

УДК 656.073.05

Р.В. Клубук, В.В. Пташенчук

Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ФОРСОВАНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА НАДІЙНІСТЬ

В статті проведено аналіз форсованих випробувань виробів, розглянуті переваги та особливості проведення пришвидшених випробувань на надійність.

Науково-технічний прогрес, що забезпечує умови створення досконалої техніки, висуває як одну з головних проблем сучасності – проблему забезпечення високої якості й надійності продукції. Складність сучасної обчислювальної техніки та інших електронних систем керування, важливість розв'язуваних ними задач змушують пред'являти до їх надійності дуже високі вимоги.

Аналіз стану існуючих технологій дослідження надійності неодноразово проведений за останні роки як вітчизняними, так і закордонними фахівцями показав, що в процесі накопичення достовірних даних стали виявлятися значні розбіжності результатів прогнозу надійності з результатами підконтрольної експлуатації найрізноманітніших об'єктів досліджень. Підтвердженням тому є ряд техногенних катастроф і важких аварій, що сталися за останні 50 років на землі в хімічній і космічній галузях промисловості, атомній енергетиці та інших.

Більшість методів дослідження надійності елементів і систем, припускає використання для кількісної оцінки надійності тільки статистичної інформації про відмови. Однак, в умовах гострого дефіциту часу та обмеженості статистики відмов традиційні строго ймовірнісні методи або зовсім не працюють, або призводять до наближених

оцінок, що можуть бути використані лише для порівняльного аналізу варіантів виконання.

Тому, для оцінки надійності високонадійних виробів потрібна розробка комплексу спеціальних пришвидшених методів оцінки і прогнозування надійності, які дозволяють отримати більш достовірні кількісні характеристики надійності за мінімальний час і на малій кількості зразків, що випробовуються.

Поява перших робіт в області пришвидшеної оцінки надійності збігається з початком масового виробництва. Серед них необхідно відмітити в першу чергу роботи М.А. Майнера (Miner M.A., 1945 р.) і М.М. Седякіна (1966 р.), у яких уперше були сформульовані гіпотези, які пізніше були названі „гіпотезою лінійного підсумовування пошкоджень Майнера” і „основним принципом надійності Седякіна”. Роботи цих авторів зіграли велику роль при розробці методів пришвидшеної оцінки надійності.

Створенню непараметричних (чисто статистичних) методів оцінки надійності за результатами пришвидшених випробувань присвячені роботи Х.Б. Кордонського, Г.Д. Карташова, А.І. Перроте, Л.Я. Пешес, М.Д. Степанової, К.М. Цветаєва, які розробили методи рівних ймовірностей, ступінчастих навантажень та лінійного підсумовування. Закордоном найбільший розвиток отримали параметричні методи, що засновані на використанні різноманітних моделей відмов (строго ймовірнісних розподілів), таких як експоненційний і логарифмічно-нормальний розподіли, розподіл Вейбулла сумісно з рівнянням Арреніуса. Цьому напрямку присвячено роботи R. Evans, D.S. Peck, K.X. Zirdt, G. Hahn, W. Nelson, N. Singpurwalla та інших.

Прискорення експлуатаційних випробувань досягається шляхом: підвищення коефіцієнта використання зміни; скорочення цілодобових простоїв; збільшення

завантаження протягом доби; проведення випробувань в різних кліматичних зонах у міру зміни пори року.

Форсовані випробування відносяться до пришвидшених випробувань – заснованих на інтенсифікації процесів, які викликають відмови при пошкодженні. Форсовані випробування характеризуються числом (коефіцієнтом) пришвидшення, яке показує, в скільки разів тривалість пришвидшених випробувань менше тривалості досліджень, проведених в визначених умовах та режимах експлуатації.

Важливе місце при проведенні форсованих випробувань на надійність є вибір зовнішніх впливових чинників, які викликають або можуть викликати обмеження чи втрату роботоздатності виробу або його складових частин в процесі експлуатації. Вибір конкретних чинників, при дії яких повинні проводитися випробування, визначається метою і завданнями випробувань і ґрунтується на даних про передбачувані умови експлуатації випробовуваного виробу.

При організації пришвидшених випробувань виробів і їх елементів необхідно:

- виявити всі чинники зовнішніх впливів на процеси зниження роботоздатності в умовах експлуатації виробів;
- встановити для виробу в цілому і його лімітуючих елементів критерії відмов і граничних станів;
- виходячи з критеріїв і фізики відмов виявити чинники, які мають найбільший вплив на роботоздатність виробу і його окремих елементів;
- з числа розглянутих чинників вибрати один або декілька форсованих факторів.

Вибір форсованих факторів, як правило, визначається:

- фізичною картиною втрати виробом роботоздатності;

- ефективністю форсування того або іншого фактора зовнішніх дій в розумінні скорочення тривалості випробувань;

- технічними можливостями (або труднощами) варіювання рівня чинника на стенді;

- вибраним принципом прискорених випробувань.

