

УДК 681.75

Голобородько М.Ю., к.т.н., с.н.с.;

Зотова І.Г.;

Левшенко О.С.;

Петрушен М.В.

Центр військово-стратегічних досліджень Національного університету оборони України
імені Івана Черняхівського

Загальні вимоги до видів, послідовності та умов проведення випробувань радіоелектронного обладнання

Общие требования к видам, последовательности и условиям проведения испытаний радиоэлектронного оборудования

General requirements for types, sequences and conditions of testing electronic equipment

Резюме. У статті проаналізовано необхідність проведення випробувань радіоелектронного обладнання і послідовності їх проведення. Зроблено аналіз видів випробувань.

Ключові слова: випробування, види випробувань, державні стандарти, галузеві стандарти України, радіоелектронне обладнання, модернізація обладнання, сертифікація.

Резюме. В статье проанализирована необходимость проведения испытаний радиоэлектронного оборудования и последовательность их проведения. Сделан анализ видов испытаний.

Ключевые слова: испытания, виды испытаний, государственные стандарты, отраслевые стандарты Украины, радиоэлектронное оборудование, модернизация оборудования, сертификация.

Resume. The article analyzes the need for testing of electronic equipment and the sequence of their implementation. Analysis of the types of tests.

Keywords: testing, types of testing, national standards, industry standards of Ukraine, electronic equipment, equipment modernization, certificaes.

Постановка проблеми. Відновлення системи військово-промислового комплексу України ставить багато завдань, які необхідно вирішити негайно. Одним із таких завдань є переосмислення та визначення порядку перевірки і випробувань продукції, що виробляється. При оцінці якості продукції (у тому числі і військового призначення) доцільно оцінювати не тільки функціональні та експлуатаційні характеристики, але і ступінь впливу навколишнього середовища, при якому виріб зберігає заявлені якісні характеристики.

Випробування проводяться на всіх етапах життєвого циклу продукту. Правильна організація випробувань дозволяє уникнути недостовірних результатів і запобігти випуску невідповідної продукції. Найважливішою частиною організації випробувань є грамотна розробка та затвердження методик проведення випробувань, що дозволяє одержувати результати з високою вірогідністю.

Щоб уникнути втрат, пов'язаних із випуском неякісних виробів, контроль якості продукції повинен бути невід'ємним етапом забезпечення якості. При цьому випробування електронної техніки необхідні не тільки при виробництві, але і при розробці та ремонті продукції.

Останніми роками в Україні спостерігався значний спад виробництва радіоелектронного обладнання оборонного призначення. Багато інженерів, військових інженерів втратили навички або не набули належного досвіду щодо експлуатації обладнання, проведення його випробувань, модернізації та ремонту.

Фахівець у галузі експлуатації радіоелектронного обладнання повинен чітко представляти основні напрями та перспективи розвитку радіоелектронної промисловості, знати методи проведення наукових досліджень й експериментів за фахом.

Таким чином, у інженерів у галузі радіоелектроніки, окрім наявності фахових ґрунтовних знань, необхідно сформувавши спектр дослідницьких умінь, який дозволить проводити та приймати участь у випробуваннях радіоелектронного обладнання для визначення його технічного стану, ресурсного терміну експлуатації, покращення функціональних характеристик тощо.

Метою статті є визначення системи випробувань у процесі експлуатації, модернізації та ремонту радіоелектронного обладнання.

Ступінь розробленості проблеми. Виробництво радіоелектронної продукції (у тому числі військового призначення) та проведення її випробувань, експлуатації, модернізації в Україні регламентується нормативною документацією [1-7].

Для перевірки надійності, безпеки та працездатності радіоелектронного обладнання передбачають ряд випробувань, які проводять на підприємствах виробника, а іноді і на місці його встановлення та в процесі експлуатації. Обсяг контролю обладнання (виробу) визначається програмою і методикою випробувань. Вимоги щодо проведення випробувань встановлюють державні, міждержавні стандарти та нормативні документи.

Аналіз документів [1-10] переконує, що у переважній більшості вони включають вимоги до випробувань, які проводять проектувальники, виробники, експлуатаційники і дослідники.

Так, державний стандарт [1] установлює терміни та визначення понять у галузі випробувань та контролю якості продукції. Він містить стандартизовані терміни, що обов'язкові для використання в документації усіх видів, науково-технічній, навчальній і довідковій літературі.

