. Разом з тим, саме ці галузі зазнали найбільших втрат у процесі конверсії за умов значного

скорочення замовлень, спаду обсягів виробництва, застою у розвитку конструювання, відтоку кваліфікованих фахівців. Науково-дослідні і технологічні інститути, конструкторські бюро борються сьогодні за збереження своїх колективів всіма дозволеними засобами. Частина з них практично не займається основною тематикою, а виживають за рахунок старих нарбок та аренди основних фондів. Таким чином, недостатньо сьогодні приділяється уваги розробкам нових виробів, пошуку прогресивних технічних і технологічних рішень.

Така ж ситуація склалася практично у всіх пострадянських республіках, продукція яких, за рідким винятком, не має збуту не лише на світовому, а і на внутрішніх ринках. За оцінками фахівців, лише від 10 % до 20 % продукції вітчизняного приладобудування можуть конкурувати на сучасному ринку техніки. У зв'язку з цим виникає питання: що ж треба робити, який необхідно вибрати шлях для подальшого розвитку і руху вперед нашої науці і виробництву.

На думку авторів, сьогодні потрібно зробити прорив в одному або кількох науково-виробничих напрямках, де швидко можливо досягти значного позитивного результату.

Одним із таких напрямків може бути авіабудування. Україна змогла зберегти пріоритети в цій галузі, більш того, має добрі перспективи розвитку.

Особливу увагу, при цьому, необхідно приділити розвитку бортового приладобудування, виробництву радіоелектронних та навігаційних систем керування і зв'язку. Для збереження економічної і політичної безпеки держави зазначена апаратура, в основному, має бути вітчизняною. У зв'язку з цим, перед нами стоять завдання розробки і виготовлення якісних і високонадійних приладів і систем.

Завдання підвищення якості і надійності продукції, на думку фахівців передових компаній світу, більш важливе, ніж зменшення собівартості виробництва. Високоякісна продукція приносить прибутку на 20-30 % більше, ніж продукція низької якості, а її конкурентоспроможність може бути забезпечена лише на основі підвищення якості та надійності.

Забезпечення надійності є однією з найбільш гострих і складних проблем у сучасній техніці. Особливо, якщо це відноситься до бортової апаратури, складного приладобудування та радіоелектроніки. Діючі до цього часу методи і засоби контролю надійності, в тому числі передбачені стандартами, не повністю забезпечували необхідну безвідмовну роботу апаратури в реальних умовах експлуатації. В зв'язку з цим, за останній час вже розроблені і почали впроваджуватись нові підходи, що опираються на результати досліджень фізики деградацій і відмов, на принципово новій ідеології забезпечення надійності. Насамперед, вона включає принципові зміни вимог до розробників та виготовлювачів апаратури, в основі якого є направлене керування процесами проектування і виробництва.

Така ідеологія передбачає тісні взаємодії розробників і виробників електронних компонентів з розробниками і виробниками апаратури по відпрацюванню найбільшої надійності функціонування компонентів у складі апаратури, а також проведення випробовувань функціональних вузлів в умовах, що враховують фізику їх відмов у відповідності до реальних і граничних умов експлуатації, в яких виникають відмови. Такими умовами є високотемпературні випробування, термоциклювання, робота у жорстких температурно-вологіх умовах, при дрижанні, ударах, електромагнітних випромінюваннях та ін.

Основною вимогою при новому підході є забезпечення "правильного" конструювання й "бездефектного" виготовлення апаратури.

Складність цієї проблеми полягає у необхідності достовірного з'ясування причин, наслідків і зв'язку у розвитку фізико-хімічних процесів деградацій і відмов у структурах, елементах, блоках та системах. При цьому повинні враховуватися всі можливі особливості проектування, виготовлення, зберігання і експлуатації як систем, так і окремих елементів. Особливу увагу необхідно приділяти всій гамі умов і факторів, які об'єктивно і суб'єктивно впливають на виробу за весь період їх життєвого циклу.

Прикладом нового підходу до вирішення проблем якості та надійності є робота по створенню бортового обладнання для літаків Ан-140 та Ан-70, що виконує НТК "Електронприбор". Серед них це: бортове обладнання реєстрації, паливно-вимірювальна система, блок керування і контролю силовими установками, ряд індикаторів, цифрових приладів та інше.

