УДК 389.14

Ю.А. Лук'янчук, к.т.н., **О.А. Лукашук, К.П. Сонсядло**
Луцький національний технічний університет

ПРО ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ЇХ ПРАКТИЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В статті розглянуто питання випробування приладів в умовах їх експлуатації, наведено методи і засоби для проведення випробувань, описано процес проведення випробувань та вказано чинники, які мають найбільший вплив на роботоздатність приладу.

Ключові слова: *роботоздатність, надійність, впливні величини, кліматичні умови.*

В статье рассмотрены вопросы испытания приборов в условиях их эксплуатации, приведены методы и средства для проведения испытаний, описан процесс проведения испытаний и указано факторы, которые оказывают наибольшее влияние на работоспособность прибора.

Ключевые слова: *работоспособность, надежность, влияние величины, климатические условия.*

In the article the question of testing instruments in operating conditions, are methods and tools for testing, describes the testing and indicated the factors that have the greatest impact on the serviceability of the device.

Keywords: *workability, reliability, impact the value of climatic conditions.*

Кліматичні параметри є частиною умов навколишнього середовища, що впливають на технічні вироби. Відомий вплив навколишнього середовища на роботоздатність, надійність і термін служби технічних виробів. Цей вплив особливо позначається на радіоелектронній апаратурі. Багато видів радіоелектронної апаратури та вимірювальних приладів розробляються і конструюються з урахуванням їх використання в точно заданих умовах впливу навколишнього середовища. Навіть невеликі відхилення від цих заданих умов навколишнього середовища можуть мати вирішальний вплив на роботоздатність пристрою. Радіоелектронна апаратура містить деякі елементи точної механіки. Такі прилади не тільки в електричному, але і в механічному відношенні дуже чутливі на зміни умов навколишнього середовища.

Впровадження електронних приладів в різні сфери людської діяльності значною мірою сприяє успішній розробці складних науково-технічних проблем, підвищенню продуктивності фізичної і розумової праці, покращенню економічних показників виробництва. На основі досягнень електроніки розвивається промисловість, що випускає електронну апаратуру для різних видів зв'язку, автоматики, телебачення, радіолокації, обчислювальної техніки, систем управління технологічними процесами, приладобудування, а також апаратуру світлотехніки, інфрачервоної техніки, рентгенотехніки та ін.

В сучасних економічних умовах виробники електронної техніки намагаються створювати свою продукцію на підприємствах із дешевою робочою силою, а саме в країнах, де не проводять випробування техніки в різних кліматичних умовах. Тому питання випробування приладів в у мовах їх практичної експлуатації є актуальним.

У всьому світі вивчають вплив клімату на технічні вироби. Насамперед для цього потрібно точно встановити, яким кліматичним впливам можуть піддаватися вироби радіоелектронної апаратури. З цією метою розробляють відповідну класифікацію і на її основі створюють умови випробувань технічних виробів, щоб дати споживачеві гарантію. Досі в ряді країн не встановлено умови кліматичних випробувань апаратури. Більше того, часто споживачеві повідомляють тільки, які випробування пройшов виріб, і надають споживачеві самому встановити, чи витримав такий виріб задані випробування, чи задовольнить він вимогам споживача чи ні.

Іноді споживач у своїх вимогах передбачає надмірно велику надійність і тим самим змушує виробника передбачати заходи, які впливають на експлуатаційні параметри виробу. Різноманітність кліматичних умов на Землі створює труднощі для систематичного визначення та фіксування особливостей клімату. Ця проблема спрощується лише тим, що в природі є обмежена кількість комбінацій кліматичних умов, що представляють технічний інтерес.

Різноманітності кліматичних умов протиставляється обмеженість технічних можливостей при виробництві апаратури. Щоб виготовляти доступну за ціною радіоелектронну апаратуру, необхідно в її конструкції передбачити широке застосування стандартних елементів, блоків і вузлів. З іншого боку, економічний підхід вимагає обмежити число технологічних процесів. Можливості технічних випробувань апаратури щодо обмеження, якщо враховувати при цьому питання економіки. Класифікація кліматів Землі для технічних цілей зведена в кінцевому підсумку до проблеми оптимізації.