У міждержавному стандарті [2] наведені основні відомості з випробувань на вплив зовнішніх факторів і ступеня їх жорсткості. У цьому стандарті під «випробуваннями на дію зовнішніх факторів» мають на увазі природне або штучне навколишнє середовище, впливу якого можуть піддаватися зразки з метою оцінки їх робочих характеристик при експлуатації, транспортуванні та зберіганні, в умовах яких вони можуть опинитися на практиці. Також установлені уніфіковані і відтворювані методи випробувань на вплив зовнішніх факторів (кліматичних і механічних) з нормальними атмосферними умовами для вимірювань та випробувань, для розробників відповідної науково-технічної документації (НТД) та випробувачів.

Існує низка стандартів із випробувань, на основі яких розробляються методики проведення випробувань конкретних видів обладнання, нормативно-технічна документація на певний тип виробу. Але ці нормативні документи не визначають конкретні дослідницькі уміння, якими повинен володіти молодий інженер (військовий інженер) для проведення досліджень на електронному обладнанні за допомогою випробувань, його експлуатації, ремонту та модернізації.

Виклад основного матеріалу. За визначеннями [1] під випробуваннями у техніці та фізиці розуміється експериментальне визначення кількісних і (або) якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань за результатом впливу на нього під час моделювання чи функціонування.

Випробування є невід'ємною частиною процесів дослідження, проектування, виготовлення, обігу та експлуатації. Мета випробувань – перевірка якості матеріалів, деталей, елементів і складальних одиниць виробу; контроль точності, стійкості та надійності технологічного процесу; перевірка працездатності, збереження зовнішнього вигляду з урахуванням впливу факторів, що діють, і перевірка відповідності виробу стандартам або технічним умовам (ТУ). Види випробувань, їх обсяг, програма випробувань і зміст у першу чергу залежать від цілей випробувань і типу виробництва.

Існує ряд національних та міжнародних стандартів, що встановлюють правила і методи випробувань. Стандартні умови забезпечують ідентичність випробувань, необхідну точність вимірювань, порівнянність результатів і вибір засобів вимірювань [1-10].

Мета кожного випробування, як відомо, полягає в тому, щоб однозначно встановити певні властивості випробуваного електронного обладнання або їх групи.

Класифікаційне угруповання випробувань за певними ознаками є видом випробувань. Класифікація випробувань згідно державного стандарту ДСТУ 3021–95 надана на рис. 1.

Вид випробувань, що характеризується організаційною ознакою їх проведення та прийняттям рішень за результатами оцінки обладнання в цілому є категорією випробувань. На рисунку 1 представлені 9 категорій випробувань; кожна категорія характеризує випробування за певними ознаками їх проведення.