При створенні апаратури широко використовується накопичений досвід її випробування на діагностичних та моделюючих стендах. Проводиться велика кількість лабораторних досліджень на вплив кліматичних і механічних чинників у заводських умовах. При цьому, впроваджуються методи еквівалентно-циклічних випробувань, що дозволяє різко скоротити загальний час випробувань бортового обладнання і отримати з високою достовірністю кількісні показники надійності.

Такий підхід до проектування і виробництва дозволяє гарантувати великий технічний ресурс його роботи та забезпечує безвідмовну роботу літака протягом всього терміну експлуатації.

Досягнуті результати наглядно можна продемонструвати на прикладі створення блоку керування і контролю силовими установками БКК-140М, що забезпечує взаємодію електронних цифрових систем керування і контролю двигунами з органами керування і індикаторами, вмонтованими у кабіні літака Ан-140. Розроблений і виготовлений блок управління і контролю силовими установками БКК-140М, має відповідати жорстким вимогам по надійності: середня наробка на відмову у повітрі - не менше 75000 год; середня наробка на відмову - не менше 150000 год; середня наробка на відмову при пошкодженні 7500 год.

Для забезпечення таких високих вимог по надійності функціонування блок БКК-140М був побудований за двоканальною схемою із взаємними зв'язками та застосуванням засобів контролю кожного каналу.

В процесі розробки виконано моделювання окремих каналів і блока в цілому. Проводився аналіз сучасної елементної бази. Визначені рівні програмно-апаратних засобів вмонтованого контролю. При виготовленні здійснювався контроль елементів, комплектуючих виробів, вузлів, а також електротермотренування блока. Аналогічні роботи проводяться при створенні і виготовленні всіх систем і блоків бортової радіоапаратури, що дає змогу забезпечити їх високу якість і надійність у роботі.

Другим, не менш важливим завданням, при створенні апаратури є підвищення якості і надійності комплектуючих виробів, що складають її основу. Вирішення даної проблеми знаходиться на межі багатьох наук: фізики твердого тіла, хімії, фізичної хімії, математики, матеріалознавства, схемотехніки, системотехніки і навіть біології. Фахівці такого обсяга знань і досвіду виховуються протягом десятиріччя наплегливої науково-дослідницької роботи.

Загально визнаним є і те, що підвищення показників якості і надійності вітчизняної продукції стримується низькою ефективністю так званої підсистеми аналізу відмов і недостатньо керованою технологією, що призводить до високої кількості прихованих дефектів у виробках. Навіть при добре налагодженій підсистемі аналізу відмов забезпечити ефективне надійно-орієнтоване керування технологією виробництва у реальному часі і в широких масштабах поки не удавалося. Основна причина цього - несвоєчасний аналіз результатів. Подолати це протиріччя можливо за допомогою використання так званої "вирівнюючої технології", яка передбачає допустиму частку односторонніх відхилень від виходу годних на всіх технологічних операціях, а при виході годних, менше допустимого – введення додаткових випробувань, наприклад, додаткового електротермотренування.

Необхідно зазначити, що ідея використання випробувань на виявлення дефектів та усунення браку, як інструменту керування якістю досить ефективна і на сьогодні є загально визнаним елементом технології виробництва практично всіх видів комплектуючих виробів і спеціальної апаратури. Мета тренувальних прогонів - стимуляція процесів деградації і відмов виробів із прихованими дефектами. Разом з тим, ефективність тренувальних прогонів буває досить низькою з причини помилок при визначенні режимів і умов їх проведення. Обумовлено це тим, що вони обмежені нормативно-технічною або технологічною документацією і рідко корегуються через незнання фізичних механізмів деградації і відмов. Режими і умови проведення тренувальних прогонів повинні встановлюватися оперативним чином, в залежності від поточних значень параметрів і рівня дефектності з використанням вже накопиченої інформації про причини та механізми відмов, про типові недоліки проектування та виготовлення, а також про методи виявлення і усунення характерних прихованих дефектів. Така інформація може бути отримана лише з узагальнених даних аналізу браку і відмов на всіх технологічних операціях та аналізу рекламаций від споживачів.

Технологічні тренувальні прогони повинні бути важливим елементом системи надійно-орієнтованого керування процесом виробництва, так як вони представляють, по-перше, найбільш управляючу технологічну операцію, по-друге, це економічно найбільш ефективний метод виявлення прихованих дефектів і, по-третє, це практично остання операція процесу виробництва.