Вплив природного клімату та навколишнього середовища на електронні прилади проявляється різними формами і комбінаціями. Вплив температури, піску, пилу, вологості і т.д. майже ніколи не виникає окремо, як це має місце при кліматичних випробуваннях. Зміни параметрів в природніх умовах коливаються як за інтенсивністю, так і в залежності від часу. Різні послідовності цих коливань додатково ускладнюють природний процес. Штучне відтворення таких різноманітних комбінацій можливе з достатнім наближенням тільки тоді, коли враховуються лише технічно важливі параметри. Природний клімат сучасними технічними засобами практично невідтворюваний. Визначення стійкості до впливів природного клімату може бути виконано тільки в природніх умовах. Таким чином, необхідно порівняти результати природніх випробувань і штучних впливів, щоб зробити висновки про виявлені відхилення. Крім того, природні випробування мають ще й інше значення. Методи штучних лабораторних випробувань є переважно довільно вибраними. Тому необхідно експериментально визначити кореляційні поправки до природних впливів. Розробка таких кореляційних коефіцієнтів - важливе завдання природніх випробувань. Таким чином, метою природніх випробувань в кінцевому підсумку є накопичення результатів дослідів, що характеризують поведінку виробів у певних кліматичних районах. Тільки такі досліди і їх порівняння з дослідами при штучних лабораторних випробуваннях дають можливість зробити надійну оцінку кліматичної придатності виробів.

Завданням природніх випробувань є також визначення стійкості виробів при тривалому зберіганні на складі. Режим роботи електронних приладів створює певний захист від кліматичних впливів. Це залежить, з одного боку, від ретельності догляду за приладом під час експлуатації, а з іншого - від його нагрівання при роботі. Нагрівання приладу у вологому навколишньому середовищі діє сприятливо. Тому важливо, крім перевірки приладу в роботі, випробувати його при зберіганні в природніх умовах, щоб зробити висновок про його поведінку при більш тривалому зберіганні, як це часто буває у експортованих приладах. Природні випробування займають багато часу. Оскільки очікуваний термін служби електронних приладів, з одного боку, оцінюється в кілька років, а з іншого - характерні кліматичні періоди в природі повторюються тільки щорічно, то випробування можуть тривати кілька років. Тривалість випробувань повинна відповідати запланованому терміну служби, щоб можна було достовірно судити про кліматичну стійкість. Щоб скоротити терміни випробувань, потрібно зменшити тривалість витримки на практиці від 1 до 3 років.

Терміни вимірювань і спостережень потрібно вибирати з великою ретельністю. При необхідності виявити зворотні властивості (наприклад, питомий об'ємний опір ізоляційних матеріалів), щоб визначити отримані в природніх умовах мінімальні значення, потрібно терміни вимірювань проводити в такі кліматичні періоди, в які ці зворотні властивості досягають своїх кінцевих значень; це найчастіше вологі і теплі періоди. Типовим прикладом незворотної зміни є корозія. Відповідно до зміни корозії в часі терміни вимірювань та їх розшифрування, в перший час витримки вибирають більш короткими, а потім - через великі проміжки часу.

Результати випробувань декількох місць проведення можуть порівнюватися тільки тоді, коли застосовуються прилади та методи випробувань, а також попередня обробка випробовуваних об'єктів подібні. Особливо сумнівні результати суб'єктивних методів, коли вони в різних місцях проведення визначаються різними працівниками. Фотографування є, найкращим вирішення цього питання, якщо зміни властивостей, такі, як корозія, видимі. Однак тут також необхідний ретельний підбір матеріалу плівки, оптики, світла та інших фототехнічних умов. Зразки для випробування захисту поверхні часто розташовують в умовах відкритої атмосфери. Для однаковості форм випробовуваних приладів їх варто розташовувати перпендикулярно променям сонця. Кут до перпендикуляру повинен бути спрямований по географічній широті. Оскільки, інтенсивність випромінювання зимового сонця значно менше, то практично оптимум виходить при трохи менших кутах. Найсприятливіший кут витримки визначається з рівняння:

$$\alpha=15+1/3\delta$$

де α - кут між горизонтальною площиною і поверхнею зразка; δ - географічна широта місця витримки.

Коефіцієнт 15 в рівнянні є мінімальним значенням кута витримки α.