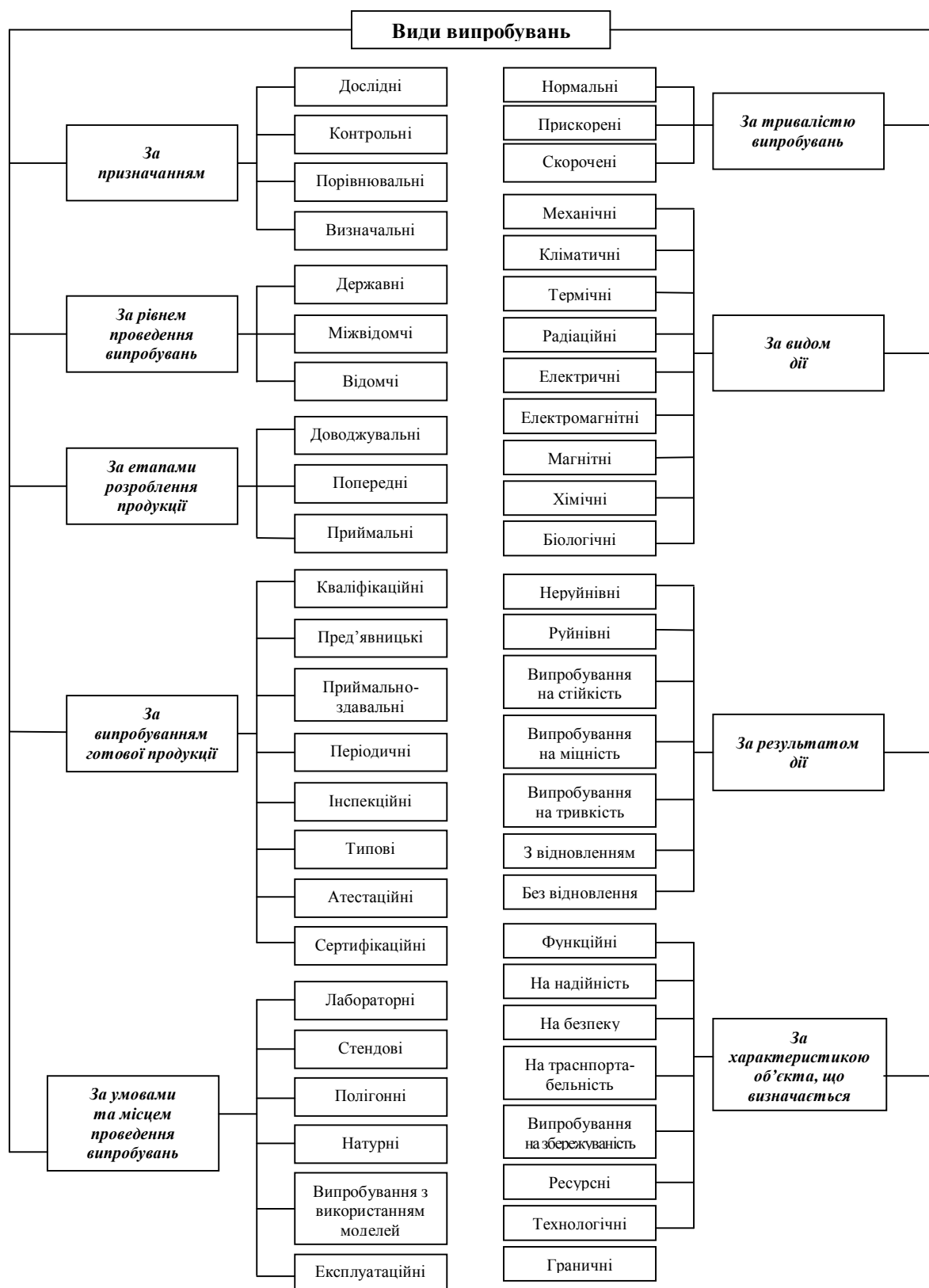


Рис. 1. Класифікація випробувань за основними ознаками

У «ДСТУ 3021-95 Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення» охарактеризовано 62 види

випробувань. Зазначено, що усі застосовувані методи випробувань електронного обладнання класифікуються у дві групи: *фізичні*

*випробування реальних виробів або макетів;
 випробування з використанням моделей.*

Склад і сутність фізичних випробувань
 наведено у таблиці.

Таблиця

Найменування випробувань	Призначення випробувань
полігонні	Випробування, що проводяться на випробувальному полігоні. Широко поширені полігонні випробування виробів, які проведені при впливі зовнішніх кліматичних факторів. При цьому випробування виробів, призначених для експлуатації та зберігання тільки в обмежених кліматичних районах, проводять на полігонах, розташованих у пунктах, що характеризують кліматичний вплив цих районів.
натурні	Випробування в умовах, які відповідають умовам його використання згідно з прямим призначенням із безпосереднім оцінюванням чи контролем визначуваних характеристик властивостей об'єкта. Натурні випробування об'єкта реалізуються при виконанні трьох основних умов: випробуванням підлягає безпосередньо виготовлений виріб (тобто об'єкт випробування) без застосування моделей або складових частин апаратури; випробування проводяться в умовах і при впливах на вироби, відповідних до умов і впливам при їхньому використанні за їх цільовим призначенням; обумовлені характеристики властивостей об'єкта випробувань вимірюються безпосередньо без використання аналітичних залежностей, що відображують фізичну структуру об'єкта випробувань і його складових частин. При цьому допускається застосування математичного апарату статистичної обробки експериментальних даних.
стендові	Випробування об'єкта, що проводяться на випробувальному обладнанні.
лабораторні	Випробування об'єкта, що проводяться в лабораторних умовах.
швартові та ходові	Випробування для морської техніки.
наземні та польотні	Випробування для авіаційної техніки.

До фізичних випробувань при впливі зовнішніх впливаючих факторів слід віднести експлуатаційні випробування, тобто випробування, що проводяться при експлуатації. Одним з основних видів експлуатаційних випробувань є експериментальна експлуатація виробів.

Іноді проводиться підконтрольна експлуатація, яка умовно може бути віднесена до експлуатаційних випробувань. При підготовці до підконтрольної експлуатації спеціально призначений для її проведення персонал здійснює збір, облік і первинну обробку інформації.

Випробування з використанням моделей здійснюються методами фізичного, математичного моделювання та статистичних випробувань. Застосування цих методів дозволяє відмовитися від ряду складних фізичних випробувань реальних виробів або їх макетів.

Фізичне моделювання полягає в тому, що первинний параметр об'єкта випробувань (процес в елементі схеми або будь-який зовнішній вплив) замінюється простою фізичною моделлю, що здатна імітувати зміни цього параметра.