Другим видом випробувань на виявлення дефектів та усунення браку є діагностичний контроль, який дозволяє виявити приховані дефекти виробів на ранніх етапах виробництва на основі аналізу так званих інформативних параметрів. Особливістю діагностичного контролю є його індивідуальний характер, обумовлений необхідністю контролю кожного виробу або елемента і орієнтацією на визначений вид дефекту. Ці особливості, а також відсутність методів і засобів діагностики для окремих видів дефектів та велика трудомісткість, не завжди дозволяють ефективно їх використовувати. Рішення про введення у технологічний процес будь-якого діагностичного випробування на виявлення дефектів та усунення браку може і повинно прийматися на основі результату аналізу поточних значень рівня та характеру дефектності виробів, оцінки технічної і економічної необхідності і, головне, використанням накопиченої інформації по виявленню конкретних типів дефектів. Для цього необхідно володіти досить великою за обсягом відповідною базою даних.

Виникає питання, чи можна сьогодні впровадити високоефективне надійно-орієнтоване керування процесом виробництва? У кожному виді технології є своя номенклатура дефектів, тому кожний тип комплектуючих виробів, матеріалів

так як і технологічна операція, характеризується визначеною, що дуже важливо, обмеженою номенклатурою можливих дефектів. При цьому, в одній партії виробів або на одній з виробничих ділянок переважають лише деякі типові дефекти. Зміни у рівні і характері дефектності, як показує досвід, мають місце лише при зміні партій комплектуючих виробів, матеріалів і хімікатів, відхиленні режимів окремих операцій технологічного процесу або при заміні кваліфікації обслуговуючого персоналу. Таким чином, у відносно довгий термін, характер і рівень дефектності виробів залишається практично без змін. Це дозволяє оцінити необхідність введення у технологічний процес окремих операцій по виявленню дефектів та усунення браку на основі сучасних методів діагностики.

При вже відомих видах дефектів і механізмах відмов нескладно визначити механізми, стимулюючі процеси деградації і відмов дефектних виробів при технологічних тренувальних прогонах, забезпечивши неруйнівний характер випробувань для бездефектних виробів. При цьому, одні й ті ж види впливу достатньо ефективно виявляють різні види дефектів. До високоефективних видів впливу відносяться, у першу чергу, термоциклювання, вібрація разом з електричною навантажкою, утримання при високій температурі та ін.

Найбільш складним завданням є визначення оптимального терміну тренувальних прогонів. Основою його визначення мають бути результати аналізу відмов з використанням відповідних моделей. На сьогодні розроблено цілий ряд фізичних, фізико-статистичних моделей, що пов'язані з конкретними механізмами деградації та відмов і в цілому забезпечують реальний опис процесів.

Таким чином, вирішення завдання по визначенню методів діагностичного контролю і оптимізації режимів і умов тренувальних прогонів конкретних виробів можливе лише за допомогою експертної системи. Така система вміщує відповідні бази даних з характерними дефектами, за механізмами і моделями деградації та відмов, за методами і засобами їх виявлення і попередження. Основи такої експертної системи створені і випробувані в Інституті проблем критичних технологій і надійності радіоелектроніки (м. Одеса).

Необхідно підкреслити, що сьогодні дуже важливо сконцентрувати зусилля науковців, фахівців Національної академії наук України, галузевих науково-дослідних установ, підприємств і організацій на проблемі підвищення надійності радіоелектроніки і, в першу чергу, бортових систем та приладів. При труднощах, які ми маємо зараз, проблему необхідно вирішувати централізовано, сконцентрувавши основні зусилля і фінансові можливості у одній організації, доручити їй очолити і координувати всі роботи цього напрямку. Доцільно також забезпечити її науковим і випробувальним обладнанням, що не використовується на інших підприємствах і організаціях, залучати фахівців для проведення випробувань, аналізу причин відмов і браку, розпочати дослідні роботи по вузловим і пріоритетним видам техніки з подальшим поширенням досвіду, розроблених методів, методик на всіх підприємствах радіоелектронної та авіабудівної галузей.

Ефект від впровадження таких заходів, на думку автора, не викликає сумнівів, оскільки передові фірми витрачають на завдання підвищення якості і надійності своєї продукції від 10 % до 30 % власних коштів.