При виборі відповідних місць для проведення випробувань в природних умовах варто керуватись наступними рекомендаціями:

1. Клімат повинен бути характерним для кліматичного району, що підлягає дослідженню.

2. Повинні здійснюватися можливі умови експлуатації (категорії) усередині приміщення, під навісом та у вільній атмосфері.

3. Впливу спеціальних кліматичних факторів (промислова атмосфера, морський клімат і т.д.) повинні забезпечуватися з урахуванням напряму вітру.

4. Наявність поблизу місць метеорологічних спостережень - найкраще і економічне вирішення проблеми постійного визначення та реєстрації найважливіших кліматичних даних.

Облаштування місць випробувань в природніх умовах залежить від об'єктів, що підлягають випробуванню. Коли найважливіші параметри повинні бути виміряні на місці, витрати бувають суттєві, оскільки потрібні принаймні тимчасові лабораторні приміщення і прилади. З іншого боку, визначення зворотніх змін властивостей надійно здійснюється вимірюваннями, на місці випробувань.

Випробування ізоляційних матеріалів вимагає великих витрат на вимірювальні пристрої, ніж контроль роботоздатності приладів.

Оскільки результати вимірювань при важких кліматичних умовах мають великі похибки і відтворюваність їх ускладнена, результати таких випробувань варто оцінювати з великою ретельністю. Це зауваження справедливе для зворотніх змін. При визначенні кореляційних коефіцієнтів обмежуються окремими властивостями матеріалів або конструктивних деталей. Комплексний розгляд всіх приладів або установок показує, що із-за великого числа окремих явищ кореляцію отримати неможливо.

Коли в умовах експлуатації приладу можна очікувати, що виникнуть додаткові впливи, в програмі випробувань повинні бути зазначені додаткові випробування. Якщо в таких випадках немає обов’язкових правил випробувань, в програму випробувань варто включити, крім вказівок про попередню обробку, умовах закладки, подальшої обробки, послідовності випробувань і т.д., всі вимоги, які пред'являються для підтвердження придатності до роботи, стабільності допусків і збереження зовнішнього вигляду виробу за умови додаткових впливів.

Висновок про випробування на терміни служби, зберігання і транспортування важливі, але ще не достатньо, для того щоб зробити висновки про поведінку приладу у важких кліматичних умовах. Скрізь, де немає приміщень зі штучним кліматом, і природні кліматичні умови безпосередньо впливають на експлуатаційні параметри, необхідні випробування на їх стабільність. Тому при складанні програми випробувань з урахуванням економічних міркувань і наявності ємності камер потрібно встановити, в якій послідовності варто проводити випробування стабільності. Після випробування на стійкість до сухого тепла, вологого тепла або холоду або незалежно від них.

У програмі випробувань необхідно вказати вимірювання встановлених параметрів в нормальних кліматичних умовах перед встановленням приладу в кліматичну камеру. Під час впливу сухим теплом, вимірювання варто проводити при максимальній температурі для даного виду захисту та категорії. Допустиме відхилення рівне 5°С, а підтримувана відносна вологість повітря <65%. В технічних умовах на поставку повинні бути вказані допустимі відхилення параметрів.

При впливі вологим теплом вимірювання повинні проводитися також під час знаходження приладу в кліматичній камері, а саме при 35±5°С і відносній вологості повітря 80±3% або при 25±5°С і відносній вологості повітря 95±3%. Температура 35°С при відносній вологості 80% відповідає встановленим значенням виконання кліматичної захисту. Допустимі відхилення експлуатаційних параметрів вказані в технічних умовах на поставку виробу.

При випробуванні на стабільність експлуатаційних параметрів при холоді перевірку потрібно проводити при мінімальній температурі для даного виду і категорії кліматичної захисту при допустимому відхиленні +5°С, яке передбачено допусками на експлуатаційні параметри.

Якщо вимірювання в кінці кліматичних випробувань є остаточними, то після порівняння з початковими вимірюваннями варто вирішити стабільність цього випробування. У деяких стандартах ці обставини розглядаються занадто загально. У них дають приблизно таку рекомендацію: випробування є стабільним, якщо під час кліматичного впливу і після нього витримуються дані, встановлені для виробу. Для споживача такі твердження допустимі.