Фізичне моделювання може здійснюватися також наступними статистичними методами випробувань:

а) метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло) - полягає в тому, що за допомогою багаторазових випадкових випробувань (обчислень, зроблених над випадковими числами) визначають імовірність появи деякої випадкової події (математичного очікування випадкової величини). Цей метод дозволяє визначити характеристики надійності, виходячи із припущення, що відомий механізм відмов при різних комбінаціях значень параметрів виробів, обраних випадковим

образом відповідно заданій статистичній моделі;

б) метод статистичних випробувань фізичним моделюванням об'єкта - передбачає проведення випробувань на реальних об'єктах або їх електронних моделях. При випробуваннях на реальних об'єктах проводять дослідження можливих причин виникнення відмов виробів і їх наслідків шляхом штучного введення в схему обривів, коротких замикань або установки комплектуючих елементів із параметрами, що виходять за припустимі норми. Проведення випробувань на електронних моделях об'єкта полягає в тому, що певні комплектуючі елементи схеми замінюються фізичними моделями, які дозволяють змінювати величини, що характеризують їх параметри. Моделювання різних елементів здійснюють на спеціальних стендах, де відтворюють випадкові процеси зміни параметрів комплектуючих елементів.

Математичне моделювання базується на використанні рівнянь, що зв'язують вхідні та вихідні параметри об'єкта випробувань. Ці рівняння виводять на підставі вивчення конкретних виробів і її внутрішніх функціональних зв'язків, після чого і здійснюють математичний опис установлених зв'язків з урахуванням впливу різних факторів на вироби.

Основний недолік методу – необхідність проведення великого обсягу теоретичних і експериментальних досліджень для визначення співвідношень, що характеризують математичну модель об'єкта, знання ймовірнісних характеристик первинних (вхідних) параметрів. Необхідність проведення великого обсягу експериментальних досліджень, технічна складність виконання фізичних моделей цілого ряду, пристроїв, висока вартість і тривалість проведення випробувань не стимулюють широкого застосування методів фізичного та математичного моделювання у практиці випробувань.

Частковим видом статистичних методів випробувань, застосовуваним на практиці, є граничні випробування виробів.

Граничні випробування проводяться для визначення залежностей між гранично припустимими значеннями параметрів об'єкта та режимом експлуатації. Вони є експериментальним методом, що заснований на фізичному моделюванні області значень первинних параметрів, при яких вихідні параметри виробів перебувають у межах допуску, тобто в області безвідмовної роботи виробів при змінах первинних параметрів. Однак визначити область безвідмовної роботи виробів при одночасній зміні багатьох первинних параметрів не представляється можливим. Тому

часто на практиці знаходять граничні точки області безвідмовної роботи виробів при зміні якого-небудь одного первинного параметра виробів (параметр граничних випробувань), зберігаючи значення інших незмінними. У цьому і полягає зміст граничних випробувань.

До видів випробувань готової продукції відносять кваліфікаційні, пред'явницькі, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні.

Пред'явницькі випробування виробів проводяться обов'язково службою технічного контролю підприємства-виготівника перед пред'явленням її для приймання представником замовника, споживачем або іншими органами приймання.

Інспекційні випробування – це особливий вид контрольних випробувань. Вони проводяться у вибіркового порядку з метою контролю стабільності якості встановлених видів продукції спеціально вповноваженими організаціями.

У тих випадках, коли у виробничому процесі виявляють недоліки конструкції виробів або технологічного процесу її виготовлення, виникає необхідність удосконалювання конструкції або техпроцесу. Доцільність запропонованих змін виявляють за допомогою типових випробувань.

На етапі проектування обладнання проводять доводжувальні, попередні і приймальні випробування та за стадіями життєвого циклу продукції виділяють наступні види випробувань:

доводжувальні - випробування під час розроблення продукції з метою оцінки впливу внесених у неї змін для досягнення заданих значень показників її якості;

попередні - випробування дослідних зразків і (чи) дослідних партій продукції з метою визначення можливості їх пред'явлення на приймальні випробування;

приймальні - випробування дослідних зразків, що проводяться для визначення доцільності впровадження цієї продукції у виробництво та (чи) використання за призначенням. Випробування цього виду становлять найбільш чисельну групу випробувань.

За тривалістю проведення випробувань виділяють наступні види випробувань:

прискорені - випробування, методи і умови проведення яких забезпечують отримання необхідної інформації про характеристики механічних властивостей об'єкта за істотно коротший час, ніж за нормальних випробувань;

нормальні - випробування, методи та умови проведення яких забезпечують одержання необхідного обсягу інформації про характеристики властивостей об'єкта в такому ж інтервалі часу, як і в передбачених умовах експлуатації;

скорочені - випробування, що проводяться за скороченою програмою.