За наявності принципової і технічної можливості форсування того або іншого чинника зовнішніх дій в обов'язковому порядку має бути оцінена допустима межа його форсування. Прямими або непрямыми критеріями для визначення допустимої верхньої межі форсування того або іншого фактора зовнішніх дій можуть служити:

- різке підвищення температури в зоні тертя;
- збільшення моменту тертя;
- виникнення заклинювань,
- втрата стійкості металоконструкції;

Обмеженням при розробці методів форсованих випробувань складних виробів служить різна реакція елементів на зміну входної дії. Необхідно вирішити дві проблеми: а) при одному вигляді руйнування елементів - забезпечення «синхронності» (як в експлуатації) втрати працездатності; б) при різних видах руйнувань елементів – забезпечити сполучення відповідних принципів пришвидшених випробувань. Перша проблема виникає внаслідок різних значень коефіцієнтів прискорення для різних видів елементів, що призводить до порушення принципу автоточності. В цьому випадку говорять, що режим володіє властивістю «вибірковості», що призводить при форсуванні до зміни відносної довговічності окремих елементів виробу, до можливої зміни причин і характеру відмови виробу. Прикладом виникнення другої проблеми може служити виріб, що складається з двох елементів, один з яких руйнується від зношення, а інший - від втоми. Оскільки зовнішня дія в цих елементів, що входять в один

виріб, однакова, то поєднати два вказані принципи випробувань неможливо. Отже, основним завданням при розробці методів форсованих випробувань складних виробів є оптимізація режимів випробувань по критеріях сумісності принципів прискорених випробувань і автотельності процесів руйнування. Коефіцієнт прискорення випробувань складних виробів значно нижчий, ніж при поелементних (автономних) випробуваннях. Так, наприклад, при пришвидшених випробуваннях повнокомплектних тракторів досягається прискорення в 2,5 - 3 рази, тоді як при стендових випробуваннях тракторних рам коефіцієнт прискорення досягає в окремих випадках 400.

Розробка методів форсованих випробувань повинна починатися з вивчення структури виробів з точки зору характеристик взаємозв'язку його елементів, а також характеру зовнішніх дій. Вироби по структурі можна розділити на 3 групи:

- А - прості, з одним виглядом руйнування елементів і з аналогічною дією на них навантаження;
- В - складні, із слабким зв'язком між елементами;
- С - складні, з сильним зв'язком між елементами.

Всі три групи виробів вимагають різного підходу при розробці методів прискорених випробувань. Найбільша складність проведення прискорених випробувань виникає для виробів групи С. Тут можуть бути декілька випадків:

- С1 - є можливість підбору режиму, оптимального для досліджуваних елементів, при цьому різницю в коефіцієнтах прискорення не враховують;
- С2 - є можливість вибірково впливати на деякі елементи для забезпечення періодичної компенсації порушення автотельності руйнувань шляхом вживання спеціальних режимів;

- С3 - є можливість заміни елементів для забезпечення автономності;
- С4 - відсутня можливість проведення форсованих випробувань.

Схема випробувань для виробів групи С1 заснована на деякому підвищенні рівня дії навантаження на виробу. Проте забезпечити рівність коефіцієнтів прискорення в такий спосіб не завжди вдається. Для виробів групи С2 виробляється періодичне вирівнювання еквівалентного напруцювання елементів.

Співвідношення між тривалістю випробувань на форсованому режимі для двох елементів визначається виразом (1):

$$\frac{t_{\phi 1}}{t_{\phi 2}} = \frac{K_{y1} - 1}{K_{y2} - 2} \quad (1)$$

де $t_{\phi 1}$, $t_{\phi 2}$ - тривалість випробувань на форсованому режимі першого і другого елементу; K_{y1} , K_{y2} - коефіцієнти пришвидшення для першого і другого елементу.

Аналогічно проводиться вибір тривалості форсованого режиму і для виробів з великою кількістю елементів. Прикладом таких випробувань можуть служити випробування виробів, де режим одного з елементів форсується підвищенням вмісту абразиву в робочому середовищі.

Спосіб випробування виробів групи С3 полягає в тому, що періодично деякі елементи виробів замінюються іншими елементами, що мають попереднє еквівалентне напруцювання, рівне напруцюванню елементів з великими коефіцієнтами прискорення. Цей спосіб гірший описаних, оскільки розбирання виробу для заміни елементів, як правило, порушує схему контакту і динаміку взаємодії елементів. Вироби групи С4 характеризуються тим, що жоден з перерахованих способів для них не застосовний, і

такі вироби слід випробовувати при номінальних режимах навантаження без будь-якого їх форсування.

Отже, застосування форсованих випробувань із врахуванням їх особливостей дасть змогу проводити прогнозування надійності виробів з високою ймовірністю за мінімальний час при малій кількості дослідних зразків.

Література:

1. Надійність в техніці. Комплексні випробування виробів машинобудування на надійність. Загальні положення. М.: Машинобудування. – 1998.
2. Болотін В.В. Ресурс машин і конструкцій. – М.: Машинобудування. 1990. – 448 С.