Напівфабрикати, елементи машин і конструктивні елементи приладів електроніки з економічних міркувань широко стандартизуються і виготовляються у відносно невеликому асортименті. Вплив клімату, при випробуваннях, постійно змінює властивості приладу. Абсолютна стійкість приладу на практиці не існує. Споживачі комплектуючих виробів, що монтуються в електронну апаратуру, можуть висувати різні вимоги. До постійності ємності конденсатора висувають різні вимоги залежно від того, чи служить він в якості шунта або ж є елементом, що визначає частоту приладу. Загальної оцінки кліматичної придатності таких елементів не існує. Вона залежить від галузі застосування.

$$A = A_{T_o} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_o)$$

де А - властивості при температурі Т; A_{T_o} - властивість при температурі T_o; α - температурний коефіцієнт.

Температурний коефіцієнт дорівнює

$$\alpha = \frac{dA}{dT} \cdot \frac{1}{A_{T_o}}$$

В основу покладена функція

$$A = f(T)$$

Властивість приладу є не тільки функцією температури, але і функцією вологості і часу. Звідси випливає:

$$A = f(T, p, t)$$

де p - парціальний тиск водяної пари; t - поточний час.

Вплив температури на очікувані зміни властивостей можна кількісно оцінити за допомогою температурних коефіцієнтів з рівняння.

Диференціювання дає:

$$d\square \quad \frac{\partial A}{\partial T} dT \square \frac{\partial A}{\partial p} dp + \frac{\partial A}{\partial t} dt$$

З рівняння випливає, що можна визначити не тільки температурний коефіцієнт, але і коефіцієнт вологості і коефіцієнт часу. Передбачається, що два, що залишилися невідомих визначаються однозначно.

При встановленні температурного коефіцієнта парціальний тиск водяної пари вважають постійним.

В якості другої умови вважають, що є повна температурна рівновага, тобто всі процеси вирівнювання температури закінчені. Тим самим встановлюється час

$$\frac{dA}{dT} = \frac{\partial A}{\partial T}$$

Аналогічно можна визначити коефіцієнт вологості, припустивши сталість температури і закінчення процесів вирівнювання вологості. Таким чином, коефіцієнт вологості визначається. Аналогічно можна визначити коефіцієнт часу для постійної температури і постійного парціального тиску водяної пари, поклавши в основу температуру 40°С і відносну вологість повітря 90-95%. За аналогією з температурним коефіцієнтом коефіцієнт вологості дорівнює:

$$\beta = \frac{dA}{dp} \cdot \frac{1}{A_{p_o}}$$

де β - коефіцієнт вологості; A_{Po} - корелятивне властивість.

Коефіцієнт часу

$$\gamma = \frac{dA}{dt} \cdot \frac{1}{A_{t_o}}$$

де γ - коефіцієнт часу; A_{to} - корелятивна властивість.

За цими трьома коефіцієнтами можна однозначно визначити властивості виробів в певному діапазоні температур, вологості і часу. Без коефіцієнта вологості ще можна обійтися, тоді як коефіцієнти температури і часу мають практичне значення. Правда, необхідно визначити кілька коефіцієнтів часу з кількома корелятивними властивостями у відповідності зі стандартним часом випробувань: 1) 0-4 доби; 2) 4-21 добу; 3) 21-56 діб.

Тоді отримаємо:

$$A_4 = A_0 \cdot (1 + 4\gamma_0);$$
$$A_{21} = A_4 \cdot (1 + 17\gamma_4);$$
$$A_{56} = A_{21} \cdot (1 + 35\gamma_{21}),$$

де A_n - властивість через n діб; γ_m - коефіцієнт часу для корелятивної властивості.