Залежно від рівня значимості випробувань виробів їх можна розділити на: відомчі, міжвідомчі та державні, суть яких полягає у наступному:

відомчі – випробування, що проводяться комісією з представників зацікавленого міністерства чи відомства;

міжвідомчі – випробування, що проводяться комісією з представників декількох зацікавлених міністерств і (чи) відомств, або приймальні випробування встановлених видів продукції для приймання складових частин об'єкта, розробленого спільно кількома відомствами;

державні – випробування встановлених найважливіших видів продукції, що проводяться головною організацією державних випробувань чи приймальні випробування, які проводяться державною комісією або випробувальною організацією, якій надано право їх проведення.

За видом зовнішніх впливів виділяють випробування на дію зовнішнього чинника впливу – випробування у природному чи штучному навколишньому середовищі, впливу якого можуть зазнати зразки з метою оцінки їхніх робочих характеристик під час експлуатації, транспортування, зберігання, в умовах яких вони можуть опинитись на практиці.

За результатами впливу на обладнання виділяють наступні види випробувань:

руйнівні – із застосуванням руйнівних методів контролю; *неруйнівні* – із застосуванням неруйнівних методів контролю; *випробування на стійкість* – проводяться для контролю здатності виробу виконувати свої функції та зберігати значення параметрів у межах установлених норм під час дії на нього певних чинників; *випробування на міцність* – проводяться для визначення значень впливових чинників, які викликають вихід значень характеристик властивостей об'єкта за встановлені границі чи його руйнування.

За обумовленими характеристиками об'єкта виділяють наступні види випробувань:

випробування на надійність – виконують для визначення чи контролю показників надійності в заданих умовах; *технологічні випробування* – проводяться під час виготовлення

продукції з метою оцінки її технологічності; *функційні випробування* – проводяться з метою встановлення значень показників призначення об'єкта;

атестаційні випробування – проводяться для оцінки якості продукції під час її атестації за категоріями якості; *випробування на витривалість* – випробування пристрою за певних умов роботи, протягом певного часу, з певною метою; *випробування на довговічність* – для перевірки на тривалість роботи за нормальних умов будь-якого компонента чи пристрою.

Також передбачені комбіновані випробування, при яких на зразок діють два та більше факторів одночасно [2, 9, 10]

Висновки. У статті визначено, що випробування радіоелектронного обладнання є необхідними для визначення якості продукції на всіх етапах життєвого циклу продукту. Проведення випробувань є невід'ємною частиною процесів дослідження, проектування, виготовлення, модернізації та експлуатації обладнання.

На підставі державних стандартів та нормативних документів визначена загальна класифікація випробувань.

У наступних публікаціях більш ретельно будуть розглянуті питання математичної теорії експерименту, сутність якої полягає у тому, що у підготовку та проведення експериментальних досліджень, крім загальновідомих етапів постановки завдання і аналізу результатів експерименту, вводиться досить важливий етап – планування експерименту. На етапі планування експерименту вирішуються питання визначення необхідного числа їх випробувань і вибору порядку їх реалізації.

Саме питанням планування експерименту, проведенню багатofакторних випробувань буде присвячена наступна стаття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення: ДСТУ 3021–95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 70 с. – (Державний стандарт України).
2. Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Ч. 1. Общие положения и руководство (МЭК 68-1-88): ГОСТ 28198–89 (МЭК 68-1-88). – [Дата введения 1990-01-03]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 19 с. – (Межгосударственный стандарт).
3. ДСТУ 3974-2000, Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила

- виконання дослідно-конструкторських робіт.
Загальні положення
4. ГОСТ 16504-81, Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения
 5. ДСТУ 3413-96, Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції
 6. ГОСТ 15150-69, Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации
 7. ГОСТ 20.57.401-81, Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний
 8. 8 Випробування приладів і систем. Види випробувань та сучасне обладнання : навчальний посібник / В. В. Аврутов, І. В. Аврутова, В. М. Попов ; НТУУ «КПІ». — Електронні текстові дані. — Київ : НТУУ «КПІ», 2009.
 9. Испытания аппаратуры и средств измерений на воздействия внешних факторов: Справочник / В. Д. Малинский, В. Х. Бегларян, Л. Г. Дубицкий. — М.: Машиностроение, 1993. — 576 с.
 10. Дубицкий, Л. Г. Предвестники отказов в изделиях электронной техники / Бережной В.П., Дубицкий Л.Г.; ред. Л. Г. Дубицкий. - М. : Радио и связь, 1983.