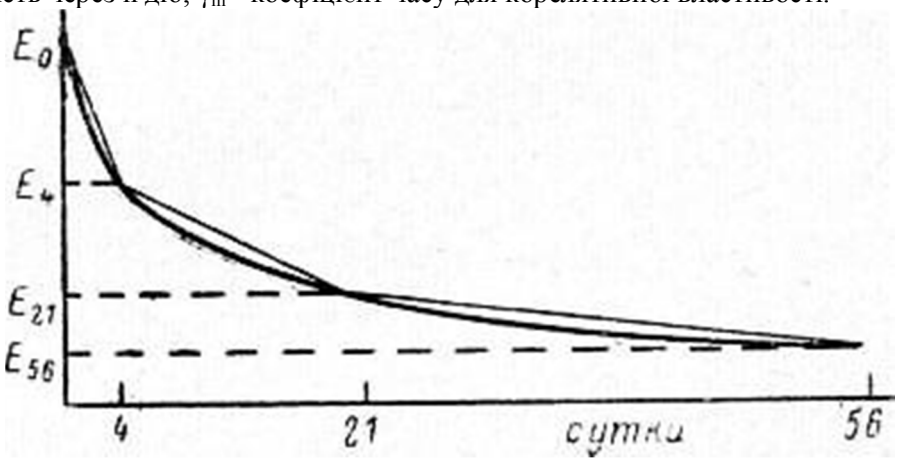

Рис. 1. Величина Е випробуваного об'єкта в залежності від часу випробування t при випробуванні на вологостійкість (постійний режим).

На рис. 1 різні величини властивостей між окремими проміжками часу з'єднані прямими. З рис. 1 видно, що, задавшись трьома коефіцієнтами часу, можна досить точно для технічних цілей описати зміни властивостей в залежності від часу при випробуванні вологим теплом у постійних кліматичних умовах. Задавшись рядом коефіцієнтів, можна досить добре кількісно оцінити властивості або їх зміни в певному діапазоні температур і часу.

Можна також встановити фіксовані значення для властивостей після випробування, щоб охарактеризувати поведінку випробуваного об'єкта.

Випробування приладів радіоелектронної апаратури в умовах їх безпосереднього використання є необхідністю в умовах сучасних ринкових відносин. Тому, потрібно і важливо проводити випробування приладів у місці виготовлення або на спеціальних установках. Це призведе до деякого подорожчання приладу, але збільшить термін його служби по місцю використання.

Інформаційні джерела:

1. Фарзане Н.Г., Илясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. - М.: Высшая школа, 1989.
2. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. - М.: Машиностроение, 1991.
3. Справочник конструктора точного. Под ред. К.Н. Явленского и др.- Л.: Машиностроение, 1989.

УДК 621.1

В.Т. Михалевич, к.т.н., **М.П. Давидюк**
Луцький національний технічний університет

РЕФРАКТОМЕТРІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕФРАКТОМЕТРІВ

Для аналізу хімічного складу та властивостей речовин часто застосовуються рефрактометри. Дія цих приладів ґрунтується на фізичних властивостях світлових променів, а їх конструктивну основу складають оптичні системи. Розглядаються схеми рефрактометрів, у яких використовуються два варіанти вимірювальних перетворень у оптичних системах – заломлення та відбитті світлових променів.

Ключові слова: *світловий промінь, оптична густина, заломлення, відбиття, оптична система, рефрактометр, аналіз*

Для анализа химического состава и свойств веществ часто применяются рефрактометры. Действие этих приборов основывается на физических свойствах световых лучей, а их конструктивную базу составляют оптические системы. Рассматриваются схемы рефрактометров, у которых используются два варианта измерительных преобразований у оптических системах – преломления и отражения световых лучей.

Ключевые слова: *световой луч, оптическая плотность, преломление, отражение, оптическая система, рефрактометр, анализ*

For the analysis of chemical composition and properties of substances commonly used refractometers. The operation of these devices is based on the physical properties of light rays and their constructive base consists of optical systems. Discusses schema refractometers, which used two ways of measuring changes in optical systems – refraction and reflection of light rays.

Keywords: *light beam, optical density, refraction, reflection, optics, refractometer, analysis*

У практиці проведення аналізу різного роду речовин широке застосування знаходять рефрактометри – прилади, дія яких ґрунтується на фізичних властивостях світлових променів. Рефракція – це фізичне явище, яке полягає у заломленні променів світла на межі розділу двох оптично прозорих середовищ з різною густиною, наприклад, повітря і води. Саме рефракція заставляє виглядати олівець зламаним, якщо його опустити у стакан з водою. Якщо олівець опускати у розчини цукру різної концентрації, то ступінь заломлення буде тим більшим, чим більша концентрація розчину, у який олівець опущений.

Допустимо, що промінь світла падає на межу розділу двох середовищ (рис.1) зі сторони речовини з більшою оптичною густиною ($n = n_2$).